

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



***CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS Y ESTADO ACTUAL
DE EXPLOTACION DEL ACUIFERO SABINAS-REYNOSA
EN LA REGION NORESTE DEL ESTADO DE COAHUILA.***

POR

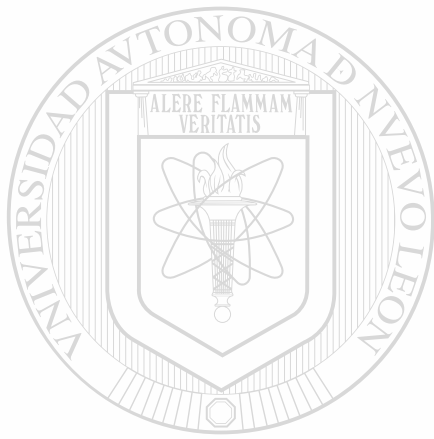
JOSE ANTONIO CASTILLO AGUIÑAGA

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Hidrología Subterránea**

Noviembre 2000

TM
GB712
.C6
C3
2000
e.1

*CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y ESTADOS ACTUAL
DE EXPLORACIÓN DEL ACUIFERO SABINAS-REYNOSA
EN LA REGIÓN NOROCCIDENTAL DEL ESTADO DE COAHUILA.*

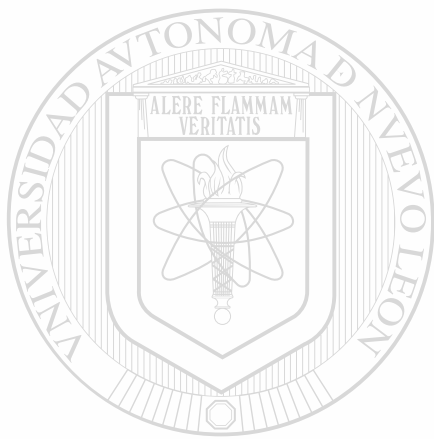


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UANL

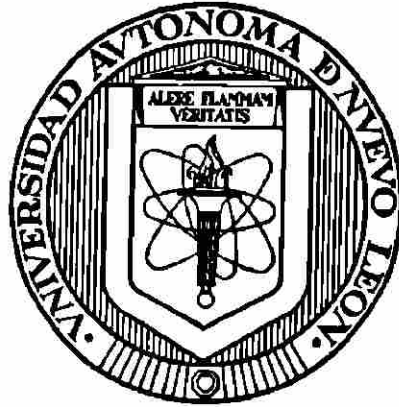
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS Y ESTADO ACTUAL
DE EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO SABINAS-REYNOSA
EN LA REGIÓN NORESTE DEL ESTADO DE COAHUILA**

Por

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

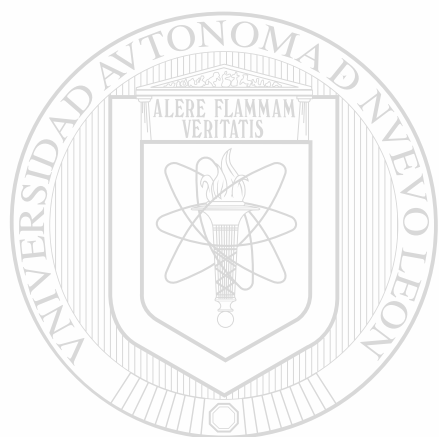
JOSÉ ANTONIO CASTILLO AGUIÑAGA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Hidrología Subterránea**

Noviembre 2 0 0 0

7M
6B712
.C6
C3
2000



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**Características geohidrológicas y estado actual de explotación del acuífero
Sabinas-Reynosa en la región Noreste del Estado de Coahuila**

Aprobación de Tesis

Que como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias,
con especialidad en Hidrología Subterránea, presenta


José Antonio Castillo Aguiñaga



M.C. y M.E.C. Victor Manuel Aguilera Reyes
Director de Tesis



M. C. Rogelio Chávez Sánchez
Evaluador



M.C. Juan Manuel Chapa Guerrero
Evaluador

Cd. Universitaria de Nuevo León, 26 de Septiembre de 2000

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su apoyo, al Jefe de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la Comisión Federal de Electricidad Ing. José Antonio Maza Álvarez, al Jefe del Departamento de Geohidrología Ing. Víctor Manuel Mata Villavicencio, al Superintendente de Estudios Zona Norte Ing. Francisco J. Verdugo Díaz, así como al Delegado Sindical Ing. Luis M. Martínez Flotte.

En especial, al M. en C. Manuel Jezzini González y a los Ingenieros, Francisco Arriaga Arredondo y Carlos Ariciaga Martínez, por su colaboración en diversos aspectos técnicos en el área de Geohidrología y Geología, que vinieron a enriquecer y pulir las ideas y opiniones del autor.

En la revisión de esta tesis se contó con el apoyo del M. en C. Víctor M. Aguilera Reyes, el cual contribuyó a la estructuración del texto, enriqueciéndolo con su crítica y comentarios.

A mis Padres, quienes con gran esfuerzo me brindaron una buena educación, les dedico este logro que corona sus esperanzas y sacrificios para mi formación. A mi esposa y a mi hija, por su gran amor y apoyo moral.

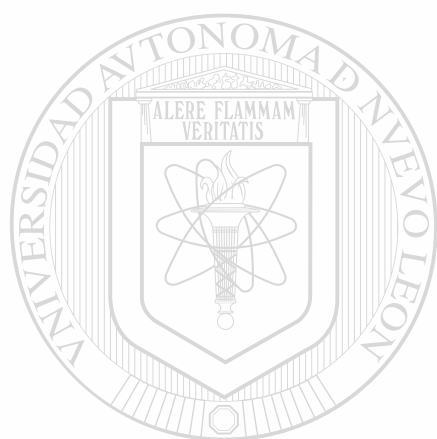
Finalmente, agradezco la colaboración del personal del área de dibujo de la Superintendencia de Estudios Zona Norte, quienes participaron en la digitación de figuras y planos de la presente tesis.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ÍNDICE

Capítulo	Página
ÍNDICE	i
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivo	5
1.3 Hipótesis	6
1.4 Método para el Estudio	7
1.5 Localización y Vías de Comunicación	10
1.6 Información Socioeconómica	12
2. GEOLOGÍA	14
2.1 Marco Geológico Regional	16
2.2 Fisiografía	17
2.3 Geomorfología	21
2.4 Estratigrafía	24
2.5 Unidades Hidrogeológicas	42
2.6 El Sistema Acuífero	44
2.7 Geometría del Sistema Acuífero	46
2.7.1 El Acuífero Sabinas-Reynosa	46
2.7.1.1 Identificación del Acuífero	46
2.7.1.2 Distribución del Acuífero	51
3. HIDROLOGIA SUPERFICIAL	64
3.1 Hidrografía	64
3.1.1 Análisis de las Subcuencas	65
3.2 Climatología	68
3.2.1 Clima	69
3.2.1.1 Precipitación	70
3.2.1.2 Temperatura	71
3.2.1.3 Evapotranspiración	71
3.3 Hidrometría	72
3.3.1 Ríos	72

3.3.2 Manantiales	74
3.3.2.1 Zona de Recarga	74
3.3.2.2 Infiltración por Canales de Riego	78
3.3.2.3 Zona de Descarga	79
4. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	82
4.1 Censo de Aprovechamientos	82
4.1.1 Características Generales	83
4.1.2 Características Constructivas	83
4.1.3 Características del Equipo de Bombeo	83
4.1.4 Características de Régimen de Operación	84
4.2 Piezometría	86
4.2.1 Profundidad al Nivel Estático	87
4.2.2 Elevación del Nivel Estático	94
4.2.3 Relación Causa y Efecto	99
4.2.4 Evolución del Nivel Estático	104
4.3 Parámetros Hidrodinámicos	113
4.3.1 Transmisividad	113
4.3.2 Coeficiente de Almacenamiento	113
5. HIDROGEOQUÍMICA	115
5.1 Muestreo y Análisis	116
5.1.1 Sólidos Totales Disueltos	116
5.1.2 Clasificación de A.M. Piper	117
5.1.3 Clasificación de Stiff	120
5.1.4 Clasificación de Schoeller	120
5.1.5 Interpretación Hidrogeoquímica	124
6. MODELO CONCEPTUAL HIDROGEOLÓGICO	127
7. BALANCE DE AGUA SUBTERRÁNEA	133
7.1 Entradas y Salidas de Agua Subterránea	133
7.2 Extracciones por Bombeo	134
7.3 Recarga	135
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFÍA	140
APÉNDICES	148
APENDICE A.- Tablas de Censo de Aprovechamientos.	150
Resultado del Análisis Físico-Químico de Muestras	
de Agua Superficial y Subterránea.	164
APENDICE B.- Planos	167



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

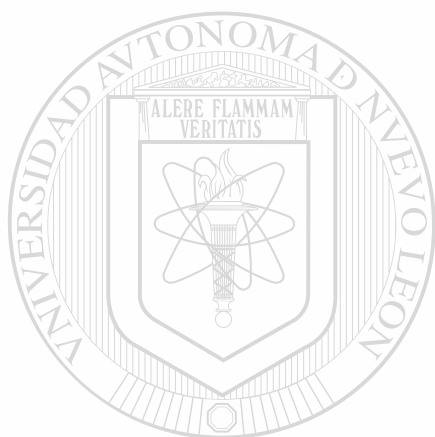
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Región noreste del Estado de Coahuila (Río Escondido)	3
2	Localización del área de estudio	11
3	Provincias y Subprovincias Fisiográficas de Coahuila	18
4	Croquis fisiográfico del norte de Coahuila	19
5	Croquis geomorfológico del norte de Coahuila	22
6	Sistema acuífero	45
7	Esquema de clasificación por unidad de la formación Sabinas-Reynosa	46
8	Comportamiento estructural base del conglomerado	48
9	Isoespesores en la unidad conglomerado	49
10	Tendencias de la base y espesor del conglomerado	50
11	Hipótesis de comunicación de acuífero por falla	53
12	Hipótesis de comunicación de acuíferos por fracturamiento-fallamiento	53
13	Secciones geológicas A - A' y B - B'	56
14	Secciones geológicas C - C' y D - D'	57
15	Secciones geológicas E - E' y F - F'	58
16	Secciones geológicas G - G' y 2-2'	59

17	Relación Río Escondido-Acuífero Sabinas Reynosa	62
18	Relación Arroyo Castaños- Acuífero Sabinas Reynosa	63
19	Localización de la cuencas hidrológicas	65
20	Hidrograma de caudales de manantiales localizados al este de la Serranía del Burro	77
21	Hidrograma de caudales de manantiales de descarga del acuífero Sabinas-Reynosa	81
22	Volúmenes de extracción por bombeo del acuífero Sabinas-Reynosa 1979 a 1998	86
23	Profundidad del nivel estático en diciembre de 1979	90
24	Profundidad del nivel estático en julio de 1989	91
25	Profundidad del nivel estático en marzo de 1993	92
26	Profundidad del nivel estático en noviembre de 1998	93
27	Elevación del nivel estático en agosto de 1984	95
28	Elevación del nivel estático en marzo de 1993	96
29	Elevación del nivel estático en julio de 1997	97
30	Elevación del nivel estático en noviembre de 1998	98[®]
31	Funcionamiento hidráulico del acuífero Sabinas-Reynosa	100
32	Funcionamiento hidráulico del acuífero Sabinas-Reynosa	101
33	Evolución del nivel estático entre agosto de 1984-abril de 1986	107
34	Evolución del nivel estático entre abril de 1986 a julio de 1987	108
35	Evolución del nivel estático entre julio de 1987 a agosto de 1990	109
36	Evolución del nivel estático entre agosto de 1990 a marzo de 1993	110
37	Evolución del nivel estático entre marzo de 1993 a octubre de 1996	111
38	Evolución del nivel estático entre octubre de 1996 a noviembre de 1998	112

39	Sólidos totales disueltos	119
40	Clasificación de Stiff y Shoeller	123
41	Zonificación hidrogeoquímica	126
42	Zonificación hidrogeológica	132



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE TABLAS

Tablas	Página
1 Estratigrafía general del área	25
2 Resultados del aforo del Río Escondido	73
3 Caudal medio anual de los manantiales localizados al este de la Serranía del Burro	75
4 Caudal medio anual de los manantiales de descarga del acuífero Sabinas-Reynosa	79
5 Censo de aprovechamientos	151
6 Resultados del análisis físico-químico de muestras de agua superficial y subterránea del acuífero Sabinas-Reynosa	165

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE PLANOS

Planos	Página
1 Geología regional	168
2 Hidrología superficial	169
3 Precipitación media anual y temperatura	170
4 Sistema de canales de riego y zonas de cultivo	171
5 Censo de aprovechamientos	172
6 Características hidráulicas	173

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESUMEN

José Antonio Castillo Aguiñaga Fecha de Graduación: Noviembre, 2000

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título del Estudio: CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS Y ESTADO ACTUAL DE EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO SABINAS REYNOSA, EN LA REGIÓN NORESTE DEL ESTADO DE COAHUILA.

Número de páginas: 147 Candidato para el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Hidrología Subterránea

Area de Estudio: Ciencias de la Tierra

Propósito y Método del estudio: La presente investigación, tiene como objetivo principal, conocer las características geohidrológicas y el estado actual de explotación del acuífero Sabinas-Reynosa, que se aloja entre el flanco este de la Serranía de Burro y el Río Bravo al Noreste del Estado de Coahuila, y establecer las bases para su modelación matemática. Para lograrlo se implantó una metodología que inicia con el desarrollo normal de un estudio geohidrológico que incluye Geología, Climatología, Hidrología superficial y subterránea, Geofísica, Hidrogeoquímica, Topografía y Perforación de pozos, se desarrollaron los temas, y se diseñó un modelo conceptual del sistema acuífero.

Contribuciones y Conclusiones: En el área existen dos unidades acuíferas importantes: una somera y otra profunda, las cuales presentan características hidrogeológicamente diferentes; pero hidráulicamente conectadas: La primera, está representada por la Formación Sabinas-Reynosa de edad terciaria y la segunda, se aloja en calizas del Cretácico Inferior constituida por las Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak. El acuífero Sabinas-Reynosa se divide, en el sentido vertical, en 3 unidades: caliche arenoso, caliche arcilloso y conglomerado. Así se distingue un acuífero superior en el caliche y un acuífero inferior en el conglomerado. Dada la heterogeneidad del depósito, el acuífero presenta condiciones geohidrológicas desde libre, semiconfinado y confinado. Su recarga proviene principalmente del acuífero localizado en las calizas del Cretácico Inferior. Tomando en cuenta su geometría, características hidráulicas e hidrogeoquímicas, el acuífero fue dividido en 5 zonas hidrogeológicas diferentes entre sí. De acuerdo con las características particulares del acuífero en el área de estudio, se diseñó un esquema para establecer el balance de agua subterránea. Es factible en un sistema acuífero, en donde los niveles dependen de la recarga, drenar éste durante los períodos secos, abatiendo los niveles, para después, en los períodos húmedos cuando se presenta la recarga, recuperar dichos niveles. Sin embargo, en la región, las extracciones por bombeo se han incrementando paulatinamente de 1979 a 1998, más evidentemente partir de 1993, lo que ha provocado que se rompa el equilibrio, efecto que ha ocasionado en la región, la inutilización de pozos y norias o la disminución gradual de los caudales, tanto de aprovechamientos como de ríos, señal inequívoca de la sobreexplotación del acuífero.

Director de tesis:

M. en C. Víctor M. Aguilera Reyes

Sustentante:

José Antonio Castillo Aguiñaga

1. INTRODUCCIÓN

El territorio Nacional presenta una variedad de características geohidrológicas determinantes para la exploración y aprovechamiento de sus aguas subterráneas; tal es el caso del norte del país, que presenta condiciones áridas o semiáridas en su mayor parte; lo que dificulta, debido a las bajas precipitaciones, encontrar acuíferos de alta potencialidad, que alivien los gastos debidos a la población, la agricultura y la industria, en cuanto a uso de agua.

El comprensión del funcionamiento de estos acuíferos en el noreste de la República Mexicana, es muy importante; pues, en algunos casos, se comportan como acuíferos semiconfinados, que subyacen a otros mantos acuíferos más recientes y, en otros casos, funcionan como confinados, sujetos a presión hidrostática que denota artesianismo. Definir este mecanismo de control para los acuíferos del tipo granular de edad Terciaria y los de rocas calcáreas del Cretácico, intercomunicados en algún lugar de su extensión, determinan en muchos casos que las recargas de alimentación y el flujo de sus aguas pase de uno a otro, lo cual significa que para efectos de cuantificación y disponibilidad de agua explotable, en esos almacenamientos se requiera una serie de estudios geohidrológicos, para su mejor entendimiento y aprovechamiento.

Al noreste del Estado de Coahuila; en particular, en región conocida como Río Escondido, las principales fuentes subterráneas de abastecimiento de agua, constituyen un acuífero somero, ubicado en material granular de relleno de edad Terciaria (Formación Sabinas-Reynosa), así como un acuífero profundo localizado en rocas calizas del Cretácico Inferior (Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak).

En la región, la infraestructura para la generación de energía eléctrica por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), está constituida por las Centrales Termoeléctricas Río Escondido (C.T. Carbón I) y Carbón II, localizadas a 23 Km al suroeste de la ciudad de Piedras Negras, en el municipio de Nava, Coahuila. La capacidad instalada de generación es de 2 600 MW con 4 Unidades de 300 MW en la C.T. Carbón I y 4 Unidades de 350 MW en la C.T. Carbón II.

Para la operación de las centrales se utiliza como combustible carbón mineral, existente en la región de Río Escondido y la fuente de abastecimiento de agua para uso en calderas, enfriamiento y construcción, es el Río Bravo y el acuífero que se localiza en la Formación Sabinas-Reynosa. Las demandas de estos recursos son: de carbón 26 000 ton/día y de agua 1 300 l/s, de los cuales 1 100 l/s aporta el Río Bravo y 200 l/s, el acuífero.

Para satisfacer la demanda de combustible en las centrales, la Compañía Minera Carbonífera Río Escondido, S.A. (MICARE) opera las Minas Subterráneas I, II, IV y V, así como los Tajos para explotación de carbón a cielo abierto I, II y III, los que cortan en su totalidad el acuífero Sabinas-Reynosa, abastecedor hidráulico de pequeñas poblaciones, de agricultores, de ganaderos y de la CFE.

Por otro lado, el crecimiento de poblaciones como Nava (20 500 hab.), Allende (20 000 hab.), Zaragoza (15 000 hab.), Morelos (7 000 hab.), Villa Unión (6 500 hab.), así como el desarrollo agrícola y ganadero de la región en los últimos años, demandan una mayor cantidad de agua. (datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI, conteo de la población y vivienda 1995).

De acuerdo con lo anterior, el incremento de las extracciones por bombeo, del acuífero Sabinas-Reynosa en la región de Río Escondido (1242 aprovechamientos), ha provocado descensos en los niveles del agua subterránea del acuífero y originando conflictos por el uso del agua en la zona (Figura 1).

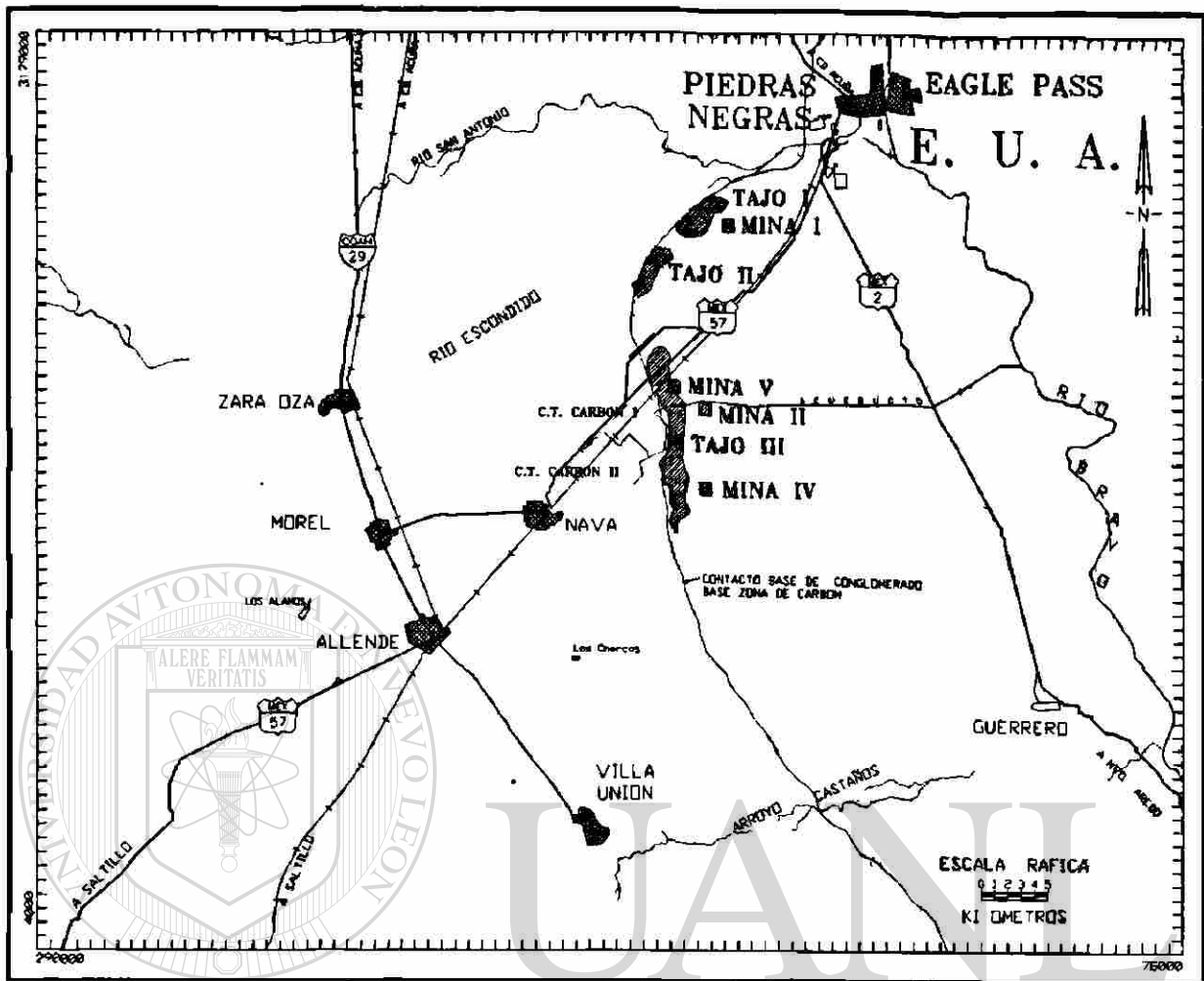


Figura 1. Región noreste del Estado de Coahuila (Río Escondido)

Por estos motivos, el presente trabajo pretende dar a conocer las características geohidrológicas y el estado actual de explotación del acuífero Sabinas-Reynosa, y establecer las bases para la modelación matemática del mismo. Esto permitirá simular en el futuro la evolución de sus niveles estáticos, sometidos a grandes extracciones de agua.

1.1 Antecedentes

La región ha sido objeto de una gran variedad de estudios geológicos y geohidrológicos, efectuados por empresas particulares y oficinas gubernamentales, dichos estudios han sido encaminados a la exploración del carbón, el gas o el agua,

principalmente. De acuerdo con lo anterior y con la finalidad de establecer el estado actual del conocimiento de los acuíferos en la región de Río Escondido, en esta sección se establece una revisión cronológica de los trabajos relacionados con el tema que nos ocupa, tomando como base los efectuados por la CFE, principalmente.

A fines de 1974, la Comisión Federal de Electricidad inició un plan de construcción de centrales termoeléctricas en la región norte del estado de Coahuila, aprovechando el combustible de carbón mineral de la Cuenca Fuente Río Escondido; por lo que dentro de los Estudios de Ingeniería de Proyectos que suelen realizarse antes de la construcción de una central, se incluyeron, entre otros, los estudios geohidrológicos de las calizas de la Serranía del Burro y del acuífero Sabinas-Reynosa. Se destacan los siguientes estudios:

La exploración geohidrológica de la Serranía del Burro, que se inició en 1975, que incluyó actividades aisladas de geología, hidrología superficial y subterránea e hidrogeoquímica. Posteriormente, con el estudio denominado estado actual de las exploraciones para la localización de agua en El Refugio, Coahuila (CFE 1976), se llevaron a cabo las primeras exploraciones directas mediante 15 pozos de exploración de diámetro NQ (2 15/16") en las áreas de El Refugio y El Remolino, que sirvieron para conocer el potencial y la calidad química del agua del acuífero calizo. Se desechó el agua de la zona El Remolino por ser de mala calidad y se identificaron las Formaciones calcáreas West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak, del Cretácico Inferior, como las de mayor provecho geohidrológico.

El Estudio de Geología básica regional de la subcuena hidrológica Acuña – Laredo (CFE 1979), que consistió en definir el marco geológico general de un área en el noreste de Coahuila y que sirvió como apoyo a los estudios geohidrológicos efectuados por la CFE.

El Estudio geohidrológico sucesivo del sistema acuífero calizo y conglomerado Sabinas-Reynosa C.T. Carbón II (CFE. 1980), en el que se define que en el área existen

dos acuíferos: uno en material granular de relleno y otro en material consolidado (roca). Asimismo, se perforaron cuatro pozos de exploración-producción en la zona El Refugio, con profundidades que varían entre 400 y 600 m, logrando atravesar las formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak. Tres de los pozos resultaron con artesianismo brotante, con caudales de 180 a 450 l/s, y uno con artesianismo no brotante, con un caudal de 130 l/s. Todos ellos con agua de buena calidad.

El informe final de la evaluación y actualización geohidrológica, proyecto Carbón II del programa 1986-1987, (CFE 1987), cuyo objetivo fue evaluar geohidrológicamente el acuífero Sabinas-Reynosa. De acuerdo con sus resultados, el acuífero Sabinas-Reynosa se encontraba en ese tiempo en condiciones de satisfacer los 600 l/s de agua de buena calidad para la C.T. Carbón II.

Adicionalmente a estos estudios, la CFE ha obtenido información sistemática de los niveles potenciométricos, mensualmente, en el área de las Centrales Termoeléctricas Carbón I y II, a partir de 1984 y cada 4 meses en nivel regional, a partir de 1979. Asimismo, se han realizado campañas de muestreos de agua y aforo de corrientes superficiales desde 1979, lo cual ha permitido definir el comportamiento hidrodinámico del acuífero.

Desde 1988, el autor del presente trabajo, coordinó como Jefe del Área de Geohidrología y como jefe de proyecto en la Superintendencia de Estudios Zona Norte de CFE, los diferentes estudios Geohidrológicos de la Región Noreste del Estado de Coahuila, y realizó la mayor parte de ellas; en particular el del acuífero Sabinas-Reynosa.

1.2 Objetivo

Identificar las características geohidrológicas y el estado actual de explotación del acuífero Sabinas-Reynosa, localizado entre el flanco este de la Serranía del Burro y el Río Bravo, cerca de Piedras Negras y Guerrero, Coahuila.

Establecer las bases para la modelación matemática del acuífero, lo que permitirá simular en el futuro el comportamiento y la evolución de sus niveles estáticos, al ser sometidos a las extracciones de agua subterránea para abastecimiento de agua potable a la Región de Río Escondido, para uso agrícola y ganadero y para uso industrial, en la generación de energía eléctrica por la Comisión Federal de Electricidad, así como por la Minera Carbonífera Río Escondido, en la explotación del carbón en sus obras mineras, como producto del desagüe de las mismas.

Objetivos generales, determinar:

- 1. La definición hidrogeológica de las unidades que constituyen el área de estudio.**
- 2. La geometría del acuífero.**
- 3. La relación entre el agua superficial y el agua subterránea**
- 4. El estado actual de explotación del agua subterránea del acuífero, así como contar con el soporte técnico para tomar decisiones en la posible veda de explotación de dicho acuífero.**
- 5. La calidad química del agua subterránea**
- 6. El Modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico subterráneo del acuífero (ambiente hidrogeológico, régimen de agua subterránea), con base en su sistema de flujo.**
- 7. El balance de agua subterránea del acuífero, definiendo explícitamente las componentes de la ecuación de balance. y determinando su potencialidad y disponibilidad actual.**

1.3 Hipótesis

El acuífero en la región estudiada se considera como un acuífero libre, constituido por material aluvial homogéneo e isótropo. Su espesor varía de los 30 a 70 m y descansa sobre formaciones impermeables (Formaciones Escondido, Olmos, San Miguel y Upson y Austin). Su recarga se debe principalmente a las lluvias locales que se precipitan en el valle y de manera secundaria por los ríos Escondido y San Antonio, en épocas de lluvia.

El agua del acuífero se considera de buena calidad del tipo cálcico-bicarbonatada, la cual es similar en todo el valle.

1.4 Método para el Estudio

Para lograr los objetivos del presente trabajo, se empleó un planteamiento que va de lo regional a lo local; así se estableció un método que se inicia con un estudio Geohidrológico que incluye las disciplinas siguientes: Geología, Climatología, Hidrología Superficial y Subterránea, Hidrogeoquímica Geofísica (Sondeos eléctricos verticales, registros de pozos, sísmica), Topografía y Perforación de pozos, desarrollando los temas con el fin de ir estableciendo el modelo conceptual del sistema acuífero y dejar constancia de las bases técnicas que lo justifican.

Se inició la recopilación de la información susceptible de ser utilizada de las diversas disciplinas técnicas que integran el estudio geohidrológico; primordialmente, las que hayan sido realizadas en la región (áreas aledañas, cuencas vecinas, estudios regionales y casos similares en otras regiones y países) tanto por empresas particulares, como de la propia CFE. Después de analizada y procesada la información, se procedió a realizar las actividades de campo cuyos datos fueron vaciados a planos base, en escalas 1: 50 000, 1: 100 000 y 1: 250 000.

a) Recopilación de información

Cartografía.- (cartas de INEGI; Climatológicas, edafológicas, geológicas, topográficas, hidrológicas superficiales y subterráneas, en escalas 1: 50 000 y 1: 250 000. Fotografía aéreas en escala 1: 50 000 e imágenes de satélite.

Geología Superficial y Subterránea.- Estudio geológico regional de una superficie de 30 000 Km², cortes litológicos de 1815 barrenos exploratorios; 1800 para fines mineros y 15 para agua, todos ellos de diferente profundidad y diámetro. Así como el corte litológico de 22 pozos tanto petroleros como de agua y el análisis de 20 secciones geológicas.

Geofísica.- Cincuenta sondeos eléctricos verticales (SEV) tipo Schlumberger, 1850 registros geofísicos de barrenos y pozos que incluyen las curvas de densidad, caliper, neutrón, gamma, resistencia, resistividad, potencial espontáneo y temperatura..

Climatología.- Información de la Comisión Nacional del Agua (CNA) sobre parámetros climatológicos, tales como: precipitación, temperatura y evaporación de 12 estaciones distribuidas en la zona de estudio, obtenida de 1966 a 1998.

Hidrología Superficial y Subterránea.- Veinte años de aforos en 65 corrientes superficiales, censo de aprovechamientos, estadística de 20 años de recorridos piezométricos en nivel local y regional de 200 aprovechamientos, y 6 pruebas de bombeo de pozos.

Hidrogeoquímica.- Resultados e interpretación de 1500 análisis físico-químicos de muestras de agua, tanto superficial como subterránea.

Información Socioeconómica.

Para el análisis y procesamiento de la información recopilada se utilizó el siguiente equipo; estereoscopio y transferoscopio, así como los software Rockware, Surfer, AutoCad R14, Grafer, Aquitest, Harvard Graphics, GWW, Excel, Power Point y Word.

b) Actividades de campo

Geología.- Verificación geológica de campo, que tuvieron como objetivo comprobar la información recopilada y cartografiada cubriendo una superficie de 17 171 Km², dando énfasis a las características de las unidades litológicas (porosidad, permeabilidad, tipo de fracturas). Levantamientos geológicos, que tuvieron como propósito conocer la geología estructural (con énfasis en la densidad de fracturamiento, fallas y otras estructuras, tales como sinclinales, anticlinales, grabens y horst), realización de 26 secciones geológicas y 4 estratigráficas que fueron representativas del comportamiento estructural y tectónico del área, con aplicación prioritaria en los aspectos hidrogeológicos. Equipo utilizado; brújula, martillo, altímetro, posicionador de coordenadas (GPS 5000 PRO).

Geofísica.- Con la finalidad de coadyuvar a la integración del marco geológico, se realizaron 600 sondeos eléctricos verticales tipo Schlumberger con abertura máxima de

AB/2= 200 m y 100 registros geofísicos de pozos (densidad, caliper, neutrón, gamma, resistencia, resistividad, potencial espontáneo y temperatura), con el propósito de conocer las posibilidades acuíferas que presenta el subsuelo del área. Equipo utilizado para SEV; transmisor multifrecuencial de onda cuadrada Mca. Scintrex Mod TSQ3, sismógrafo digital Mca, Geometrics Mod. Smart6, medidor de resistividad Mod. Sting R1. Equipo de registros geofísicos analógico Mca. Mount Sopris Instrument Co. Mod NB3000 y digital. Century Geophysical Co.

Climatología.- Se instalaron 3 estaciones climatológicas (Serranía del Burro); 2 estaciones con equipo semiautomático con sistema de registro de datos con base en gráficas con duración de 7 días, consistente en termógrafo, evaporógrafo y pluviógrafo y una con equipo automático con sistema de registro de datos con casset de duración hasta de 6 meses, equipada con sensores de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento, radiación solar y sensor de precipitación pluviométrica.

Hidrología Superficial. Se localizaron 65 manantiales, aforo sistemático de 33 manantiales y el establecimiento de 7 secciones de aforo en dos ríos; todo esto con el objeto de conocer la relación agua superficial - subterránea. Equipo utilizado; molinete hidráulico Rossbach Mod. 631R.

Hidrología Subterránea.- Actualización de censo de aprovechamientos hidráulicos (norias, pozos, piezómetros), mediciones del nivel estático en forma mensual, bimestral y semestral, en 200 pozos piloto en el nivel local y 4 veces al año en nivel regional, así como 60 aforos y 37 pruebas de bombeo, actividades que tuvieron como finalidad observar el comportamiento hidráulico del agua subterránea en el área de estudio. Equipo utilizado: brújula, altímetro, posicionador de coordenadas (GPS 5000 PRO), sonda eléctrica, cinta de medir, equipo de aforo de pozos de 4", 6" y 8" de diámetro.

Hidrogeoquímica.- Se llevaron a cabo campañas de muestreos de agua superficial y subterránea para su análisis físico-químico y conocer la calidad de la misma y a su vez determinar su relación agua-roca. Equipo utilizado: Termómetro, medidores de pH, conductividad eléctrica, botellas y recipientes de plástico para muestreo de pozos, norias, piezómetros y corrientes superficiales.

Topografía.- Esta actividad se efectúa para apoyar los diferentes estudios de campo realizados en el área, consistentes en la localización con coordenadas UTM; secciones

geológicas, levantamientos geológicos, aprovechamientos hidráulicas (norias, pozos, piezómetros, manantiales, etc.), trazos de líneas de conducción; así como la ubicación y nivelación de sondeos eléctricos verticales. Equipo utilizado: teodolito, distanciómetro, estación total, posicionadores GPS, prismas, bastones y nivel fijo.

Perforación.- Se realizó la perforación de 9 barrenos exploratorios, con diámetro de 2 15/16" (NQ) a 6" y profundidades de 20 a 300 m, en áreas específicas para conocer la geología del subsuelo (terminados en algunos casos como piezómetros). 20 Pozos de exploración – cuantificación; Equipo utilizado; maquina Portadrill, Mobil Drill y Long Year.

1.5 Localización y Vías de Comunicación

Localización

El área de estudio se localiza al noreste del estado de Coahuila, comprendida en su mayor parte en los municipios de Piedras Negras, Cd. Acuña, Jiménez, Zaragoza, Morelos, Nava, Allende, Villa Unión y Guerrero. El área total cubierta por el estudio es de 30 000 Km² (Figura 2).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Queda enmarcada bajo las siguientes coordenadas geográficas:
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

28° 00'	Latitud Norte	100° 00'	Longitud Oeste
29° 30'		102° 20'	

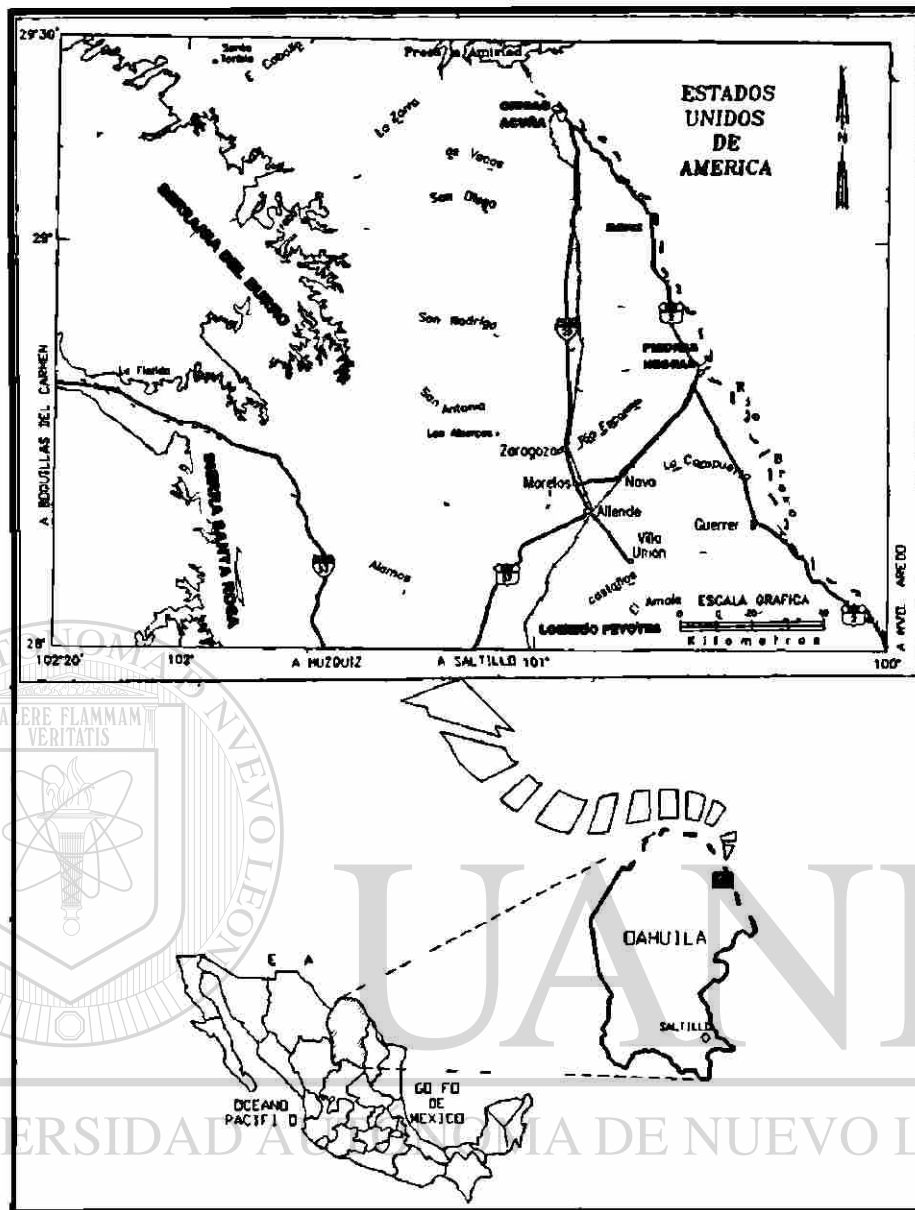


Figura 2. Localización del área de estudio

Vías de Comunicación

La zona se encuentra comunicada con el resto del Estado, tanto por vía terrestre como aérea. Las principales carreteras son la federal 57 México-Piedras Negras, la estatal, 29 Cd. Acuña - Villa Unión y la federal, 2 en su tramo Cd. Acuña - Piedras Negras. También hay una gran cantidad de brechas y caminos vecinales, muchos de los cuales no son transitables en época de lluvias.

Se cuenta, además, con la vía férrea Saltillo-Piedras Negras, con un ramal secundario que parte de la población de Allende Coah., a Cd. Acuña Coah. Piedras Negras cuenta con un aeropuerto local que comunica a esta ciudad con Saltillo, la capital del Estado. Además, cuenta con vuelos a Torreón y Monterrey y éstos con conexión al resto del país. Así mismo, cuenta con un vuelo diario a la ciudad de Dallas, Texas.

Los servicios de teléfono, correo y telégrafo se encuentran en las principales poblaciones, como Piedras Negras, Zaragoza, Morelos, Allende, etc. En estas ciudades operan algunas radiodifusoras, así como repetidoras y estaciones locales de T.V.

Los principales puertos fronterizos del estado son: Cd. Acuña y Piedras Negras que están comunicadas con los Estados Unidos con las ciudades fronterizas de Del Río e Eagle Pass Texas respectivamente, las cuales se encuentran comunicadas por puentes internacionales de transporte terrestre y ferrocarril.

1.6 Información Socioeconómica

Población y Cultura

En la región, los principales centros de población son: Piedras Negras, Cd. Acuña, Nava, Allende, Zaragoza, Morelos y Villa Unión, aunque las ciudades más grandes del noreste de Coahuila son Piedras Negras y Cd. Acuña, con una población de 250 000 y 90 000 habitantes respectivamente; la primera ofrece las mayores oportunidades educativas, ya que en ella se encuentran dos universidades y un instituto tecnológico.

Recursos Económicos

Las actividades económicas en la región son variadas e incluyen desde la agricultura y ganadería, hasta el comercio. Parte de la población presta sus servicios en la industria extractiva del carbón, en la vecina cuenca Carbonífera Río Escondido, para

surtir las Centrales Termoeléctricas Carbón I y II, así como la industria de transformación (maquiladoras norteamericanas) y el sector servicios.

Clima y Vegetación

De acuerdo con la clasificación climática de Köpen, modificada por Enriqueta García para la República Mexicana, en el área de estudio se presenta un clima tipo BSo hw(x') excepto en el área del Remolino Mpio. De Cd. Acuña, en donde se presenta el clima identificado por la clave BSo (h') hw. La precipitación media anual es de 528.75 mm.

La clave BSo hw (x') representa un clima semiseco-semicálido, con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación de 10.2, con respecto al anual, con invierno fresco. Por lo que respecta al clima que se presenta en el área El Remolino, se trata de un subtipo seco-cálido, con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal entre 5.0 y 10.2 del anual.

En general, la vegetación de la región tiende a ser la típica de las zonas áridas de México; destacan el mezquite (*Prosopis Juliflora*), el huizache (*Acacia Farnesiana*), la lechuguilla (*Agave, lechuguilla*), sotoles (*Dasy lirion texanum*), palmas (*Yuca, s.p.*), el cenizo (*Leucophyllum, s. p.*), y cactáceas como el nopal (*Opuntia, s.p.*) y el peyote (*Lophophosa williamsii*).

2. GEOLOGÍA

Este aspecto de la región norte de Coahuila ha sido ampliamente estudiado por geólogos, tanto extranjeros como nacionales, de empresas y de organismos públicos; destacan entre estos: los de Dumble en 1892, R.T. Hill en 1893 quienes establecieron las bases de la estratigrafía y paleogeografía, Stephenson 1927, Adkins 1933, Imlay 1936 y Kellum 1936, realizaron definiciones formacionales en el estado de Coahuila. Por PEMEX se encuentran los trabajos realizados por Acevedo en 1954/55 y W. Humphrey en 1956. Por otro lado se encuentra el compendio de la geología regional llevada a cabo por Smith, Charles I en 1970, y por la CFE se han hecho los estudios denominados: Geología Básica Regional de la subcuenca hidrológica Acuña-Laredo en 1979; Estudio Geohidrológico del sistema acuífero calizo y Sabinas-Reynosa 1980, y el Estudio Geohidrológico en la región carbonífera de Sabinas, Coahuila 1990.

Durante 1991, con los estudios geohidrológicos de prefactibilidad del sistema acuífero en calizas de la porción norte del estado de Coahuila, se ampliaron los conocimientos de la geología del área, se integró un plano de la geología regional escala 1: 250 000, que tiene una extensión aproximada de 30 000 Km² y abarca principalmente a la Serranía del Burro y Lomerío de Peyotes, elaborándose 12 secciones geológicas. Asimismo, se investigó, en un nivel de semidetalle, el flanco oriental del Anticlinal del Burro; Se efectuaron 8 secciones geológicas, de longitudes que variaron de 24 a 76 Km, para obtener la descripción litológica de afloramientos en diferentes unidades rocosas, datos estructurales, comprobación de contactos geológicos, etc. Se elaboró también un plano geológico en semidetalle, en escala 1: 100 000, que tiene una extensión aproximada de 7 700 Km². Con base en los resultados de los estudios geohidrológicos efectuados en esta etapa, se definió el modelo conceptual del sistema acuífero en calizas y la identificación

de dos zonas de mayor interés, para continuar con dos estudios de factibilidad; Las Albercas-El Remolino y Allende-Villa Unión.

En la etapa de factibilidad (1992-1994), en las zonas previamente seleccionadas, se efectuaron trabajos de geología en detalle, a través de dos planos geológicos en escala 1: 50 000, de las zonas: Las Albercas-El Remolino y Allende-Villa Unión, cubriendo una superficie de 2 282 Km² y 2 289 Km² respectivamente. Para la elaboración de estos planos se realizaron actividades de fotogeología, levantamientos geológicos de campo y geología de subsuelo.

Dichas actividades consistieron en la interpretación geológica de fotografías aéreas de las áreas que cubren las hojas topográficas editadas por el INEGI; Remolino (H14-C53), Palmiras (H14-C54), Las Albercas (H14-C63), San Fernando (H14-C64), Las Corrientes (H14-C73), Allende (H14-C74), Infantes (H14-C83), y Villa Unión (H14-C84).

En el área del de Las Albercas-El Remolino se llevó a cabo el levantamiento de 3 secciones estratigráficas y se construyeron 5 secciones geológicas. En el área de Allende-Villa Unión se realizaron 5 secciones geológicas y una sección estratigráfica. Asimismo, se realizaron levantamientos del fracturamiento observado a lo largo y ancho de las áreas seleccionadas, elaborándose las rosetas respectivas, que muestran las orientaciones preferenciales. Por último, se realizó la perforación de 4 pozos de exploración-cuantificación.

En 1991, con el estudio denominado “Geología de apoyo al modelo matemático del acuífero Sabinas-Reynosa, se logró establecer el comportamiento geológico que guarda la unidad que contiene el acuífero en el subsuelo (Formación Sabinas-Reynosa); las características geológicas, tanto de la zona de recarga y descarga del acuífero, su relación con el acuífero calizo, y su delimitación geohidrológica por fronteras geológicas naturales. Durante el estudio se efectuó una serie de trabajos geológicos en niveles de semidetalle y detalle y se elaboró un plano geológico, en escala 1: 100 000, que abarca

específicamente la parte noroccidental y suroccidental de la Serranía del Burro y la parte central del valle conocido en la localidad como de los “Cinco Manantiales”, en una superficie de 4 900 Km². Para la elaboración de este plano se realizaron actividades de fotogeología, levantamientos geológicos de campo y geología de subsuelo.

Dichas actividades consistieron en la interpretación geológica de fotografías aéreas, de las áreas que cubren las hojas topográficas editadas por el INEGI: Piedras Negras (H14-C65), Guerrero (H14-C75), Santa Mónica (H14-C85), San Fernando (H14-C64), Allende (H14-C74) y Villa Unión (H14-C84).

Se llevó a cabo el levantamiento de 8 secciones geológicas (incluidas en el presente trabajo). Asimismo, se realizaron levantamientos del fracturamiento observado a lo largo y ancho del área de estudio, y se elaboraron las rosetas respectivas que muestran las orientaciones preferenciales. Así como la realización de 600 sondeos eléctricos verticales.

Se analizó la información de 1800 cortes litológicos de barrenos perforados en la zona para fines mineros, lo cual ayudó a definir la geometría del acuífero.

2.1 Marco Geológico Regional

Para complementar el presente trabajo se elaboró un plano geológico en escala 1: 100 000, que es el resultado de los trabajos geológicos realizados en las diferentes etapas de estudio, sobre una extensión aproximada de 9360 Km² y abarca específicamente la parte noroccidental y suroccidental de la Serranía del Burro y la parte central del valle conocido en la localidad como de los “Cinco Manantiales” (Plano 1).

En el área de estudio aflora un importante conjunto de rocas correspondientes al Cretácico Inferior, constituido por calizas con un espesor de poco más de mil metros; mientras que los correspondientes al Cretácico Superior están constituidos por clásticos primordialmente, con un espesor de alrededor de mil metros. El conjunto del Cretácico

Inferior está constituido por las Formaciones Glen Rose, Telephone Canyon, West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak.

Las unidades correspondientes al Cretácico Superior son las formaciones: Del Río, Buda, Eagle Ford, Austin, Upson, San Miguel, Olmos y Escondido. Hacia el valle se presenta un conglomerado de fines del Terciario, que constituye la Formación Sabinas-Reynosa.

Finalmente, sobre los valles y partes bajas se observa una cubierta de aluvión, constituida por gravas, arenas, limos y arcillas del Cuaternario.

La estructura más importante en el área de estudio es la Serranía del Burro, que presenta una orientación Noroeste-Sureste, con una longitud aproximada de 230 Km por 65 Km de ancho; su elevación varía de 500 a 1800 msnm. La Serranía del Burro corresponde a una estructura anticlinal muy amplia, con echados de 2 a 3 grados en sus flancos; su eje buza hacia el Sur-Este, está formado por una secuencia de rocas calcáreas que presentan un aspecto dómico y casi circular; la red de escurrimiento la disecta en forma casi radial, formando gran número de cañones, donde se puede observar la columna estratigráfica de las rocas que la conforma. El Lomerío de Peyotes es la continuidad de la Sierra del Burro, hacia el Sureste, con una longitud de 100 Km por 30 Km de anchura, aproximadamente. Su elevación varía de 350 a 500 msnm.

2.2 Fisiografía

El área en estudio se encuentra comprendida en dos provincias fisiográficas: la Sierra Madre Oriental y las Grandes Llanuras de Norteamérica, en particular y principalmente, dentro de las subprovincias de la Serranía del Burro y de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León, respectivamente.

La porción occidental ocupa parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental, caracterizada por sierras separadas entre sí por valles planos y alargados, que reflejan el

carácter geomorfológico de las rocas constituyentes (Sierras constituidas por calizas y valles por rocas calcáreo-arcillosas).

De acuerdo con la Síntesis Geográfica de Coahuila (INEGI, 1983), la subprovincia de la Serranía del Burro ocupa 13 233.09 Km², incluyendo parte de los municipios de Acuña, Guerrero, Múzquiz, Sabinas, Villa Unión, Zaragoza, Morelos, y otros (Figura 3).

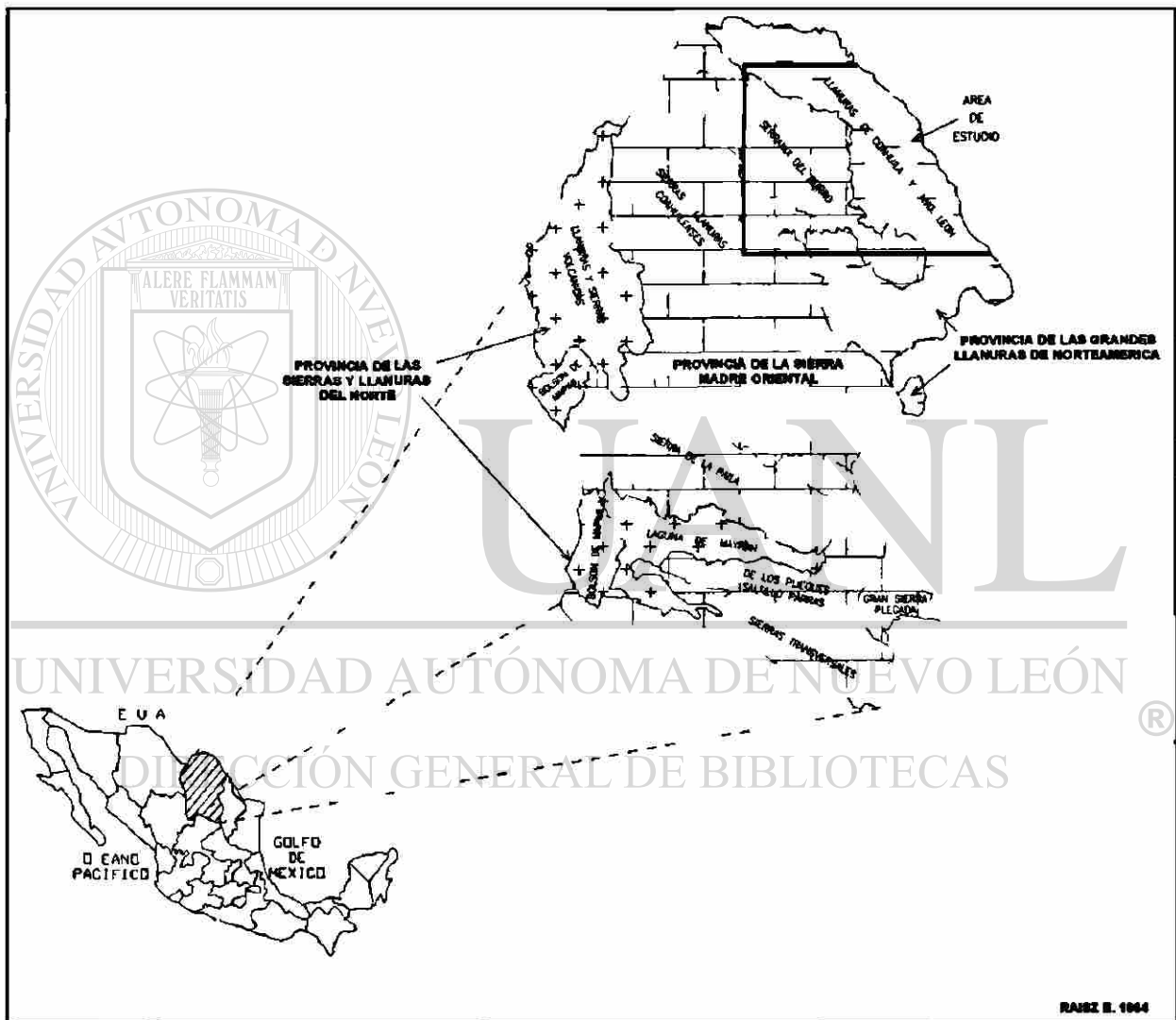


Figura 3. Provincia y Subprovincias Fisiográficas de Coahuila

Las cadenas montañosas y los valles son paralelos a la estructura regional. Las sierras con orientación del noroeste-sureste son la Serranía del Burro, la Sierra El Cedral y El Carmen, separadas por los valles de la Norias, El Infante y El Valle de la Babia,

respectivamente. Al Sur y Sureste se ubica el Lomerío de Peyotes, prolongación de la Serranía del Burro, que también exhibe orientación NW-SE (Figura 4).

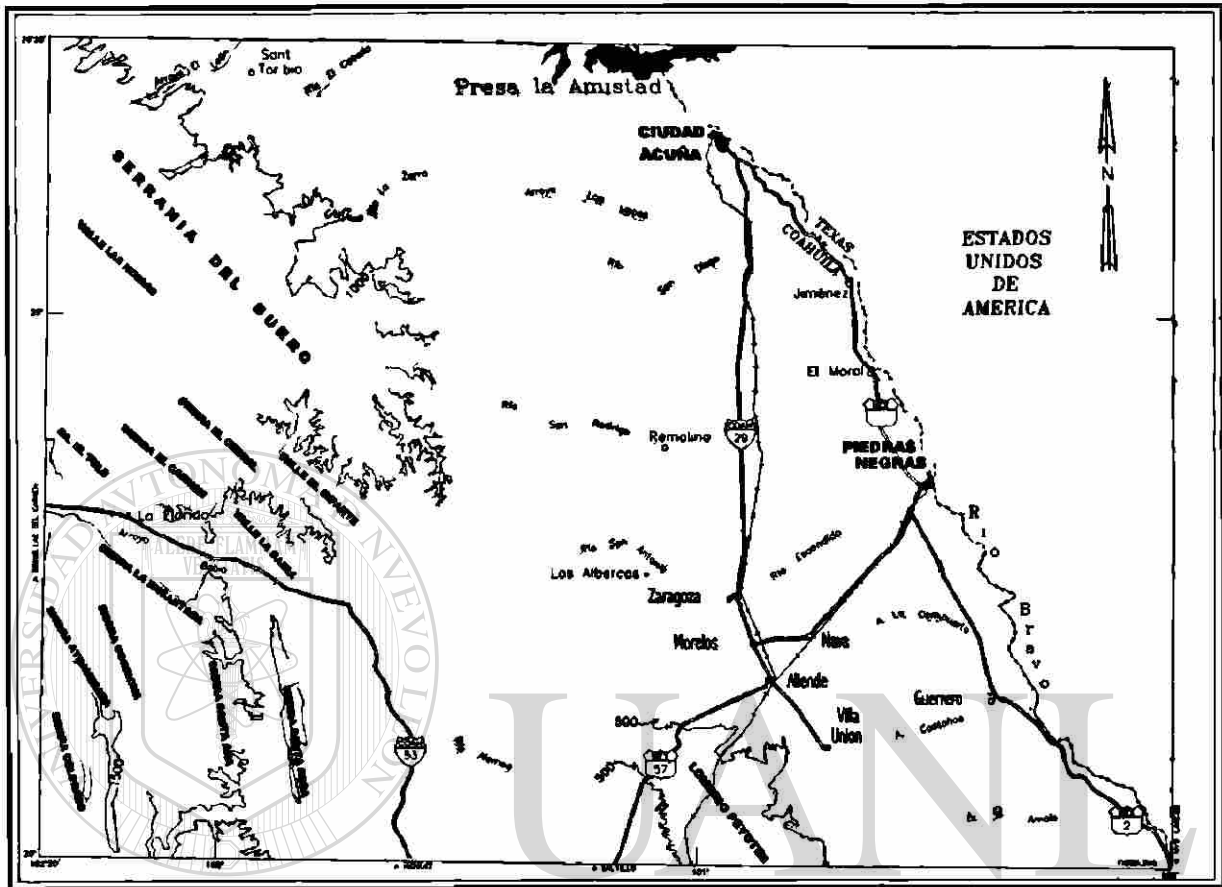


Figura 4. Croquis fisiográfico del norte de Coahuila

La Serranía del Burro presenta una falla normal sobre su flanco NW, es accidentada en su parte central (donde se presenta un sistema radial de valles angostos), posee una pendiente más suave en los flancos Este y Sureste, que es donde la sierra se vuelve más estrecha y baja en altitud, hasta terminar en el Lomerío de Peyotes.

La roca caliza predomina en el centro de la sierra, en tanto que hacia los flancos se presentan asociaciones de calizas y lutitas, se encuentra afectada por cuerpos intrusivos en su parte norte; Una de estas intrusiones es el Cerro El Colorado con 1400 msnm.

Por otro lado, esta subprovincia es pobre en arroyos de importancia, lo que se ha atribuido a la aridez del clima y a la infiltración del agua al subsuelo.

La porción Norte-Este corresponde a la provincia fisiográfica de las Grandes Llanuras de Norteamérica, caracterizada por la presencia de amplios llanos, interrumpidos por lomeríos dispersos de poca altura y pendientes suaves, constituidos principalmente por materiales conglomeráticos.

De las subprovincias que integran las Grandes Llanuras de Norteamérica, sólo una queda comprendida dentro del territorio mexicano: la subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León; la cual limita al Norte y Este con el Río Bravo, al Oeste con la Sierra Madre Oriental y al Sureste con la Llanura Costera del Golfo Norte. Se caracteriza por la presencia de llanos interrumpidos por lomeríos dispersos, bajos, de pendientes suaves y formados principalmente por conglomerado. Esta subprovincia forma parte de la región conocida como llanura costera, la cual se comporta como un plano inclinado en dirección NW-SE. Esta subprovincia abarca una superficie de 25 665.89 Km² que incluye a los municipios de Allende, Hidalgo, Jiménez, Nava, Piedras Negras, Villa Unión, Zaragoza, etc.

Los sistemas topomorfos de esta subprovincia son: Sierras alargadas y separadas entre sí por amplios valles planos, que muestran el carácter geomorfológico de las rocas constituyentes, así como el tipo de deformación estructural. En general, las sierras están representadas por anticlinales alargados y dómicos constituidos por rocas de edad Cretácica.

La llanura costera está delimitada y constituida fisiográficamente por 3 áreas con características bien definidas.

La parte Central, constituida por depósitos continentales de ambiente deltáico de edad Cretácica, mismos que fueron cubiertos en forma discordante por depósitos de edad Terciaria y Cuaternaria, los cuales conforman el valle conocido como la región de Río

Escondido. La parte noroccidental, representada por el flanco oriental del Anticlinorio del Burro, y la parte suroccidental; Lomerío de Peyotes, que es continuación del Anticlinorio de Burro.

Los principales escurrimientos en esta zona son los Ríos San Antonio, San Rodrigo y Escondido, que vierten sus aguas en el Río Bravo. Las dos primeras se originan en el parteaguas de la Sierra del Burro y siguen un curso general Oeste-Este.

2.3 Geomorfología.

Como en la mayor parte de la superficie terrestre, en el área en estudio, las formas del relieve deben su existencia tanto a los procesos generadores del relieve (endógenos), como a los procesos modeladores del mismo (exógenos).

A los procesos endógenos, se los tiene representados en el área de trabajo principalmente por el tectonismo, que ha dado origen a formas aplicativas y disyuntivas.

Las formas aplicativas corresponden a los pliegues que conforman la Serranía del Burro y el Lomerío de Peyotes, alineamientos montañosos orientados en dirección NW-SE, que presentan un decremento gradual de altitud en la dirección antes mencionada.

La Serranía del Burro abarca parte del Lomerío de Peyotes; por lo que, en general, se puede decir que estas montañas están constituidas por pliegues anticlinales y sinclinales normalmente muy abiertos, que presentan echados bajos y que raras veces exceden los 10°. Estos pliegues se encuentran afectados por fracturas y fallas de tipo normal.

Los procesos exógenos o modeladores del relieve han dado lugar a formas erosivas y acumulativas en el área de estudio.

Las formas erosivas están representadas por cauces de arroyos y ríos, así como por formas típicas de la topografía kárstica. En lo referente a las corrientes superficiales, se presentan dos patrones de drenaje en el área de trabajo: en escala regional (norte del estado de Coahuila), se apreció en imagen de satélite un patrón angular, probablemente debido a cierto control estructural (fractura o falla) que se refleja en los cambios bruscos de dirección (90°) de algunos ríos, por ejemplo el Río San Antonio, el Río Escondido y fuera del área de estudio, el Río Salado. Además, se presenta otro patrón de drenaje no menos notorio que el primero y observable en la mayor parte del norte de Coahuila, se trata de un patrón dendrítico subparalelo que adoptan principalmente las corrientes que bajan de la Sierra del Burro, pero que también presentan los arroyos intermitentes que se desarrollan en las partes bajas del área.

De la observación de las cartas del INEGI que comprenden el área, se pueden definir tres unidades geomórficas: la Serranía del Burro, la Región de Río Escondido y el Lomerío de Peyotes (Figura 5).

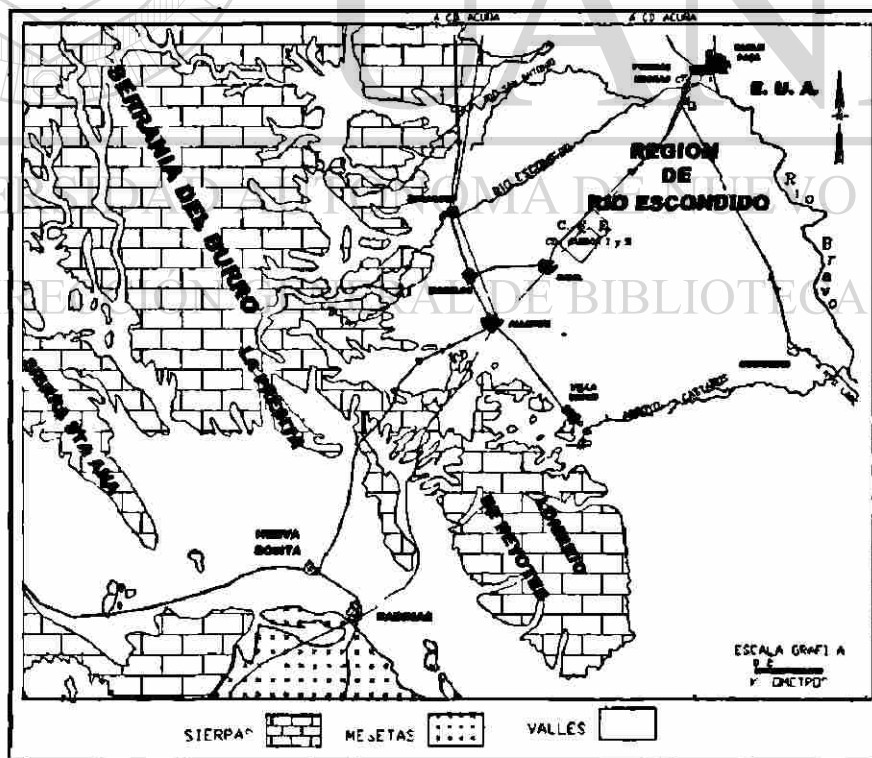


Figura 5. Croquis geomorfológico del norte de Coahuila

La Serranía del Burro, localizada al noroeste y oeste del área de estudio, muestra una orientación NW-SE, con una longitud de 230 Km y 65 Km de ancho; su altura máxima sobre el nivel del mar es de 1800 m y su mínima, de 500 m. Presenta un relieve que se encuentra en una etapa de juventud tardía a madurez temprana; por lo que respecta a los ríos y arroyos presentes en esta unidad, se puede decir que se encuentran en las mismas etapas que el relieve. En general, presentan un patrón de drenaje dendrítico subparalelo, aunque en ciertos cambios de pendiente (bajadas) se observa un patrón paralelo. Esta serranía presenta una elevada densidad de disección hacia sus partes altas, la cual se torna moderada a media que desciende en altitud. Lo mismo se puede afirmar en cuanto a la profundidad de disección.

La Región de Río Escondido, se localiza al sur de la ciudad de Piedras Negras, Coahuila, tiene como límite el Río Escondido al norte, el arroyo Castaños al sur, el Río Bravo al oriente y el área de afloramiento de la Formación Austin al poniente; tiene una longitud de 61 Km de largo y 43 Km de ancho, con una orientación NE-SW; presenta una topografía suave ondulada, con elevaciones que varían de los 350 msnm, en la porción poniente, a 190 msnm sobre las vegas, a lo largo del Río Bravo. Presenta un relieve en una etapa de madurez temprana. Los ríos de esta unidad se encuentran en la misma etapa del ciclo geomorfológico que el relieve. Al igual que en la mayor parte del área de trabajo, el tipo de drenaje que se observa es dendrítico subparalelo. Tanto la densidad como la profundidad de la disección presentan un carácter moderado en esta unidad geomorfológica.

El Lomerío de Peyotes, está ubicado al suroeste del área de estudio, con una longitud de 100 Km y 30 Km de ancho, la altura máxima sobre el nivel del mar es de 500 m y la mínima de 350 m.

Al sur del área de trabajo, abarcando casi la totalidad de la carta Villa Unión del INEGI, en escala 1: 50 000, se encuentra el Lomerío de Peyotes al cual se considera como la prolongación al sureste de la Sierra del Burro. Este lomerío se encuentra en una etapa de madurez temprana, presenta el mismo patrón de drenaje que el resto del área de

trabajo, aunque la densidad de disección es mayor que en la zona intermedia antes descrita.

La zona de planicie, se encuentra en la parte oriental del área estudiada, comprende la mayor parte de las cartas Allende y San Fernando, del INEGI escala 1: 50 000, así como el sector sureste de la carta Palmira. Aquí se observa que los ríos se encuentran en madurez tardía, estos últimos se presentan en un patrón definido como dendrítico subparalelo. La densidad de la disección, se puede decir que es de baja a moderada, así como la profundidad de disección.

Por otro lado, en vista de que las formaciones geológicas que se presentan en el área son predominantemente calcáreas, no es de extrañar que se presenten algunas formas del relieve o estructuras desarrolladas por procesos kársticos. En particular, se han observado algunas cavernas en el Cañón de las Calabazas, en el de la Tinaja Azul, en el Rancho Las Cuevas etc. También se han observado estructuras de colapso, particularmente en el Rancho El Colorado y algunas depresiones topográficas que pudieran estar relacionadas con dolinas, como las observadas al oeste de La Maroma y al norte del Rancho el Guante.

Finalmente, cabe hacer notar que las formas acumulativas se observan principalmente en los valles aluviales de las corrientes que bajan de la Serranía del Burro, tales como los Ríos San Rodrigo, San Antonio, Arroyos El Bobo, Sta. Fe y El Macho, entre otros. Además, se tiene la presencia de una gran planicie aluvial situada al oriente.

2.4 Estratigrafía

La columna estratigráfica del área en estudio, está compuesta por rocas sedimentarias de origen marino y continental de edad del Cretácico Inferior al Reciente (Tabla 1).

ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD	FORMACION	ESPEJOR m		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno		ALLUVION (Ccl)			
		Pleistoceno					
	TERCIARIO	Plioceno		SABINAS-REYNOSA (Tbr)	0 - 40		
		Mioceno					
		Oligoceno					
		Eoceno					
		Paleoceno					
MESOZOICA	CRETACICO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	ESCONDIDO (Kes)	120 - 180	
					OLMOS (Kof)	150 - 200	
				CAMPANIANO	SAN MIGUEL (Kam)	20 - 40	
					URSON (Kup)	300 - 450	
				SANTONIANO			
				CONACIANO	AUSTIN (Kau)	250	
				TURONIANO	EAGLE FORD (Kef)	50 - 200	
			INFERIOR	ALBIANO		BUDA (Kbu)	27 - 48
						DEL RIO (Kdr)	36 - 63
						SALMON PEAK (Kap)	124 - 195
						Mc KNIGHT (Kmk)	50 - 127
						WEST NUECES (Kwn)	100
						TELEPHONE CANYON (Kc)	40
						GLEN ROSE (Kgr)	650

Tabla 1. Estratigrafía general del área

A continuación, se describen las formaciones presentes en el área, descritas principalmente por lo observado en el campo, con datos aportados por otros autores que han estudiado el área, y con apoyo de datos obtenidos de las perforaciones exploratorias realizadas por la CFE y PEMEX, en la zona (Ver plano 1).

El Cretácico Inferior, en el área de estudio, está constituido por las Formaciones Glen Rose, de lexicología regional, además de las unidades Telephone Canyon, West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak. Éstas se depositaron en la denominada Cuenca de Maverick, ya que las facies de fuera de la Cuenca son las Formaciones Devils River o

Georgetown, Kiamichi y Tamaulipas Superior o las unidades Del Carmen, Sue Peaks y Santa Elena, todas ellas equivalentes a la Formación Aurora.

La Formación Devils River es un borde arrecifal que separa facies de plataforma y de cuenca. Hacia el norte se encuentra la plataforma con las Formaciones Glen Rose, Telephone Canyon, West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak; hacia el sur las Formaciones Devils River o Georgetown, Kiamichi y Tamaulipas Superior o las unidades Del Carmen, Sue Peaks y Santa Elena consideradas como de cuenca o cuenca y plataforma.

CRETÁCICO INFERIOR

Formación Glen Rose Kgr (Albiano Inferior y Medio)

Definición.- R.T. Hill en 1891, utilizó este nombre para diferenciar la parte superior del grupo Trinity, al referirse a los afloramientos existentes a lo largo del Río Paluxy en las proximidades del poblado de Glen Rose en el Condado de Somervell en Texas, Estados Unidos de Norteamérica.

Distribución y Espesor.- Esta unidad está restringida a la porción noroeste del área Las Albergas-El Remolino, particularmente sobre el cauce del Río San Rodrigo, en el Cañón de La Tinaja Azul, el Cañón Prieto y el de Las Calabazas. En el pozo de PEMEX Coconal No.1 se reporta un espesor de 646 m, en tanto que en los pozos exploratorios RE1 y RE2 realizados por la CFE se cortaron 222 m y 137 m, respectivamente.

Litología.- En su localidad tipo, la formación está constituida por una alternancia de capas de calizas resistentes y calizas arcillosas que intemperizan, dando lugar a una topografía escalonada muy característica; asimismo, se observa un intervalo arrecifal en su parte inferior. En el área de estudio, la Formación Glen Rose se encontró expuesta en el Rancho La Tinaja Azul, en donde sólo fue posible observar parte de la cima de dicha

formación, la cual está constituida por calizas wackestone, de estratificación mediana. Por efectos del intemperismo, estas adquieren un color gris medio y en superficie fresca son de un color gris oscuro. En el afloramiento se aprecia un alto grado de disolución y fracturamiento.

Relación estratigráfica.- Los contactos inferior y superior de la Formación Glen Rose, son concordantes y transicionales con las Formaciones La Peña y Telephone Canyon, respectivamente.

Edad y Correlación.- La porción superior de la formación, se caracteriza por la presencia de dos foraminíferos extremadamente abundantes (Miliólidos y Orbitolina Texana), los cuales están asociados con varios moluscos pequeños (gasterópodos y ostras) y con rudistas en biostromas y biohermas. Sin embargo, es por la presencia de la Orbitolina Texana y la amonita Oxytropidoceras sp que se le ubica a esta unidad entre el Albiano inferior y el Albiano medio. Lateralmente, esta formación cambia de facies y es equivalente a la Formación Tamaulipas Superior. Es muy posible, que parte de Glen Rose se convierta en la porción inferior de la Devils River.

Génesis.- Smith (1970) asigna a esta unidad un ambiente de depósito de plataforma somera.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
Formacion Telephone Canyon Ktc (Albiano Medio)

Definición.- El nombre de Telephone Canyon pertenece a la lexicología usada en el área del Parque Nacional del Big Bend, en el vecino estado de Texas, en Estados Unidos de Norteamérica y su localidad tipo está en el Cañón Telephone, en el Condado de Brewster (12 Km al oeste de la Linda, Coah., México).

Distribución y Espesor.- Esta formación, únicamente aflora en el área Albercas-El Remolino, en su porción noroeste, particularmente en los Cañones Tinaja Azul, Prieto y el de las Calabazas; así como en la parte alta del cauce del Río San Rodrigo. El espesor

promedio de esta unidad es de 39 m. En los pozos exploratorios realizados por la CFE, se presentaron espesores que variaron de los 28 m a 52 m (RE1, RE2, RE4 y RE5).

Litología.- Consiste de estratos gruesos de marga fosilífera amarillenta y caliza arcillosa nodular de textura wackestone, separados por calizas packestone de estratificación delgada (que contiene Gryphaea) y wackestone con fragmentos de conchas.

Relación estratigráfica.- El contacto, tanto inferior como superior, con las Formaciones Glen Rose y West Nueces respectivamente es transicional.

Edad y Correlación.- Los fósiles más comunes de la formación son: Exogyra texana, Gryphaea, Lunatia y algunos equinoides, que han servido para asignarle una edad del Albiano medio (Smith op. cit.). Lateralmente, la formación cambia de facies a la Formación Devils River.

Génesis.- De acuerdo con Smith (op. cit.), las arcillas terrígenas de la Formación Telephone Canyon se derivaron de un área fuente localizada en Marathon Texas, las cuales se distribuyeron en un depósito entre el borde de talud y la línea de costa, en el Norte del Estado de Coahuila.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
Formación West Nueces Kwn (Albiano Medio)

Definición.- La localidad tipo de esta formación se encuentra en las orillas del Río West Nueces, al Noroeste de Uvalde, en el Condado de Uvalde, Texas.

Distribución y Espesor.- Aflora en el sector occidental del área Albercas-El Remolino, en una amplia franja, comprendida entre los ranchos El Desemboque al norte y el Colorado, al sur. En los pozos exploratorios de la CFE (RE-1, RE-2, RE-3 y RE-4) se observan espesores que varían de 92 m a 100 m.

Litología.- Está constituida por calizas de estratificación delgada a media; en la parte inferior de la unidad, la textura varía de mudstone a packstone, en tanto que la parte superior varía de wackstone a grainstone, contiene gasterópodos, pelecípodos, miliólidos, caprinidos, pellets y fragmentos de conchas.

Relación estratigráfica.- Los contactos inferior y superior de la Formación West Nueces con la Formación Telephone Canyon y Mc Knight respectivamente, son transicionales.

Edad y Correlación.- La presencia de fósiles, como la Texigriphaea, Toucacia y los foraminíferos Barkerina y Dictyoconus, han servido para asignarle una edad del Albiano Superior. Lateralmente, la formación cambia de facies, por lo que es correlacionable con las Formaciones Tamaulipas Superior, Santa Elena, Del Carmen y Delvis River Inferior, así como la base de Mc Knight.

Génesis.- Su depósito está asociado a un ambiente de plataforma somero en un evento de transgresión marina.

Formación Mc Knight Kmk (Albiano Medio y Superior)

Definición.- Según Miller en 1984, la Formación Mc Knight se reconoció inicialmente como una unidad del subsuelo por Winter en 1961 y posteriormente fue extendida a los afloramientos por Lozo y Smith, 1964.

Distribución y Espesor.- Ampliamente distribuida en el área, aflora principalmente en los terrenos del Rancho el Colorado (sector occidental de Las Albercas-El Remolino) a partir del cauce del Río Los Álamos. Hacia el norte, el patrón de afloramiento de la formación adopta la forma de una franja estrecha, orientada en una dirección general norte-sur, la cual se extiende hasta el límite norte de la zona de estudio. De acuerdo con los pozos exploratorios realizados por la CFE en las áreas del

Refugio (RE1 al RE8, RE10, RE14), y el Remolino (RM1 y RM2) el espesor de la formación varía de 50 a 127 m.

Litología.- Esta constituida por tres unidades:

Unidad Inferior.- Compuesta por mudstone, con fragmentos de miliólidos, además de wackstone y grainstone; se observan evaporitas, estructuras derivadas del colapso y brechas de colapso. Contiene miliólidos y fragmentos de Gryphaea.

Unidad Media.- Constituida por mudstone obscuro calcáreo laminado, contiene fragmentos de Ostreas distribuidas en todo el horizonte.

Unidad Superior.- Incluye mudstone laminado, wackstone a packstone y evaporitas. En la cima de esta unidad aparecen grainstone y wackstone a packstone en estratos delgados a medios; contiene fragmentos de conchas y pellets.

Relación estratigráfica.- Los contactos inferior y superior con las Formaciones West Nueces y Salmon Peak respectivamente, son transicionales y concordantes.

Edad y Correlación.- Por su contenido fosilífero (miliólidos, Texigryphaea, fragmentos de Gryphaea, etc). Se le ha asignado una edad del Albiano Medio y Superior. Se correlaciona con las Formaciones Devils River, Del Carmen y la cima de la Tamaulipas Superior.

Génesis.- Su depósito está asociado a un ambiente euxínico de salinidad y evaporación alta, muy similar a las modernas lagunas de post-arrecife.

Formación Salmon Peak Ksp (Albiano Superior)

Definición.- Está expuesta típicamente a 30 m al noroeste de Bracketville, cerca de Salmon Peak, de donde toma su nombre en el Condado de Kinney; su localidad tipo se

ubica en el Río West Nueces, en el Condado de Uvalde, 24 km al noroeste de Uvalde, Texas (Lozo y Smith, 1964).

Distribución y Espesor.- Aflora en el sector centro-occidental del área, principalmente en las localidades conocidas como El Macho, San Miguel, El Refugio, El Colorado y en la margen izquierda del Río San Rodrigo. El espesor observado en los pozos exploratorios de CFE (RE2 al RE8, RE10, RE14, RM1, RM2, RM3), varía de 124 a 195 m.

Litología.- Se divide en dos unidades: la inferior y la superior, la primera, a su vez, ha sido subdividida en dos unidades también. Lozo y Smith (op. cit.).

La Unidad estratigráfica inferior.- Se divide en una caliza mudstone Inferior y una caliza Superior horadada por organismos. La primera se compone principalmente de mudstone calcáreo gris verdoso a gris amarillento y la segunda constituida por wackstone calcárea barrenado por organismos (ostrácodos, braquiópodos, espículas de esponja).

La Unidad Estratigráfica Superior.- Está constituida por wackstone a grainstone calcárea, con abundantes fragmentos de quinóideos, conchas y óstreas.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Relación estratigráfica.- Los contactos tanto Inferior como Superior con las Formaciones Mc Knight y Del Río son concordantes.

Edad y Correlación.- De acuerdo con su contenido faunístico, se le asigna una edad del Albiano Superior. Se correlaciona con parte de la Formación Tamaulipas Superior en la provincia del Golfo de Sabinas (México). En la plataforma de San Marcos (Texas), equivale a una parte de las Formaciones Person y Georgetown; en la meseta Edwards Oriental equivale al Devils River Superior y Formación Segovia.

Génesis.- Su depósito está asociado a un ambiente de plataforma abierta y bancos de plataforma.

CRETÁCICO SUPERIOR

Formación Del Río Kdr (Cenomaniano Inferior)

Definición.- Fue llamada originalmente Grayson, en 1895, por Cragin y posteriormente Hill y Vaughan, que en 1898 aplicaron el nombre de Del Río a su extensión sur, señalando como localidad tipo a la loma de la Cruz, ubicada a 3 kilómetros al Sur de Del Río, Texas (Adkins, et al 1975).

Distribución y Espesor.- Prácticamente, los afloramientos de la Formación Del Río están muy restringidos, las superficies más grandes de exposición de esta unidad se observan al norte del rancho El Macho y al noreste del sitio conocido como Las Cuevas. En el resto del área, aflora su parte superior, en una delgada franja orientada norte-sur, sobre todo al oeste del Pensamiento y al N-NW del Remolino. El espesor de dicha formación varía de 36 a 63 m, según pozos exploratorios perforados por la CFE en la zona (RE3, RE5 al RE8, RE14, RM1, RM2, RM3).

Litología.- Consiste de lutitas calcáreas interestratificadas, con margas que contienen amonitas y otros fósiles. Es característica de esta unidad la abundancia de foraminíferos Haplostiche texano y Exogyra arietina.

Relación estratigráfica.- Sus contactos tanto inferior como superior con las Formaciones Salmon Peak y Buda, respectivamente, son concordantes.

Edad y Correlación.- Por su contenido faunístico, se la asigna una edad del Cenomaniano Inferior; por su correlación estratigráfica se correlaciona con parte de la Formación Tamaulipas Superior.

Génesis.- Sus depósitos están asociados a un ambiente de plataforma abierta, en una transgresión marina.

Formación Buda Kbu (Cenomaniano Superior)

Definición.- El término Buda fue usado por Vaughan, en 1900, para sustituir al de Shoal Creek, que corresponde a otra formación. La localidad tipo de esta formación se encuentra en el arroyo Shoal en el Condado de Austin, Texas.

Distribución y Espesor.- El patrón de afloramiento de la Formación Buda, en el área, es similar al que presenta la subyacente Del Río, es decir, es una franja orientada en dirección general norte-sur, esta unidad aflora principalmente a lo largo del Lomerío de Peyotes; al sur del poblado de Allende y suroeste de Villa Unión, principalmente, sobre los ejes de las estructuras de los anticlinales ahí presentes. Los espesores reportados en los pozos exploratorios por CFE zona (RE3, RE5 al RE8, RE14, RM1, RM3) varían de 27 a 48 m.

Litología.- Está constituida por calizas en estratos delgados que alternan con laminaciones de lutitas de color gris a café. Contiene *Exogyra clark*, *Codiopsis texana*, Whitney, etc.

Relación estratigráfica.- Sobreyace concordantemente a la Formación Del Río y subyace de igual forma con la Formación Eagle Ford.

Edad y Correlación.- Se le asigna una edad del Cenomaniano Superior y es correlacionable con la cima de la Formación Tamaulipas Superior.

Génesis.- De acuerdo con sus características litológicas, su depósito está asociado a un ambiente de talud inferior y borde de plataforma.

Formación Eagle Ford Kef (Turoniano)

Definición.- Descrita inicialmente por Ferdinand Romer, en 1852, como lutita negra; Hill, en 1887, la denomina Formación Eagle Ford, cuya localidad tipo se encuentra en el condado de Eagle Ford, en Dallas, Texas (Acevedo, 1954).

Distribución y Espesor.- Aflora al noreste del lugar conocido como El Remolino, en los terrenos del rancho El Pensamiento, al sur de Las Albercas y de Allende, principalmente sobre el Lomerío de Peyotes. Así como en la zona donde se ubican los manantiales El Chupadero (M1), Palmiras, Santa Ana y el Potrero (M6). El espesor reportado en los pozos de PEMEX en la región varía de 120 a 194 m (Zwanziger, 1980) y de 58 a 85 m en los pozos exploratorios de la CFE (RE3, RE6 al RE8, RE14).

Litología.- Está constituida por lutitas calcáreas, laminares color gris oscuro, interestratificadas con cuerpos medios y delgados de mudstone-wackstone arcilloso, de color gris oscuro que intemperiza a gris claro y amarillo ocre. Contiene globigerinidos, radiolarios, bioclastos y conchas enteras de moluscos.

Relación estratigráfica.- El contacto inferior es nítido y concordante con la Formación Buda y el superior es transicional y concordante con la Formación Austin. ®

Edad y Correlación.- En esta unidad se han encontrado microfósiles característicos como el *Inoceramus Labiatus*, lo cual ha servido para asignarle una edad del Turoniano, de acuerdo con su posición estratigráfica, así como por su contenido faunístico. Se correlaciona con la Formación Agua Nueva de la Cuenca de Tampico-Misantla, con la Formación "Indidura", en la Cuenca de Parras y con la Formación Ojinaga, en Chihuahua.

Génesis.- De acuerdo con sus características litológicas, su depósito está asociado a un ambiente nerítico, con gran aporte de material detrítico.

Formación Austin Kau (Conaciano-Santoniano)

Definición.- B.F. Shumard fue quién, en 1860, dio el nombre de Formación Austin a una serie de calizas que afloran en Austin, Texas, donde se encuentra su localidad tipo (Acevedo, 1954).

Distribución y Espesor.- En el área de estudio, la Formación Austin aflora en toda la porción Sureste de la Serranía del Burro y en la parte Sureste del Lomerío de Peyotes. Los espesores reportados por los pozos perforados por PEMEX: Coconal No.1 (250 m), Coconal No.2 (245 m). Galaxia No. 1 (245 m), Perforador No. 1 (234 m) y Demóstenes No. 1.

Litología.- En el área de estudio, esta formación está compuesta de mudstone y wackstone arcilloso, en capas medias de color gris claro a oscuro, con intercalación de lutitas calcáreas; presenta gran contenido de macro y microfauna.

Relación estratigráfica.- Sus contactos tanto inferior como superior con las Formaciones Eagle Ford y Upson son concordantes y transaccionales.

Edad y Correlación.- Con base en su contenido faunístico se le ha asignado una edad del Coniaciano-Santoniano. Se correlaciona en parte con la Formación Indidura, Lutitas Parras, San Felipe, y Lutitas Méndez.

Génesis.- De acuerdo con su contenido litológico, las condiciones de depósito están asociadas a ambientes neríticos, con aporte de material terrígeno producto de las pulsaciones iniciales de la Orogenia Laramide, que se intensificó hacia occidente aportando mayores volúmenes hacia el oriente.

Formación Upson Kup (Santoniano Superior-Campaniano)

Definición.- Descrita por E.T. Dumble, en 1892, corresponde a unas lutitas del grupo Taylor, cuya localidad tipo se encuentra cerca de lo que fue la oficina de correos en Upson, Condado de Maverick (carretera Eagle Pass - Del Río, Texas) (Acevedo 1954).

Distribución y Espesor.- En el área de estudio se encuentra pobremente expuesta, sólo fueron observadas en dos afloramientos: en el Ejido la Maroma y en el Ejido Maravillas, donde se localiza el pozo de PEMEX del mismo nombre. Los espesores reportados por los pozos perforados por PEMEX, en la región de Río Escondido van desde 300 m en el Coconal No.1 hasta 450 m en el Kikapú No.1.

Litología.- Está constituida por lutitas calcáreas de color gris oscuro a verde, en capas delgadas a laminares, muy deleznable, con estratos calcáreos en capas de espesor medio; contiene algunas cámaras de globigerínidos, así como presencia de bioturbaciones.

Relación estratigráfica.- De los afloramientos observados en los ejidos La Maroma y Maravillas, solamente se logró identificar el contacto superior, y es concordante y transicional con la Formación San Miguel.

Edad y Correlación.- Con base en el contenido faunístico, así como por su posición estratigráfica, se le ha asignado una edad del Santoniano Superior-Campaniano. Se correlaciona en el área de Ojinaga parcialmente con la Formación San Carlos y el Picacho y en parte con la Lutita Parras, de la cuenca del mismo nombre; con la parte inferior de la Lutita Méndez, al noreste de México y se considera equivalente a la parte inferior del grupo Taylor, en el estado de Texas.

Génesis.- Los sedimentos correspondientes a esta formación fueron depositados en facies de prodelta del sistema deltaico desarrollado durante el Cretácico Superior en la región.

Formación San Miguel Ksm (Campaniano)

Definición.- Definida por E.T. Dumble en su localidad tipo, el antiguo rancho de San Miguel, ubicado al Norte de Eagle Pass, Texas. Adkins (1933) definió como Formación San Miguel a una secuencia de areniscas con intercalación de fangolitas bien estratificadas, con espesor que oscila entre 120-180 m, ubicadas en la sección tipo de Eagle Pass, Texas.

Distribución y Espesor.- Fue identificada en el área de estudio, al norte de la ciudad de Piedras Negras, a la altura del Ejido Piedras Negras y en el arroyo la Zacatosa, a la altura del ejido La Maroma. El espesor de esta formación es variable, de acuerdo con su ubicación. En el área de estudio se han reportado espesores de 20 m a 40 m.

Litología.- Está constituida por una secuencia de areniscas de grano grueso a medio, con estratificación cruzada, huellas de bioturbación con interdigitación de limolitas.

Relación estratigráfica.- Sobreyace en forma concordante y transicional a la Formación Upson y subyace de igual forma a la Formación Olmos.

Edad y Correlación.- Por razón de su contenido faunístico y su relación estratigráfica, se le ha designado una edad del Campaniano. Esta formación es equivalente al grupo Taylor, en el Estado de Texas; se correlaciona con la parte inferior de la Formación Méndez, en la cuenca de Tampico-Misantla y con el Grupo Difunta, en la Cuenca de Parras.

Génesis.- De acuerdo con sus características litológicas, así como a su fauna y a la presencia de estructuras sedimentarias, dichos depósitos están asociados a facies de frente deltaico.

Formación Olmos Kol (Maestrichtiano Inferior-Medio)

Definición.- Inicialmente conocida como "Coal Series" en el Maverick County y denominada Formación Olmos por L.W. Stephenson, en 1927, el nombre fue tomado de la estación ferroviaria de Banderas, ubicada cerca de la localidad y del arroyo Olmos, al Norte de Eagle Pass. En el área de estudio contiene los mantos de carbón que son la materia prima empleada para la generación de energía eléctrica en las Centrales de Carbón I y II.

Distribución y Espesor.- Generalmente ha sido reconocida y estudiada durante los trabajos de exploración y evaluación de los mantos de carbón, en la región de Río Escondido y en las minas donde se explota carbón en forma subterránea o a Tajo abierto. El espesor reportado por barrenos perforados en el área por la CFE, oscila entre 150 m a 200 m

Litología.- Está constituida por lutitas y limolitas de color marrón, en capas delgadas, interestratificadas con areniscas de color gris verdoso, que presentan estructuras de carga, rizaduras de corriente, restos de raíces, plantas fósiles y desarrollo de mantos de carbón, hacia la base.

Relación estratigráfica.- Se encuentra sobreyaciendo en forma concordante y transicional a la Formación San Miguel y de igual forma a la Formación Escondido.

Edad y Correlación.- De acuerdo con su contenido faunístico, el polen y esporas encontrado en los núcleos de barrenación, se le ha asignado una edad del maestrichtiano Inferior y Medio (Martinez et al 1980, en Ariceaga et al 1987). Es correlacionable en

parte con la porción inferior de la Formación Méndez en la cuenca de Tampico-Misantla y equivalente al Grupo Navarro, en su parte inferior.

Génesis.- De acuerdo con sus características de depósito, están asociados a facies de planicie de inundación y pantanos que corresponden a una planicie deltaica del sistema que prevaleció durante el Cretácico Superior.

Formación Escondido Kes (Maestrichtiano Tardío)

Definición.- Unidad de areniscas y lutitas, que afloran en el área de la desembocadura del Río Escondido con el Río Bravo (Acevedo 1954).

Distribución y Espesor.- Aflora en Villa de Fuentes y en la desembocadura del Río Escondido con el Río Bravo, en el arroyo Castaños y en ambos márgenes del Río Bravo entre México-E.U.A., desde Villa de Fuentes hasta el complejo agrícola No.1 de la S.A.R.H. El espesor reportado por los pozos de PEMEX en la región varía desde 120 m en el pozo PN 13 hasta 180 m en el Kikapú 1.

Litología.- Está constituida por una secuencia de lutitas y areniscas calcáreas de color gris verdoso y limolitas calcáreo-arenosas, con intercalación de capas delgadas y medias de areniscas calcáreas; presenta abundante microfauna (pelecípodos, gasterópodos, cefalópodos).

Las estructuras primarias en las areniscas, consisten en barrenaciones de organismos, estratificación cruzada y huellas de oleaje, etc.

Relación estratigráfica.- Sobreyace en forma concordante y transicional a la Formación Olmos, y subyace discordantemente a la Formación Midway (Adkins, et al, 1975). Se hace notar que la Formación Midway no se describe por aflorar fuera del área de estudio.

Edad y Correlación.- Por su contenido de macrofauna (amonitas, Sphenodiscus, Aberrans, y Coahuilites), se le ha asignado una edad del Maestrichtiano tardío. Dicha formación se correlaciona con las lutitas de la parte superior de la Formación Méndez, en la cuenca de Tampico-Misantla y con el Grupo Difunta, en la cuenca de Parras, es equivalente a la porción superior del Grupo Navarro, en el Estado de Texas.

Génesis.- Con base en su contenido fosilífero así como por su contenido litológico, los depósitos de la Formación Escondido están asociados a facies de plataforma interdeltaica.

TERCIARIO

Formación Sabinas-Reynosa Tsr (Mioceno-Plioceno)

Definición.- Roebeck, en 1956, utilizó este término para definir un conglomerado que se localiza en el Río Sabinas, cercano al puente del mismo nombre.

Distribución y Espesor.- Estos depósitos están presentes en toda el área de estudio. La Formación Sabinas-Reynosa es un depósito de tipo granular, de semiconsolidado a consolidado, de origen fluvial, con espesor hasta de 40 m. Las fuentes de erosión fueron las porciones levantadas de la Sierra Madre Oriental, por lo que su distribución es muy amplia, en la parte Norte de los Estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Para el área de estudio, se considera a la Serranía del Burro al Lomerío de Peyotes, como la fuente principal de los sedimentos que componen esta formación.

Litología.- Se compone básicamente de clastos calcáreos, mal clasificados, semiredondeados, de tamaño variado desde gravas hasta guijarros empacados en un cementante carbonatado que presenta una capa de caliche hacia la cima. Para la cuenca de Río Escondido se ha intentado realizar una diferenciación de unidades, con base en la información de barrenos perforados en el área, se concluyó que sólo es confiable la

diferenciación de tres unidades, denominadas: unidad de conglomerado, unidad de caliche arenoso y unidad de caliche arcilloso. La presencia de esta última unidad es muy irregular, según los reportes litológicos analizados.

Relación estratigráfica.- Sobreyace en forma discordante a las unidades del Cretácico Superior.

Edad y Correlación.- Se le ha asignado una edad Mioceno-Plioceno y es correlacionable con el conglomerado Norma, que aflora en la periferia de la ciudad de Reynosa, Tamaulipas.

Génesis.- De acuerdo con su composición litológica, dichos sedimentos están asociados a depósitos de pie de monte y abanicos aluviales.



CUATERNARIO

Aluvión Cci (Pleistoceno-Holoceno)

Distribución.- Estos depósitos se localizan rellenando valles, en las partes bajas de las cuencas y en el pie de monte.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Litología y Espesor.- Está constituido por depósitos fluviales y eólicos. Los primeros se localizan en las faldas de las sierras, formados por clastos del tamaño de las gravas con matriz arenosa, ligeramente cementadas por carbonato de calcio y los segundos rellenando los valles en forma de aluvión o de suelo. La granulometría de estos depósitos es muy variada, así como su espesor y distribución, según el área de exposición.

2.5 Unidades Hidrogeológicas

Con base en la geología superficial observada en el área y los datos obtenidos de los pozos perforados por la CFE y PEMEX, las formaciones mencionadas en el subcapítulo anterior, se clasifican desde el punto de vista hidrogeológico, en 3 tipos de unidades: permeables, semipermeables e impermeables tomando en cuenta su composición litológica, su tipo de matriz, su porosidad, su permeabilidad, su grado de fracturamiento y su grado de disolución (Ver plano 1).

a) Unidades Permeables

Formación West Nueces.- Está compuesta por calizas, no presenta porosidad primaria; sin embargo, en partes presenta fracturamiento y alto grado de disolución, lo que la convierte en un excelente acuífero.

Formación Mc Knight.- Formada por calizas y evaporitas. Como se apunta en el subcapítulo de estratigrafía, esta unidad se ha subdividido en tres miembros; dos de ellos, el inferior y superior, debido a la formación de brechas y estructuras de colapso, presentan espacios vacíos producto de la disolución de evaporitas, tales condiciones hacen constituirse a estos miembros de la formación en excelentes acuíferos.

Formación Salmon Peak.- Compuesta por calizas, exhibe poca porosidad primaria, pero debido al intenso fracturamiento que presenta, junto con las Formaciones Mc Knight y West Nueces, constituyen el más grande acuífero de la región.

Formación Sabinas-Reynosa.- Formada de clastos calcáreos, que varían desde gravas hasta guijarros cementados en una matriz carbonatada, así como de una capa de caliche hacia la cima, presenta porosidad primaria y buena transmisividad, se constituye como un acuífero somero ampliamente explotado en el valle del Río Bravo.

Aluvión.- Es un Proveedor de cantidades menores de agua.

b) Unidades Semipermeables

Formación Glen Rose.- El intervalo arrecifal de esta formación presenta buena porosidad primaria, sin embargo, este intervalo tiene una distribución espacial errática. En cuanto a la porosidad secundaria, producida por fracturamiento y disolución, en parte se constituye en acuífero.

Formación Telephone Canyon.- Por sus características litológicas no presenta porosidad primaria, sin embargo, debido a su fracturamiento, ocasionalmente presenta condiciones de acuífero.

Formación Buda.- Está compuesta principalmente por calizas compactas, sin porosidad primaria; presenta algunas zonas fracturadas y oquedades formadas por disolución en fracturas o en los planos de estratificación. Por su posición estratigráfica, se encuentra parcialmente confinada entre las Formaciones Del Río en la base, constituida por lutitas y la Formación Eagle Ford compuesta por lutitas calcáreas y calizas arcillosas. Puede contener cantidades restringidas de agua en fracturas.

Formación Eagle Ford.- Constituida por lutitas calcáreas laminares y calizas arcillosas; solo ocasionalmente y como un derivado de fracturamiento, presenta circulación de agua subterránea.

Formación Austin.- Está formada por calizas arcillosas y lutitas calcáreas; no presenta porosidad primaria; sin embargo, ocasionalmente y debido al fracturamiento, se constituye en proveedor de cantidades menores de agua.

Formación San Miguel.- Se constituye de areniscas de grano grueso a medio, con estratificación cruzada, e intercalación de limolitas; produce cantidades mínimas de agua en fracturas o cuerpos arenosos lenticulares.

Formación Olmos.- Está constituida por limolitas y areniscas, con estratificación cruzada. En las minas de carbón se ha observado que conduce pequeñas cantidades de agua, solamente a través de fracturas.

Formación Escondido.- Primordialmente constituida por lutitas, limolitas y areniscas produce pequeñas cantidades de agua, en paquetes de areniscas fracturadas.

c) Unidades impermeables.

Formación Del Río.- Compuesta predominantemente por lutitas impermeables no acuíferas. Constituye la unidad confinante al sistema West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak. Debido a la presencia de fracturas y fallas en el subsuelo, en algunos sectores se realiza la comunicación de este acuífero con el Sabinas Reynosa.

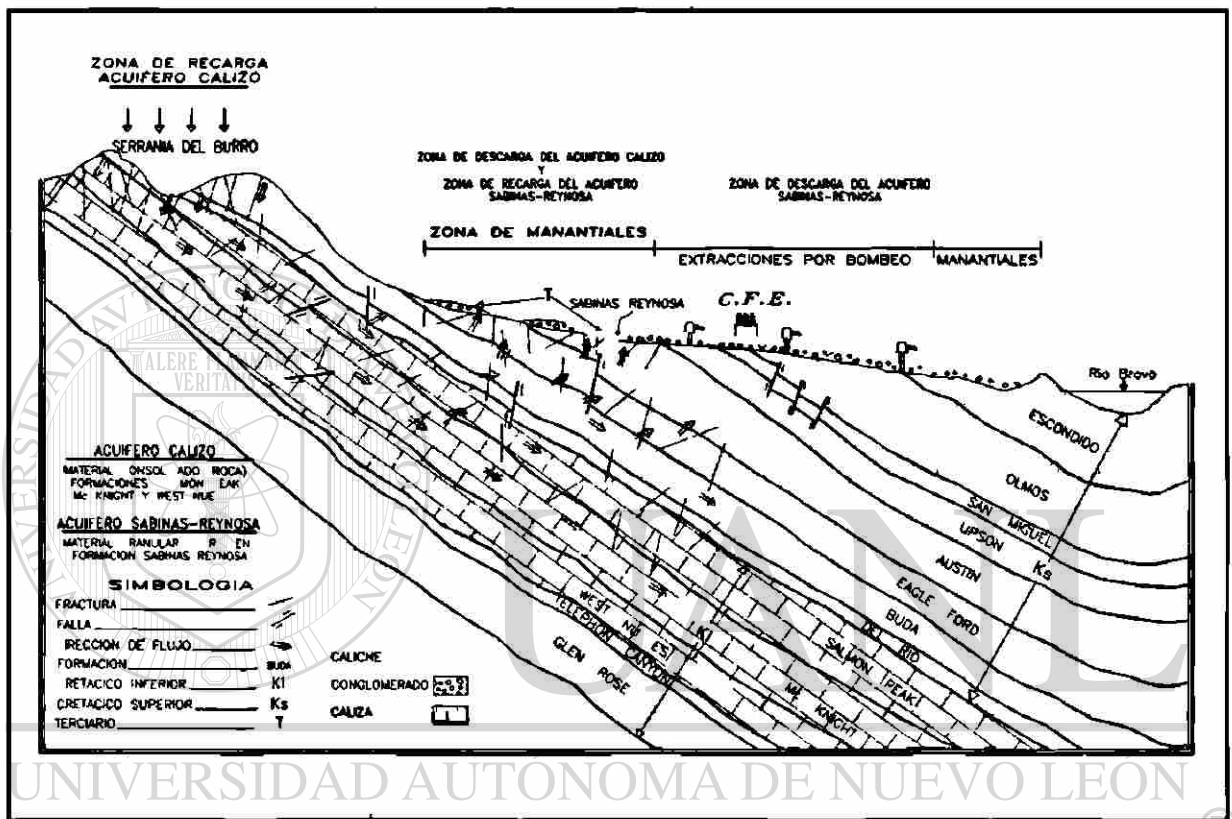
Formación Upson.- Constituida casi totalmente por lutitas que incluyen pequeños y aislados lentes de limolitas y areniscas, no presenta porosidad ni permeabilidad significativa.

2.6 El Sistema Acuífero

En el área existe un sistema acuífero integrado por material granular de relleno y material consolidado (roca).

El acuífero en material granular de relleno el más somero (acuífero Sabinas-Reynosa), está representado por la Formación Sabinas-Reynosa, de Edad Terciaria, formada en una planicie que desciende del flanco este de la Serranía del Burro hacia el Río Bravo, tiene un espesor promedio de 40 m y descansa en rocas semipermeables e impermeables del Cretácico Superior. Su recarga proviene principalmente del acuífero localizado en las calizas del Cretácico Inferior, a través de pequeñas fallas y fracturas que se manifiestan en una serie de manantiales ubicados en el flanco Este de la Serranía del Burro y por infiltración, a lo largo de los canales no revestidos, que conducen el agua

de los manantiales hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos. Así como por el retorno de riego en la zona de cultivo de los poblados antes mencionados. Su descarga se sucede por medio de manantiales que se localizan a lo largo del Río Bravo, así como en el Río Escondido y de las extracciones por bombeo de los pozos que se localizan en la planicie (Figura 6).



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 6. Sistema acuifero

El acuifero en roca (acuifero calizo), se localiza en calizas del Cretácico Inferior y está constituido por varios intervalos permeables, por disolución en estratos o fisuras, ubicados dentro de las Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak. Su zona de recarga se localiza en la Serranía del Burro, el acuifero está confinado por rocas de la Formación del Río, del Cretácico Superior. Su descarga se realiza principalmente a través de pequeñas fallas y fracturas que se manifiestan en una serie de manantiales ubicados en el flanco Este de la Serranía del Burro, considerada como la zona donde se recarga el acuifero en material granular de relleno (Acuifero Sabinas-Reynosa).

2.7 Geometría del Sistema Acuífero

La geometría del sistema acuífero se determinó con base en la descripción litológica de barrenos perforados para la exploración de carbón y agua, sondeos eléctricos verticales, registros eléctricos, corte litológico de pozos, fotogeología, verificaciones de campo, secciones geológicas y censo de aprovechamientos.

2.7.1 El Acuífero Sabinas-Reynosa

2.7.1.1 Identificación del Acuífero

La Formación Sabinas-Reynosa, está formada, en general, de conglomerado de composición calcárea y caliche, caracterizado por una gran heterogeneidad, ya que se presenta en forma masiva, lenticular con estratificación cruzada y ocasionalmente formando facies de paleocorrientes.

Desde el punto de vista litológico, el acuífero Sabinas-Reynosa se ha dividido en el sentido vertical en 3 unidades: caliche arenoso, caliche arcilloso y conglomerado. Así se distingue un acuífero superior en el caliche y un acuífero inferior en el conglomerado (Figura 7).

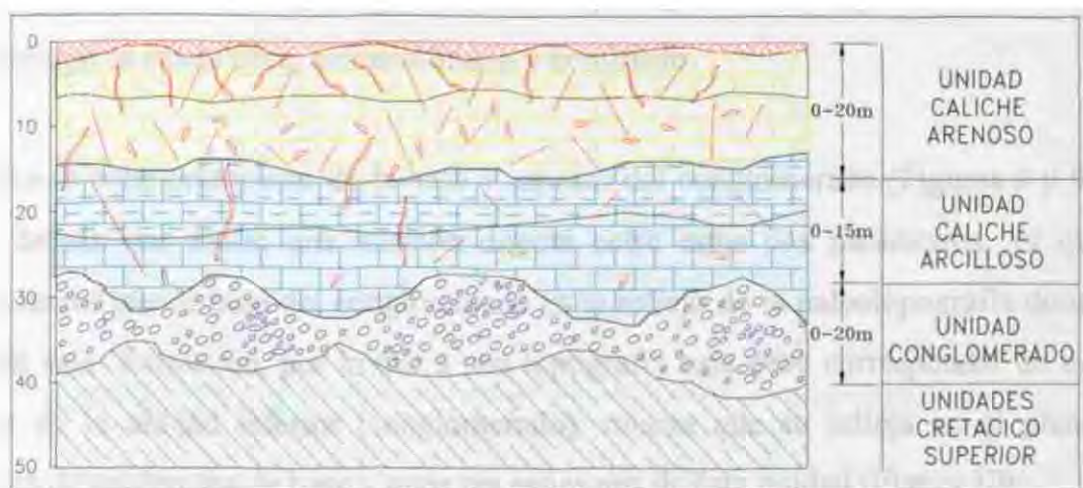


Figura 7. Esquema de clasificación por unidades de la formación Sabinas-Reynosa

Unidad de conglomerado.- Se localiza hacia la base de la formación y se caracteriza por consistir de un conglomerado poco compacto. Debido a la lixiviación parcial o total del cementante calcáreo que empaca a los sedimentos, se tiene un aumento en la permeabilidad de la formación. El espesor varía de 0 a 20 m.

Unidad de caliche arcilloso.- Se localiza en la parte media de la formación y consiste de sedimentos de granulometría, que varía desde arena de grano fino y arcillas, bien compactados y empacados en un cementante que le da las características y textura similares a una caliza; su espesor varía de 0 a 15 m.

Unidad de caliche arenoso.- Es la unidad que cubre concordantemente a las dos unidades mencionadas y consiste de una alternancia de estratos con sedimentos de granulometría, que varía de arenas y arcillas en una matriz calcárea compacta. Presenta textura de calizas en algunos sectores de la región; por su composición granulométrica presenta permeabilidad baja; sin embargo, por infiltración, flujo y ataque de agua meteórica, se produce lixiviación de los carbonatos, dándole una porosidad secundaria, que le permite almacenar pequeños volúmenes de agua que son extraídos por pozos y norias en la región. Su espesor varía de 0 a 20 m. Cabe mencionar, que en algunas ocasiones esta unidad llega a aportar la mayor parte del caudal que se extrae de los pozos que captan tanto del acuífero inferior como del superior. Asimismo se ha observado en algunos casos que éste presenta transmisividades y conductividad hidráulica superiores al conglomerado. Dada la heterogeneidad del depósito, el acuífero presenta condiciones geohidrológicas desde libre, semiconfinado y confinado.

Por el comportamiento de la base y espesor del conglomerado (Figuras 8 y 9), se puede definir que existe una relación directa entre estos dos parámetros, ya que si consideramos que la base del conglomerado es el reflejo de la paleotopografía donde se depositó esta formación, por lo que a una topografía baja debe corresponder un mayor espesor de la unidad inferior (conglomerado), misma que se refleja en el plano de dirección de tendencias de base y mayores espesores de ésta unidad (Figura 10).

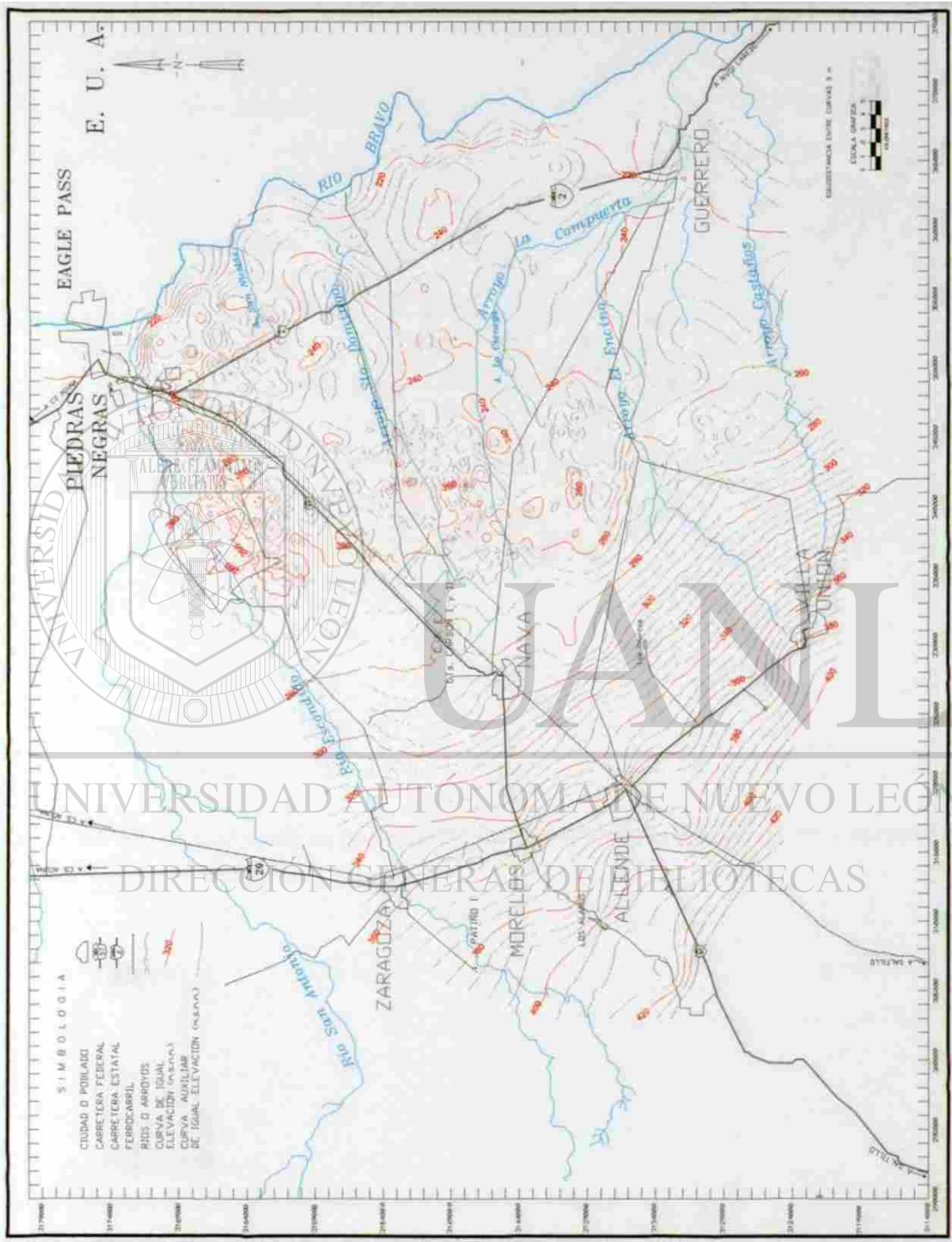


Figura 8. Comportamiento estructural base del conglomerado

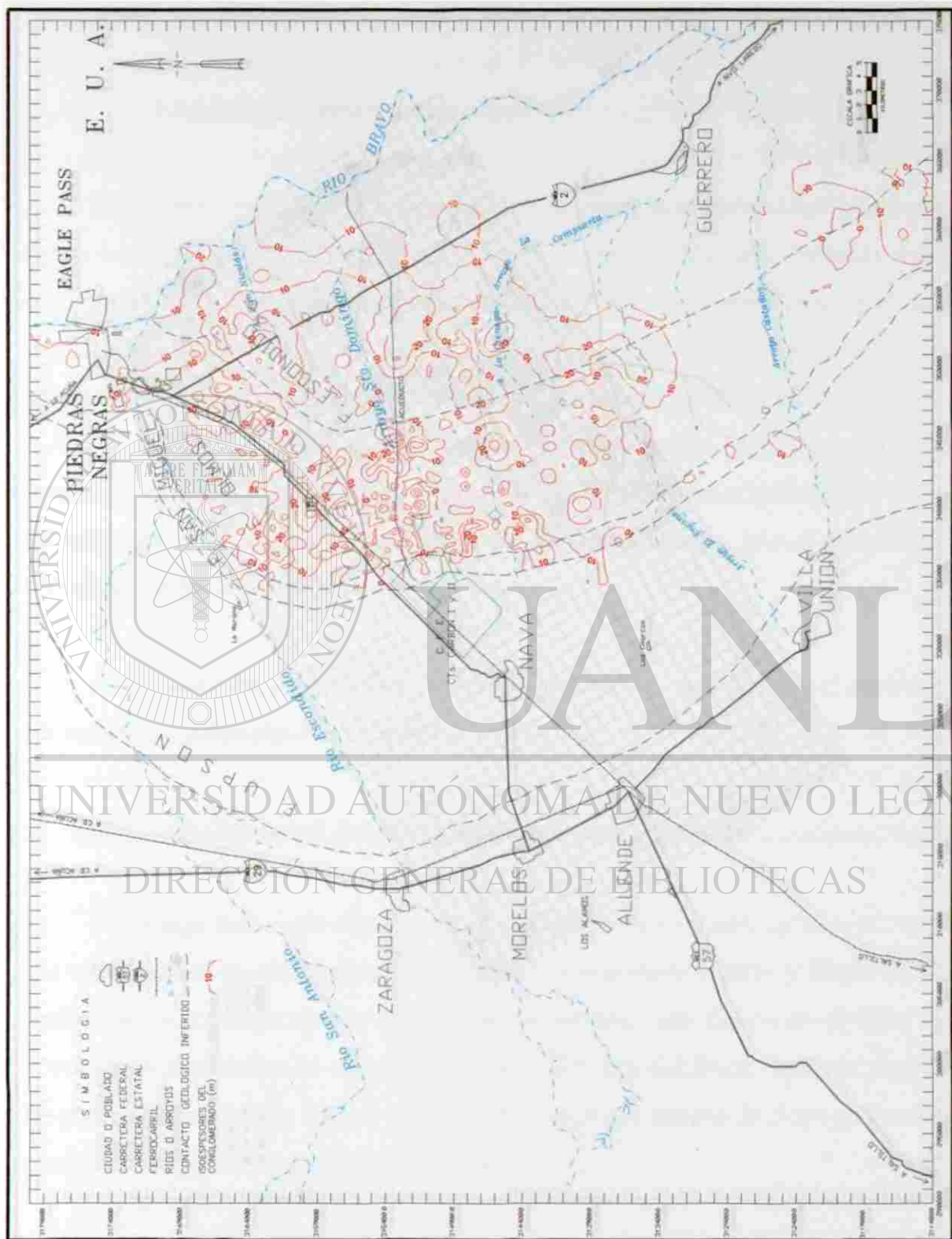


Figura 9. Isoespesores en la unidad conglomerado

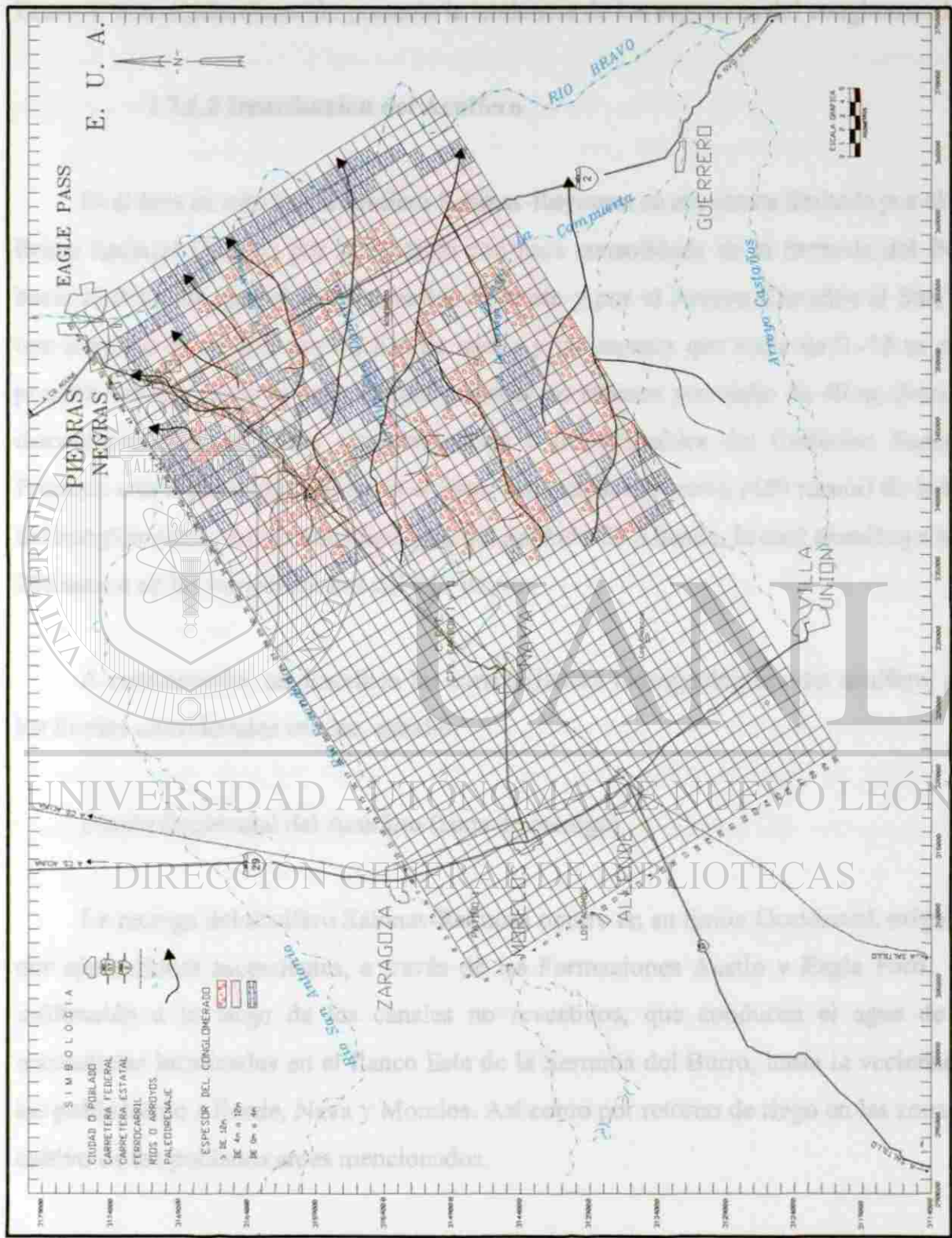


Figura 10. Tendencias de la base y espesor del conglomerado

La dirección de la de inclinación de la base del conglomerado, en forma general, es de Poniente a Oriente; se encuentran las cotas más bajas en los límites con el Río Bravo y esta misma dirección presenta la tendencia de los espesores del conglomerado.

2.7.1.2 Distribución del Acuífero

El el área en estudio, el acuífero Sabinas-Reynosa, se encuentra limitada por el Río Bravo hacia el Oriente, por el contacto con roca consolidada de la Serranía del Burro hacia el Poniente, por el Río Escondido al Norte y por el Arroyo Castaños al Sur, con una longitud de 61 Km por 43 Km de ancho y un espesor que varía de 0 -15 m en la porción Oeste y hacia la parte central presenta un espesor promedio de 40 m, descansa discordantemente en rocas semipermeables e impermeables del Cretácico Superior. Presenta una leve inclinación hacia el Este, con mayor elevación (450 msnm) de la base del conglomerado, en las inmediaciones del poblado de Allende, la cual disminuye hasta 200 msnm en las inmediaciones del Río Bravo.

A continuación, se describen las características hidrogeológicas del acuífero, para los límites considerados en este estudio.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Límite Occidental del Acuífero (zona de recarga) ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La recarga del acuífero Sabinas-Reynosa ocurre en su límite Occidental, originada por aportaciones ascendentes, a través de las Formaciones Austin y Eagle Ford, por infiltración a lo largo de los canales no revestidos, que conducen el agua de los manantiales localizados en el flanco Este de la Serranía del Burro, hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos. Así como por retorno de riego en las zonas de cultivo de los poblados antes mencionados.

De acuerdo con el censo de aprovechamientos efectuado en la zona en este sector, se localizan 23 manantiales, de los cuales 18 se ubican en la Formación Austin, 4 sobre la Formación Eagle Ford y 1 en la Formación Buda.

La principal característica de los manantiales es que su manifestación se restringe a las áreas donde las unidades son parcialmente cubiertas por un remanente de la Formación Sabinas-Reynosa, mismo que posiblemente evita que las fracturas sean selladas por un depósito de limos o precipitación de carbonatos, y permite la circulación de agua hasta el contacto, en forma de manantial.

La presencia de manantiales en la región permite establecer la existencia de flujo vertical de agua, a través de pequeñas fallas y fracturas, proveniente del acuífero calizo que componen las Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak, hasta la Formación Austin. Otra evidencia de la existencia de flujo vertical, es la presencia de turbulencia y acumulaciones de arena producidos por el agua en su salida a la superficie.

La mayoría de los manantiales en esta zona afloran en sedimentos de la Formación Austin, por lo que se empezó a formular la hipótesis, de que dichos manantiales afloran en este sector debido a su comunicación con el acuífero calizo, dicha comunicación puede realizarse por:

1.- La presencia de una gran falla que afecta toda la columna de sedimentos del Cretácico, tanto superior como Inferior, ya que existen formaciones confinantes intermedias a la Formación Austin y el acuífero en Calizas (Figura 11).

2.- La presencia de fallas y fracturas que han modificado las características petrofísicas de la columna sedimentaria y que inclusive afectan la unidad confinante, permitiendo el paso del agua de las unidades inferiores a las superiores, por medio de flujo vertical que, al tocar superficie, se manifiesta en forma de manantial, se incorpora al drenaje superficial, y da la característica de drenaje perenne a algunos de los ríos y arroyos en la región (Figura 12).

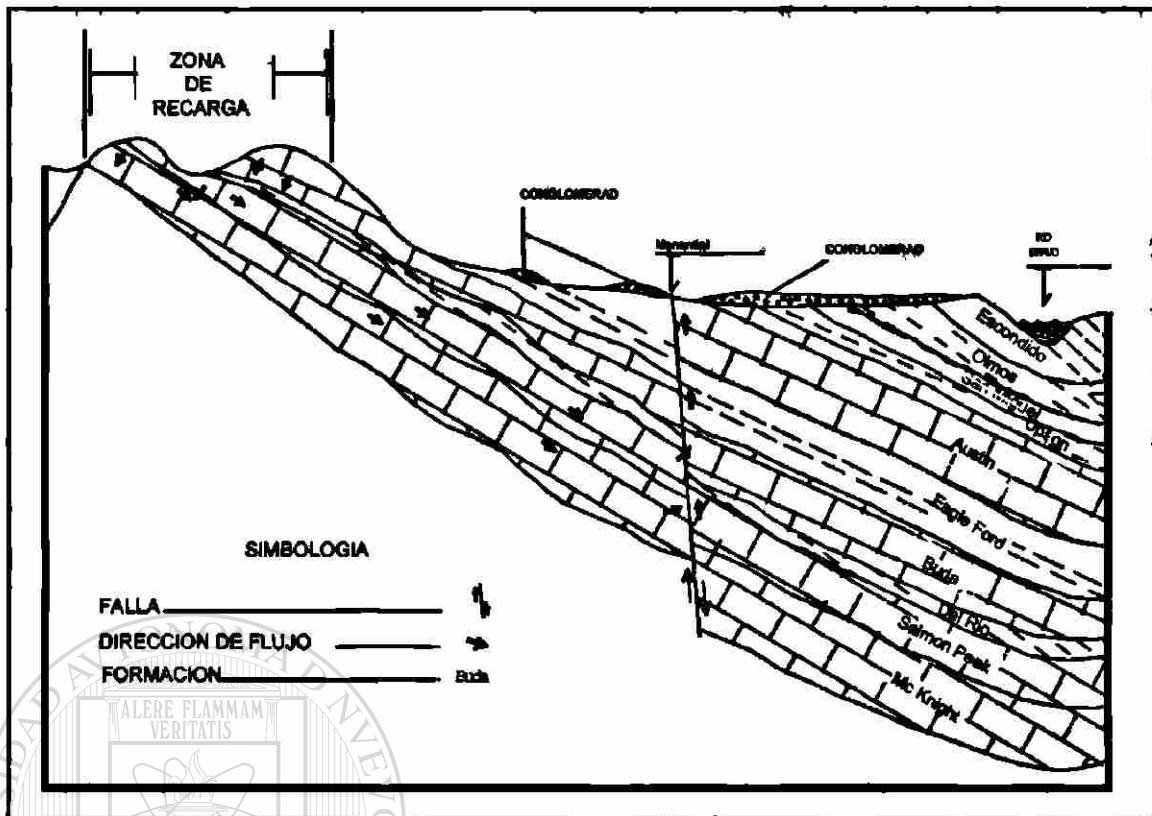


Figura 11. Hipótesis de comunicación de acuífero por falla

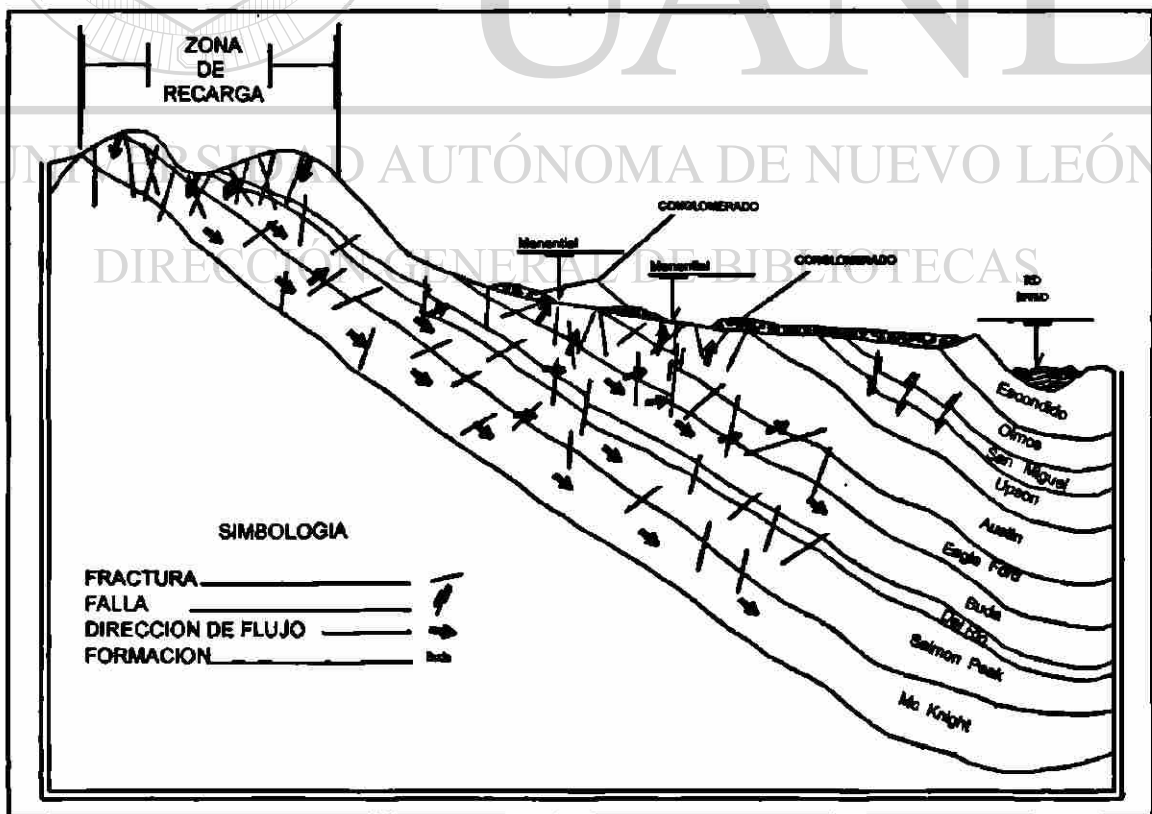


Figura 12. Hipotesis de comunicación de acuíferos por fracturamiento-fallamiento

En la Figura 11 se presenta en forma esquemática la hipótesis de la existencia de una gran falla que atraviesa la columna estratigráfica, desde la Formación Austin hasta la Formación Salmon Peak, que explica la presencia de los manantiales en la región. Sin embargo, con base en la geología regional superficial realizada para este trabajo, así como para el estudio del acuífero en calizas, los levantamientos geológicos de PEMEX en la región y trabajos antecedentes en el área, se pudo definir que no existen en el área de estudio rasgos que permitan establecer la presencia de una gran falla, la que para atravesar la columna de sedimentos de casi 800 m, debería reflejarse de alguna forma en nivel regional; Asimismo, si esto fuera la causa, los manantiales deberían seguir un lineamiento a lo largo de dicha falla.

En la Figura 12 se aprecia que la comunicación del acuífero en calizas con la Formación Austin se puede llevar a cabo por medio de una serie de estructuras, tanto de fallamiento como fracturamiento, que permite la circulación del agua a través de las capas sello intermedias a la Formación Austin y el acuífero calcáreo.

Esta teoría se considera más lógica, debido a que, con la geología regional realizada, se puede definir que existe un patrón de fracturamiento en la región con direcciones preferenciales NW-SE, mejor definido en la zona de afloramiento de las calizas. También es posible observar fallamiento sobre el cauce del Río Bravo, el Río Escondido y sobre el Arroyo Castaños cuya longitud y desplazamiento son difíciles de establecer, debido al enmascaramiento causado por el aluvión. Sin embargo, en las secciones realizadas con la información de barrenos perforados para la exploración de carbón en la cuenca de Río Escondido (Figuras 13 a 16), es posible apreciar fallamiento con desplazamiento que varía de unos cuantos centímetros hasta 40 m. Esto también se comprueba en las minas de carbón existentes en la región, como es el caso de Mina I y Mina II, donde se han encontrado fallas con desplazamientos de hasta 30 m.

Lo antes mencionado permite suponer que lo mismo puede estar ocurriendo en la profundidad, de tal forma que la comunicación del acuífero en calizas con la Formación Austin, se lleva a cabo por una serie de estructuras que le dan el carácter de

semipermeables a las unidades que por génesis y composición son consideradas como impermeables.

Límite Oriental del Acuífero (zona de descarga)

En el área de estudio, parte de la descarga del acuífero se manifiesta a través de una serie de manantiales localizados a lo largo de la margen derecha del Río Bravo y que, de acuerdo con el censo de aprovechamientos efectuado en la zona, éstos se concentran principalmente en los ejidos San Vicente, Los Rodríguez, Santo Domingo, San Ramón y Chapultepec, así como en la margen izquierda del Río Escondido, a la altura del ejido La Maroma. Se contabilizan un total de 38 manantiales.

En los manantiales, la salida del agua se lleva a cabo a través del fracturamiento de la capa de caliche, la disminución de espesor en la Formación Sabinas-Reynosa y por el cambio brusco de pendiente en la topografía hacia el Río Bravo. La distribución irregular de los manantiales en estas zonas obedece a la variación en la topografía causada por la erosión y meandricidad del Río Bravo, ocasionando una vega muy ancha, al menos entre la desembocadura del Río Escondido y el Arroyo Castaños; inclusive, se han encontrado bancos de grava semicompactada de base ígnea, que indican la erosión efectuada por un antiguo cauce del Río Bravo, sobre los depósitos de la unidad Sabinas-Reynosa.

Con base en lo definido durante el levantamiento geológico en esta porción del área, así como por lo establecido en las secciones geológicas realizadas con la información de barrenos perforados en la cuenca de Río Escondido (Figuras 13 a 16), se tiene que el origen de los manantiales en esta zona, puede deberse a que la pendiente de la base del conglomerado disminuye hacia el Río Bravo, Lo que ocasiona que exista una dirección similar de flujo subterráneo que al llegar a la zona descubierta por erosión del río, busca su salida en forma natural, sólo que los caudales de salida de agua son muy bajos, debido a que la mayor parte de la unidad, en todo este sector, está compuesta por un espesor de caliche que ofrece una barrera natural a la salida del agua (Ver figura 12).

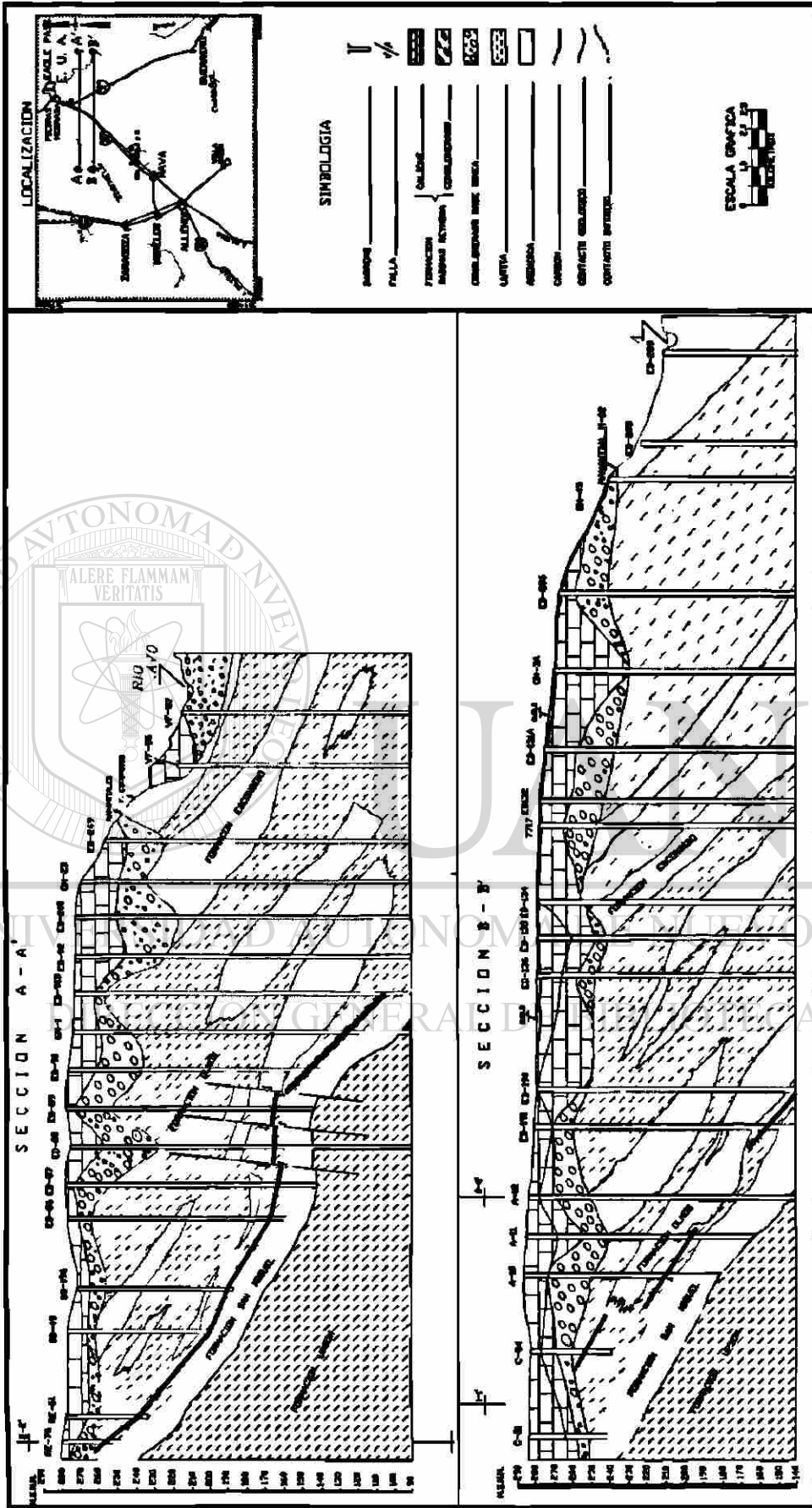


Figura 13. Secciones geológicas A-A' y B-B'

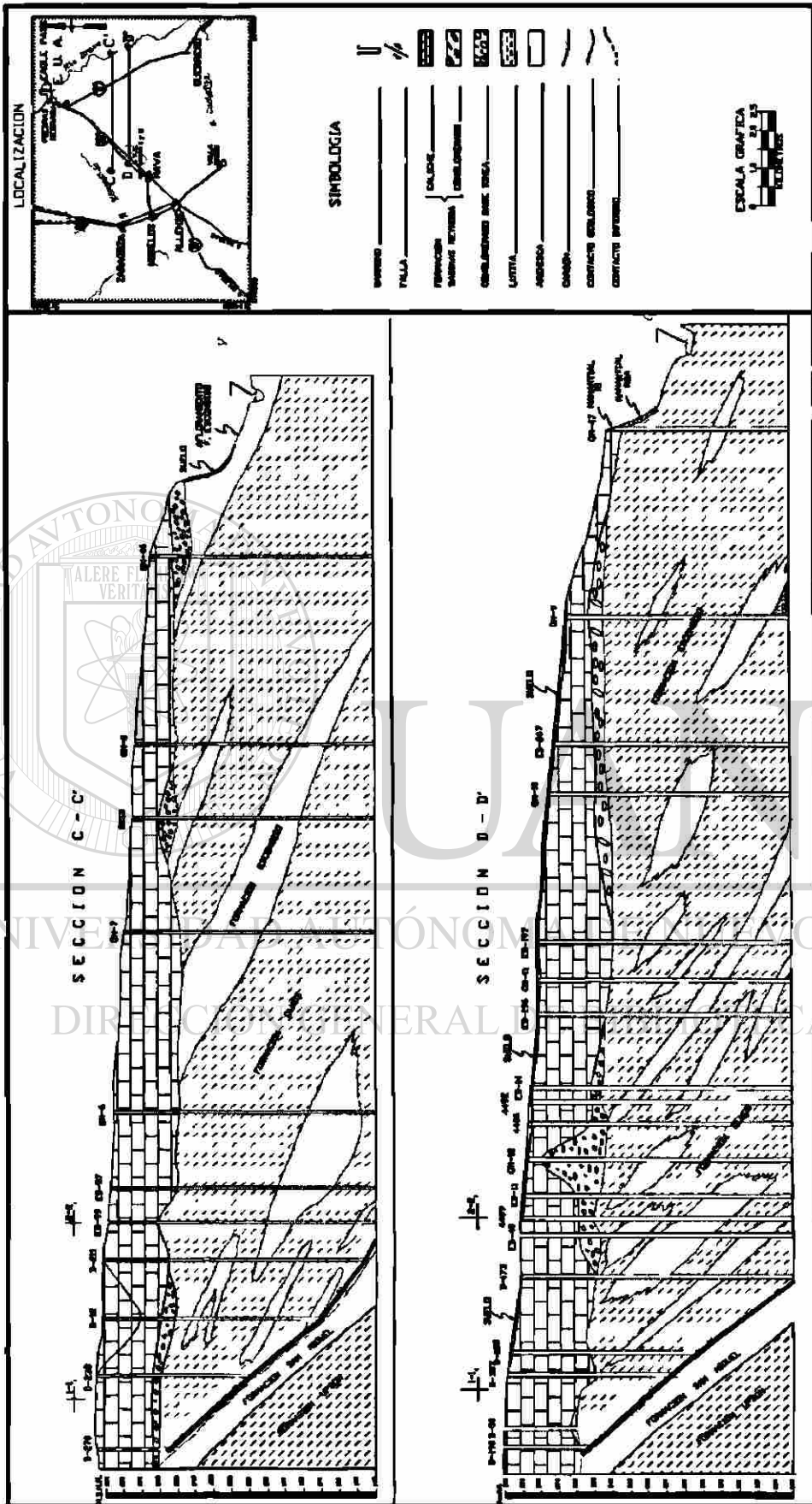


Figura 14. Secciones geológicas C-C' y D-D'

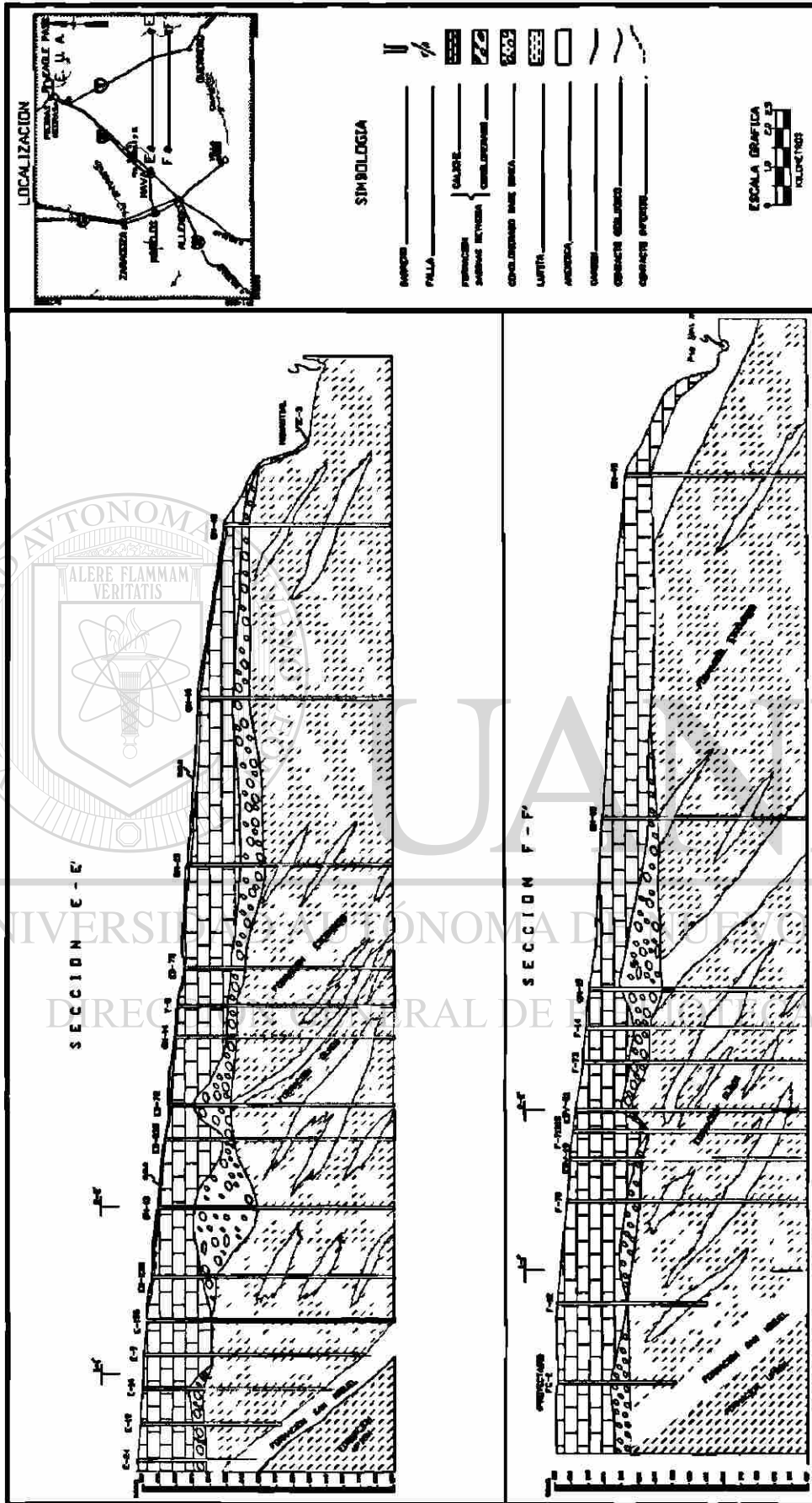


Figura 15. Secciones geológicas E-E' y F-F'

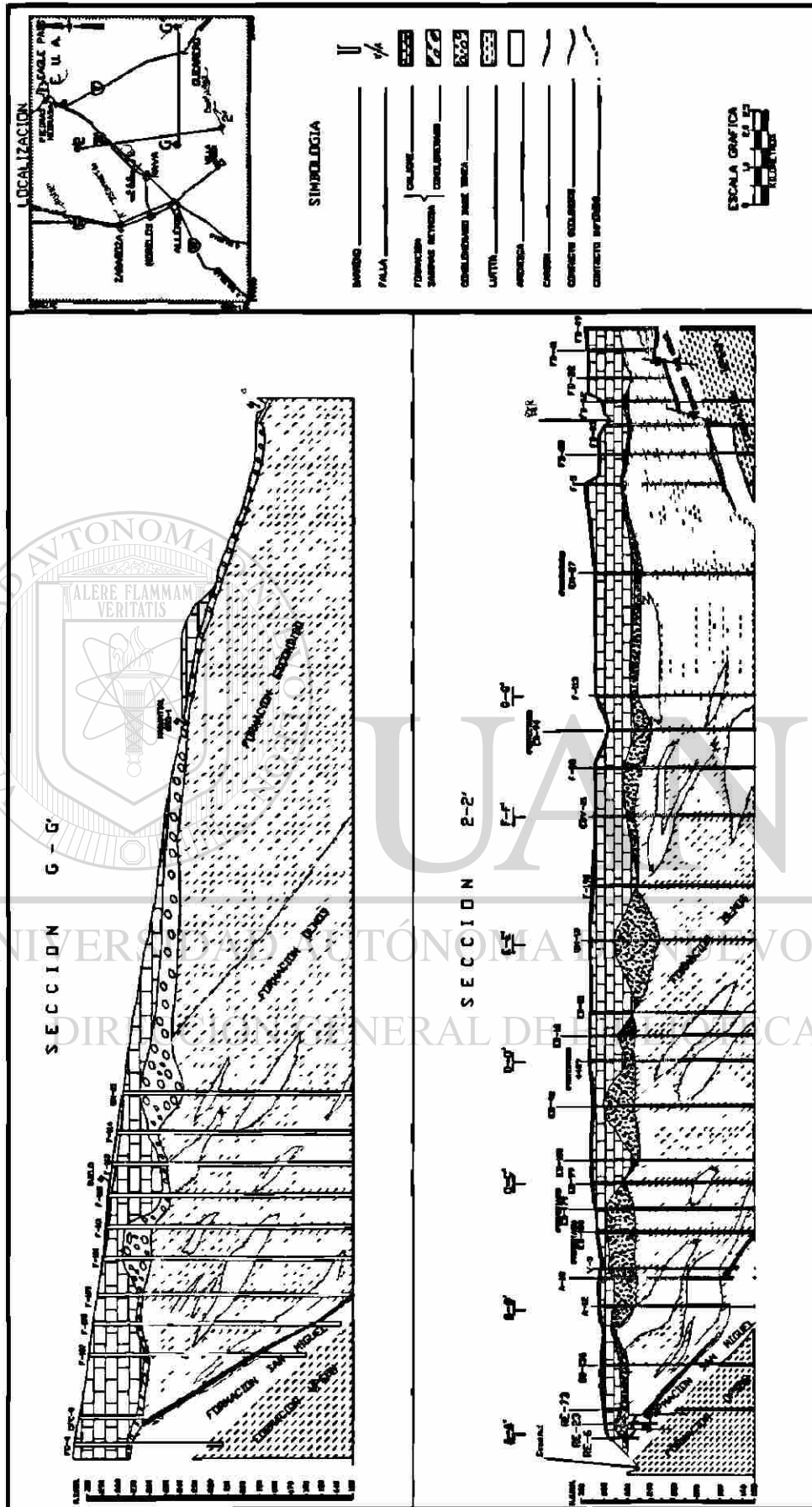


Figura 16. Secciones geológicas G-G' y 2-2'

Límite Norte (Río Escondido)

El Río Escondido nace en las estribaciones del Lomerío de Peyotes, al NE del rancho Las Conchas, tiene una longitud de aproximadamente 56 km. Transcurre inicialmente donde el terreno ha influido en la imposición de un curso de tipo subparalelo, cambiando de dirección en el valle, debido a la baja resistencia de las rocas por donde fluye. La dirección de drenaje del Río Escondido es en general de SW-NE hasta la desembocadura con el Río Bravo. Recibe agua del manantial Río Escondido, localizado 10 Km al poniente de la ciudad de Morelos (Ver Capítulo 3. Hidrología Superficial). Además, por sus márgenes a la altura del poblado de Zaragoza, recibe el aporte de los manantiales Zaragoza y El Sabino, cuya agua es conducida por canales hasta las inmediaciones del poblado antes mencionado, donde se incorpora al caudal del río, en unión con el agua proveniente de la margen izquierda, a la altura del ejido la Maroma, que se manifiesta a través de una serie de manantiales, principalmente por el denominado La Maroma; por su margen derecha recibe el desagüe de los tajos I y II de MICARE, asimismo, entre el poblado de Zaragoza y el ejido La Maroma, recibe el aporte de agua proveniente del acuífero Sabinas-Reynosa y antes de su confluencia con el Río Bravo, recibe las aportaciones tributarias del Río San Antonio. Todo ello le da el carácter de río perenne.

En su recorrido, el río tiene tres presas derivadoras: la primera denominada derivadora Patiño, se localizada a 15 Km al Suroeste del poblado Zaragoza; la segunda, denominada La Presita, ubicada en las cercanías del ejido La Maroma y, por último, la derivadora Canal Villa de Fuentes, situada en las inmediaciones del poblado del mismo nombre.

Para definir el origen de los manantiales ubicados a la altura del ejido la Maroma, sobre la margen izquierda del río, así como el comportamiento de la base y espesor del conglomerado entre el Río Escondido y el Río San Antonio, se realizó una sección con sondeos eléctricos verticales, con espaciamiento de 1 Km, en una longitud de sección de 8 Km (Camacho, 1992), Los resultados indican que la pendiente de la base del

conglomerado es hacia el Este, similar a la definida para el área con barrenos, Así mismo, se define un bajo espesor del conglomerado, por lo que de existir recarga y constituir un acuífero en este sector, éste tendría su dirección de flujo con descarga al Río Escondido.

Mediante la configuración de la base del conglomerado (Figura 8) se define que la parte de mayor elevación, se encuentra en el límite Poniente del área de estudio, por lo que la dirección de flujo del acuífero tiende a seguir la dirección preferencial establecida mediante la piezometría, en forma general, hacia el Este, con ligeras variaciones hacia el SW-NE. Esto permite establecer que el acuífero tiene descarga sobre el Río Escondido, a la altura del ejido la Maroma y zona de tajos, y las definidas casi en la desembocadura con el Río Bravo, mismas que quedan justificadas por el cambio de pendiente de la base del conglomerado que se observa en la porción Norte del plano de configuración (Figura 8). Esto fue corroborado durante el recorrido del censo de manantiales que descargan en la margen derecha del Río Escondido y los cuales se denominaron RE1, RE2, RE3 y RE4.

De acuerdo con las características que presenta el Río Escondido, se implantaron 7 secciones de aforo (3 corresponden a la derivación del mismo).

Del análisis de sus resultados (Ver Capítulo 3. Hidrología Superficial), se tiene lo siguiente: La relación río-acuífero, en la zona alta (Manantial Río Escondido-Zaragoza), no existe. En la zona baja, (entre Zaragozas-confluencia del Río San Antonio), el Río Escondido recibe aporte de agua del acuífero Sabinas-Reynosa. El Río Escondido, en la región a la altura del ejido La Maroma y zona de los tajos I y II (Sección I(3) y II(4)), se considera que tiene relación con el acuífero Sabinas-Reynosa, constituyendo una zona permeable. Lo anterior se corrobora con la configuración piezométrica efectuada en el área. La diferencia de caudales entre las secciones de aforo II(4) y III(5), se debe debido a las extracciones al río que realizan los agricultores y ganaderos en dicho sector y las posibles pérdidas por infiltración en las areniscas de la Formación San Miguel cortadas por el cauce del Río (Figura 17).

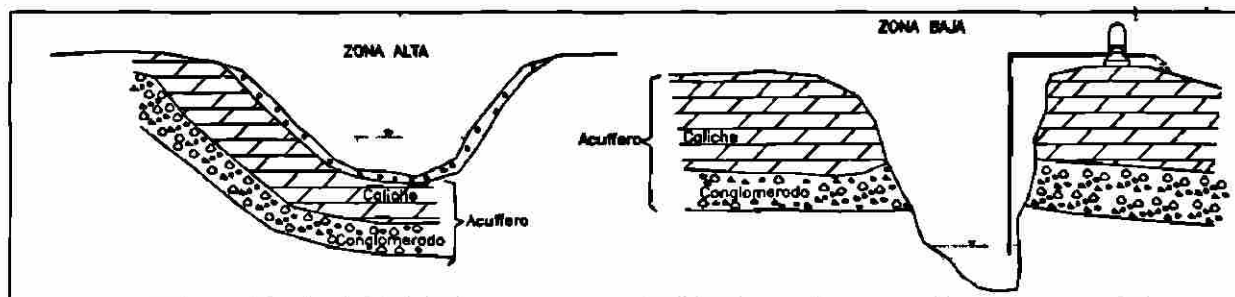


Figura 17. Relación Río Escondido-Acuífero Sabinas-Reynosa

Límite Sur (Arroyo Castaños)

Este arroyo nace al Sureste del Municipio de Villa Unión, en las estribaciones del Lomerío de Peyotes. El flujo de este arroyo es intermitente, circula sobre rocas de la Formación Austin en el Lomerío de Peyotes y en el valle sobre las Formaciones Upson, San Miguel, Olmos (por lo limitado de sus afloramientos no fueron cartografiadas en el plano geológico), Escondido y Sabinas-Reynosa.

El fracturamiento en las rocas que conforman el cauce y márgenes de este arroyo es muy intenso, particularmente en las rocas consolidadas correspondientes a la Formación Escondido. A la altura del puente Castaños, en la carretera Ribereña, se observa un pequeño desplazamiento de tipo normal, en un paquete de areniscas y lutitas de esta formación.

Durante el levantamiento geológico del Arroyo Castaños, solamente se pudo definir la existencia de afloramientos de la Formación Escondido, a lo largo de 13 Km antes de su desembocadura con el Río Bravo.

En las áreas de afloramiento de la Formación Escondido es característico un intenso fracturamiento, inclusive se observa fallamiento en algunos sectores, sólo que no es posible seguir las fallas en distancias mayores a 50 m, por lo que éstas no han sido marcadas en la cartografía; sin embargo, se deduce que el sistema de fracturamiento posiblemente se asocie a estructuras de fallamiento en el subsuelo.

Con los planos de configuración de la base del conglomerado (Figura 8) y la sección geológica 2-2' (Figura 16), se puede definir que al menos para el área donde el Arroyo Castaños cruza la cuenca carbonífera Río Escondido, la pendiente de la base del conglomerado es hacia el Este-Noreste, el drenaje del arroyo corta a sedimentos de la unidad de caliche; por lo tanto, es difícil suponer que exista aporte de agua del acuífero al arroyo. Para la zona de afloramiento de la Formación Austin (sector SW), existe captación de agua que proviene de los manantiales que abastecen el poblado de Villa Unión, que después pierde por infiltración en su recorrido hacia su descarga en el Río Bravo.

Por lo anterior, el Arroyo Castaños, en su origen o zona alta, corta a la Formación Austin Upson y San Miguel y capta agua de los manantiales que abastecen al poblado de Villa Unión. En la zona intermedia, el espesor de la unidad que contiene el acuífero es muy reducido y está compuesto por caliche. En la zona baja, en las inmediaciones al río Bravo, corta la Formación Escondido. El caudal del Arroyo Castaños, que circula en la zona alta, se pierde aguas abajo, por infiltración en las Formaciones San Miguel y Olmos (Figura 18).

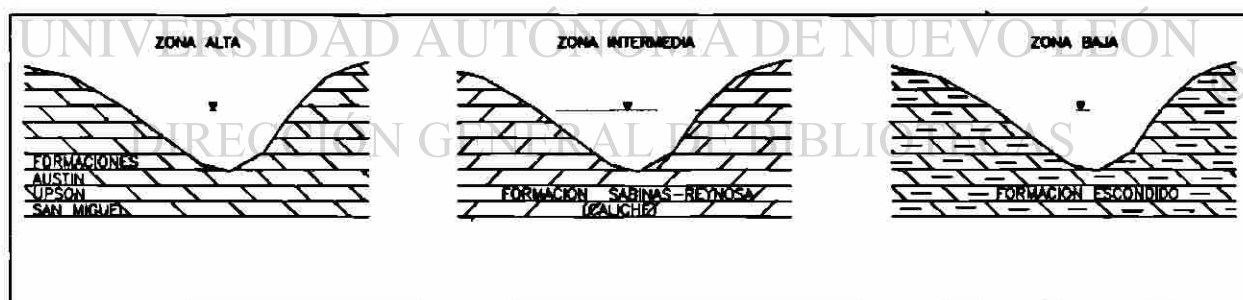


Figura 20. Relación Arroyo Castaños-Acuífero Sabinas Reynosa

El Arroyo Castaños no tiene relación con el acuífero Sabinas-Reynosa, ya que la formación que contiene el acuífero se corta por el cauce del arroyo en un sector compuesto por caliche y ausencia de conglomerado. Además, por caracterizarse por la existencia de aprovechamientos de muy bajo rendimiento.

3. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Realizar un análisis hidrológico y climatológico en un área dentro de los estudios geohidrológicos tiene como objetivo evaluar la relación o interacción entre los parámetros meteorológicos y corrientes superficiales como fuentes fundamentales que recargan o descargan al sistema acuífero.

En el presente capítulo se describe la hidrología superficial y la climatología que caracteriza a la zona de estudio. Asimismo, se presenta un análisis de la relación que guardan los manantiales que se localizan en el flanco Este de la Serranía del Burro, los ubicados a lo largo del Río Bravo, el Río Escondido y el Arroyo Castaños, con el acuífero Sabinas-Reynosa.

3.1 Hidrografía

El área en estudio forma parte de la Región Hidrológica 24, denominada Río Bravo-Conchos, particularmente de las Cuencas Río Bravo-Piedras Negras (24F) y Río Bravo-Nuevo Laredo (24E). Ver figura 19.

La Cuenca Río Bravo-Piedras Negras está constituida por cuatro subcuencas que de norte a sur son: Río Bravo-Río Las Vacas, Río Bravo-Río San Diego, Río Bravo-Río San Rodrigo y Río Bravo-Río San Antonio. El conjunto cubre una superficie de 9 600 Km² (Plano 2).

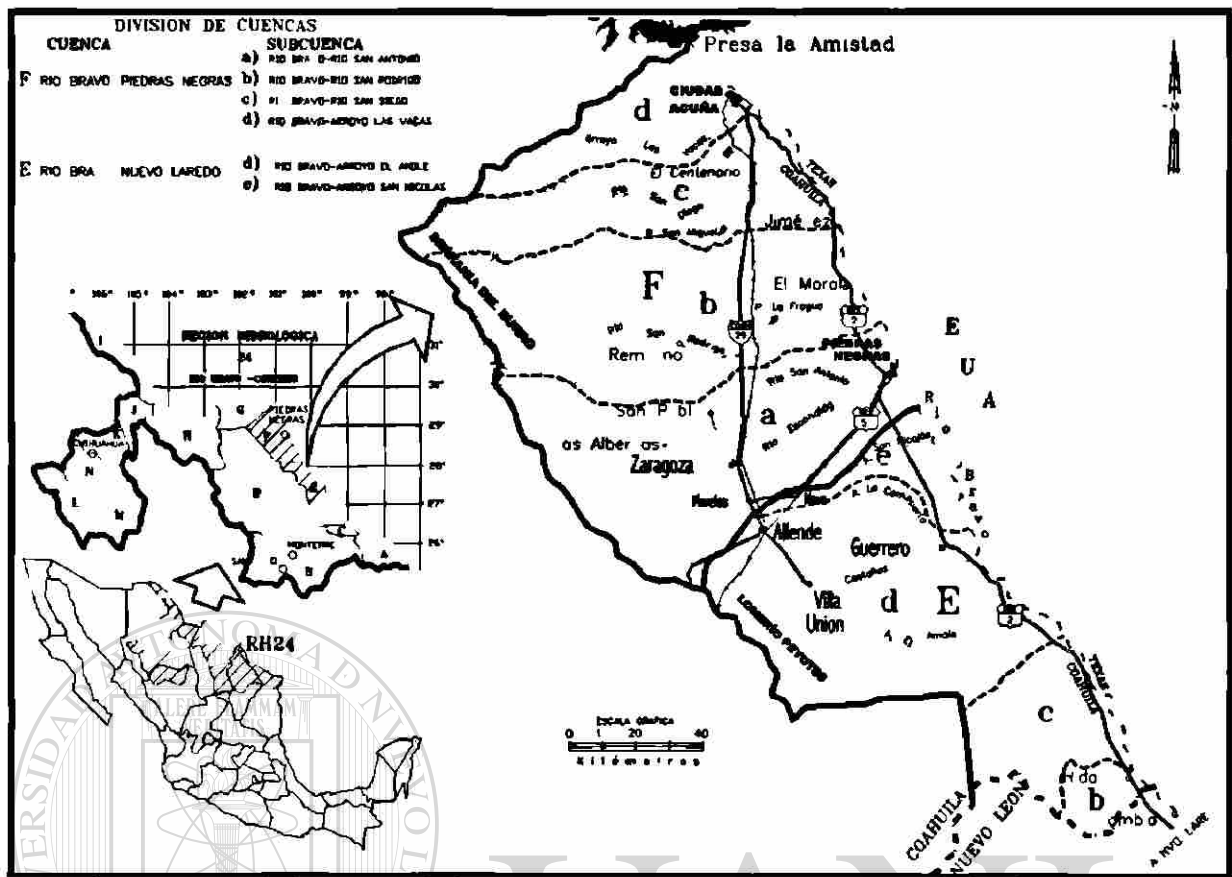


Figura 19. Localización de cuencas hidrológicas

La Cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo, esta constituida por dos subcuencas que de norte a sur son: Río Bravo-Arroyo San Nicolás y Río Bravo-Arroyo El Amole. Cubren una superficie de 4 161 Km².

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nota.- Aquí el autor está asumiendo la responsabilidad al ajustar el nombre de Río Las Vacas, en lugar de Arroyo las Vacas, por considerarlo más apropiado, de acuerdo con la definición de Arroyo y Río; toda vez que éste tiene un régimen perenne, en lo cual estriba la diferencia entre uno y otro.

3.1.1 Análisis de las Subcuencas.

Subcuenca Río Bravo-Río Las Vacas (24Fd).

La máxima elevación es de 1330 metros sobre el nivel del mar (msnm), en las estribaciones de la Serranía del Burro y la mínima es de 260 m.s.n.m en las riveras del Río Bravo. Las pendientes observadas son de 21% en la sierra y de 4.5% en la planicie. La corriente de mayor importancia es el Río Las Vacas, de régimen perenne y de la cual toma su nombre la subcuenca.

Los límites se definen con base en el sistema de drenaje, ya que no se presentan elevaciones topográficas significativas que pudieran definir un parteaguas. De ahí se tiene que esta subcuenca limita al Norte con la Cuenca "G" de la misma Región Hidrológica 24 y al Sur con la subcuenca Río Bravo-Río San Diego. Su límite suroeste está en la Cuenca D, Presa Falcón- Río Salado, de la misma Región Hidrológica 24.

Subcuenca Río Bravo-Río San Diego (24Fc).

La máxima elevación se tiene en las estribaciones de la Serranía del Burro, con 1450 msnm., mientras que la mínima, de 250 msnm, se presenta en las riveras del Río Bravo. La pendiente mayor es de 6.3 % y se presenta en la sierra, mientras que la menor pendiente es de 0.4 % en las inmediaciones del Río Bravo. La corriente de mayor importancia es el Río San Diego, de régimen perenne, de donde toma su nombre la subcuenca. El Río San Diego tiene como tributario importante al Río Los Árboles. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Esta subcuenca se encuentra limitada al Norte por la Subcuenca Río Bravo-Río Las Vacas y al sur por la subcuenca Río Bravo-Río San Rodrigo. Su límite suroeste es la cuenca D Presa Falcón-Río Salado, de la misma Región Hidrológica 24.

Subcuenca Río Bravo-Río San Rodrigo(24Fb).

La máxima elevación se tiene en las estribaciones de la Sierra del Burro, con una altitud de 1280 msnm, mientras que la mínima elevación, de 245 msnm, se tiene en las riveras del Río Bravo. La mayor pendiente es de 20% y se tiene en lo intrincado de la sierra; la menor pendiente es de 3.8% y se tiene en la planicie del valle. La mayor

corriente es el Río San Rodrigo, de la cual toma su nombre la subcuenca, de régimen perenne.

Esta subcuenca limita al norte con la subcuenca Río Bravo-Río San Diego y al sur con la subcuenca Río Bravo- Río San Antonio. Su límite suroeste es la cuenca D Presa Falcón- Río Salado de la misma Región Hidrológica 24.

Subcuenca Río Bravo-Río San Antonio (24Fa).

La máxima elevación es de 1020 msnm, en las estribaciones de la serranía del Burro, mientras que la mínima elevación es de 220 m en las márgenes del Río Bravo. La pendiente promedio es de 4.5 %. Las mayores corrientes son el Río Escondido de cauce angosto, de régimen perenne, el cual recibe por su margen izquierda las aportaciones del Río San Antonio, de régimen perenne, del que toma su nombre esta subcuenca.

Tiene sus límites al norte con la subcuenca Río Bravo-Río San Rodrigo y al sur con la subcuenca Río Bravo-Arroyo San Nicolás, de la cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo.

Subcuenca Río Bravo-Arroyo San Nicolás (24Ee)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Forma parte de la Cuenca 24E Río-Bravo-Nuevo Laredo. Las corrientes de mayor importancia son los Arroyo San Nicolás, de donde toma su nombre esta subcuenca y el Arroyo Santo Domingo. Ambas de régimen intermitente.

La máxima elevación es de 450 msnm en la Serranía del Burro y la mínima elevación es de 215 msnm en las márgenes del Río Bravo.

Subcuenca Río Bravo-Arroyo El Amole (24Ed)

El área de estudio sólo abarca una pequeña porción de esta subcuenca; comprende los arroyos: Castaños, El Encino, La Ciénaga, y Compuertas, todos ellos de régimen intermitente. El Arroyo Castaños es el de mayor importancia en el estudio, ya que representa el límite sur del acuífero Sabinas-Reynosa.

Todas las subcuencas anteriores drenan sus aguas hacia el Río Bravo, el cual es la corriente superficial más importante de la región.

En general, el drenaje en las estribaciones de la Serranía del Burro es del tipo dendrítico-subdendrítico, cambiando a subparalelo, en las partes más bajas.

El Río Bravo tiene orientación de NW a SE mientras que las corrientes principales están orientadas Oeste-Este.

Asimismo, en la zona existe una serie de manantiales localizados al Oeste de los poblados de Zaragoza, Morelos, Allende y Villa Unión, en la margen izquierda del Río Escondido, a la altura del ejido La Maroma, así como a lo largo del Río Bravo, entre los poblados de Piedras Negras y Guerrero.

Además, existen obras almacenadoras importantes, como las presas La Amistad, La Fragua, Centenario, y San Miguel, con una capacidad de 7 050, 45, 26 y 20 de millones de m³ respectivamente.

3.2 Climatología

El área de estudio se ubica al Este de la barrera orográfica de la Sierra Madre, en la que los climas que se presentan son húmedos y cálidos, con una gran influencia marítima notable que corresponde a las Grandes Llanuras de Norteamérica.

Con el fin de establecer los parámetros para la determinación de la climatología en el área de estudio, se recopiló información meteorológica de las estaciones climatológicas existentes en la región (Plano 3).

- Presa La Amistad (Abajo)
- Ciudad Acuña
- Palestina
- Jiménez
- Presa San Miguel
- El Remolino
- Piedras Negras
- El Tule
- Zaragoza
- Allende
- Guerrero
- El Treinta

En la mayoría de ellas, la información de precipitación y temperatura se encontraba incompleta (solo la Estación Presa Amistad Abajo, Acuña, Jiménez, Piedras Negras y Guerrero tienen la información completa 1966/1990) por lo que se hizo necesario generar la información faltante con el auxilio del programa de computación NORMAL2, elaborado por el Departamento de Geohidrología de la CFE. Asimismo, para generar la información faltante en otra área dentro del tema de climatología e hidrografía, se hizo uso de otros paquetes de computación.

DEPDAT Que depura la información.

NORMAL2 Como ya se mencionó genera estadísticamente información no existente.

THEIS Obtiene el promedio por área de influencia del parámetro por analizar (precipitación) utilizando la metodología de los polígonos de Thiessen.

THORN Calcula los valores de evapotranspiración potencial de acuerdo con la metodología de Thornthwaite.

3.2.1 Clima

El clima predominante en el área es el de tipo semiseco-semicálido (INEGI 1983), la precipitación se concentra en verano y ocasionalmente en invierno, con un promedio de 528.75 mm y temperatura media de 21.4°C.

3.2.1.1 Precipitación.

Con datos obtenidos de las estaciones climatológicas descritas anteriormente, utilizando el periodo 1966 a 1990 y aplicando el programa computacional THEIS, se calculó la precipitación media anual. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Subcuenca	Precipitación Media Anual en mm
Río Bravo-Río Las Vacas	498.24
Río Bravo-Río San Diego	582.42
Río Bravo-Río San Rodrigo	620.70
Río Bravo-Río San Antonio	605.52
Río Bravo-Arroyo El Amolé	589.10

Esta última incluye la subcuenca Río Bravo-Arroyo San Nicolás.

Se observa un régimen de precipitación con mayores volúmenes en verano y en algunas ocasiones en invierno. De acuerdo con la precipitación media mensual, los meses de mayor lluvia son de mayo a octubre y el periodo seco de noviembre a abril.

En el plano 3 se muestra la distribución de la precipitación en la región, presentando las gráficas con la precipitación media anual de las estaciones climatológicas (excepto la del Tule).

No se presenta un plano con las isoyetas, dado que la precipitación no es representativa, por existir los tres tipos de lluvia: convectiva, de frente (frío o caliente) y orográficas por lo que se decidió la presentación del plano con las gráficas.

En el verano, época en la que se presentan con mayor frecuencia los huracanes en el Golfo de México, el aire cálido y húmedo marino es impulsado hacia el continente, y al que al topar con los sistemas orográficos asciende y se enfría condensándose y produciéndose precipitaciones intensas y de duración moderada.

En el invierno se tiene la invasión de masas de aire polar ártico sobre la masa de aire cálido-húmedo, desarrollándose frentes en los cuales el aire cálido asciende sobre el aire frío, condensando al ascender y originándose lluvias de poca intensidad y larga duración.

3.2.1.2 Temperatura.

La distribución de las isotermas se muestra en el plano 3. Para las subcuencas se obtuvo en general una misma temperatura. El promedio anual es de 22.77.

La temperatura media mensual varía de 10° a 30°C con mínimas en el mes de enero (-5 °C) a máximos (42 °C) en julio, el periodo de calor es de mayo a septiembre y el de frío de octubre a abril.

En el mismo plano se presentan las gráficas de temperatura, mostrando las temperaturas mínima, máxima y media de algunas de las estaciones climatológicas.

Del análisis realizado se desprende la explicación de las características locales de clima seco, lo que se debe a que en las épocas en se presentan los mayores volúmenes de precipitación, las temperaturas son elevadas, facilitando la evapotranspiración. Estos volúmenes se trasladan a la atmósfera y se transportan a la región montañosa de la Serranía del Burro, por las corrientes de aire provenientes del NE, dejando el área sin humedad.

3.2.1.3. Evapotranspiración

Con el objeto de evaluar los volúmenes evapotranspirados que son trasladados a la atmósfera y de ahí a las porciones elevadas de la Serranía se utilizó el Programa Computacional THORN. La evapotranspiración potencial para las subcuencas analizadas es en general la misma, con un promedio anual de 1333.32 mm.

3.3 Hidrometría

La relación agua superficial-agua subterránea es importante para establecer la recarga o descarga de las corrientes superficiales al acuífero y definir el tipo de frontera que estas mismas representan para el mismo.

3.3.1 Ríos

Desde 1986 se han realizado en el área de interés, observaciones de los Ríos Bravo, Escondido y San Antonio, así como del Arroyo Castaños. Especialmente por su importancia, en el Río Escondido se han establecido secciones de aforo para su medición sistemática.

La primera condición para que un río recargue a un acuífero es que la elevación de la superficie de su caudal sea mayor que la elevación del agua subterránea en el acuífero. En el caso del Río Bravo, la elevación de la superficie del agua es menor que la del acuífero, por lo que el río no tiene relación con el acuífero.

El Arroyo Castaños no tiene relación con el acuífero Sabinas-Reynosa, ya que la formación que contiene el acuífero se corta por el cauce del arroyo en un sector compuesto por caliche y no de conglomerado. Además, por la existencia de aprovechamientos de muy bajo rendimiento.

El caudal del Río Escondido se inicia a 10 Km al poniente del poblado de Morelos, en el manantial Río Escondido. Además, por sus márgenes a la altura del poblado de Zaragoza, recibe el aporte de los manantiales Zaragoza y El Sabino, cuya agua es conducida por canales hasta las inmediaciones del poblado antes mencionado, donde se incorpora al caudal del río, en conjunto con el agua proveniente de la margen izquierda a la altura del ejido la Maroma, que se manifiesta a través de una serie de manantiales. Principalmente por el denominado La Maroma; por su margen derecha recibe el desagüe de los Tajos I y II de MICARE, asimismo, entre el poblado de Zaragoza y el ejido La

Maroma, recibe el aporte de agua proveniente del acuífero Sabinas-Reynosa y antes de su confluencia con el Río Bravo, recibe las aportaciones tributarias del Río San Antonio. Todo ello le da el carácter de río perenne.

El Río Escondido tiene tres presas derivadoras; La primera denominada derivadora Patiño, se localiza a 15 Km al Suroeste del poblado Zaragoza. La segunda, denominada La Presita, ubicada en las cercanías del ejido La Maroma y por último la derivadora Canal Villa de Fuente, situada en las inmediaciones del poblado del mismo nombre.

De acuerdo con las características que presenta el Río Escondido, se implantaron 7 secciones de aforo (3 corresponden a la derivación del mismo). A continuación se presenta el análisis de sus resultados (Ver plano 2 y tabla 2).

SECCION DE AFORO	CAUDAL MEDIO ANUAL EN METROS CUBICOS POR SEGUNDO										
	1986	1987	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	PROMEDIO
SECCION I	0.679	0.477	0.476	0.594	0.443	0.139	0.026	0.072	0.270	0.350	0.320
SECCION II	1.397	1.528	0.876	1.321	1.148	0.750	0.271	0.259	0.538	0.615	0.791
SECCION III	1.272	1.141	0.651	1.180	1.237	0.431	0.211	0.209	0.319	0.326	0.634
SECCION IV				0.277	0.302	0.059	0.015	0.026	0.059	0.045	0.098
SECCION V (1a. DERIVADORA)			0.158	0.157	0.210	0.059	0.069	0.072	0.126	0.159	0.112
SECCION VI (2a. DERIVADORA)	0.532	0.824	0.406	0.314	0.310	0.233	0.159	0.144	0.333	0.319	0.325
SECCION VII (3a. DERIVADORA)			0.475	0.598	0.492						0.521
SECCION VIII						0.063	0.076	0.096	0.154	0.185	0.095

LAS SECCIONES V, VI Y VII CORRESPONDEN A LAS DERIVADORAS PATIÑO, LA PRESITA (LA MAROMA) Y CANAL VILLA DE FUENTE RESPECTIVAMENTE.
 LAS SECCIONES II Y VII CORRESPONDEN A LAS DERIVADORAS LA PRESITA (LA MAROMA) Y PATIÑO RESPECTIVAMENTE.
 EN 1994, SE IMPLEMENTO UNA NUEVA SECCION DE AFORO AL RIO ESCONDIDO, DENOMINADA SECCION VIII
 LA SECCION VI (CANAL VILLA DE FUENTE) A PARTIR DE 1994 FUE ELIMINADA.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 2. Resultados del aforo del Río Escondido

No existe relación río-acuífero, en la zona alta (Manantial Río Escondido-Zaragoza), la diferencia de caudales entre las secciones de aforo IV a I son los sobrantes de los manantiales de Zaragoza y El Sabino. En la zona baja (Zaragoza-confluencia del Río San Antonio) el Río recibe aporte de agua del acuífero Sabinas-Reynosa. El Río Escondido en la región, a la altura del ejido La Maroma y zona de Tajos I y II (Sección I y II), se considera que tiene relación con el acuífero Sabinas-Reynosa, constituyendo una zona permeable. Lo anterior se corrobora con la configuración piezométrica efectuadas en el área. La diferencia de caudales entre las secciones de aforo II y III, se debe a las extracciones al río que realizan los agricultores y ganaderos en dicho sector y

las posibles pérdidas por infiltración en las areniscas de la Formación San Miguel, que atraviesa el cauce del río

Es importante señalar que, de acuerdo con los aforos y recorridos de campo efectuados al río, de 1994 a 1998, se ha observado que entre las secciones I y II, ha disminuido el aporte de agua del acuífero al río, principalmente por su margen derecha.

3.3.2 Manantiales

3.3.2.1 Zona de Recarga

La recarga del acuífero Sabinas-Reynosa ocurre en su límite Occidental, originada por aportaciones ascendentes, a través de las Formaciones Austin y Eagle Ford, por infiltración a lo largo de los canales no revestidos, que conducen el agua de los manantiales localizados en el flanco Este de la Serranía del Burro, hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos. Así como por retorno de riego en las zonas de cultivo de los poblados antes mencionados.

De acuerdo con el censo de aprovechamientos efectuado en la zona, en este sector se localizan 23 manantiales, de los cuales 18 se ubican en la Formación Austin, 4 sobre la Formación Eagle Ford y 1 en la Formación Buda.

Desde 1979, la CFE realiza en el área de interés el aforo sistemático de los manantiales que son considerados de mayor importancia en la zona (Ver plano 2 y tabla 3).

MANANTIAL	CAUDAL MEDIO ANUAL EN METROS CUBICOS POR SEGUNDO														
	1979	1980	1986	1987	1988	1989	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	PROMEDIO
NAVA	1.808	1.548	1.488	1.527	1.488	1.347	1.688	1.708	1.814	1.478	1.837	1.237	1.824	1.888	1.445
CHAMACUEROS						0.128	0.188	0.208	0.124	0.088	0.838	0.038	0.878	0.084	0.191
ZARAGOZA (Anterior I y II)	1.778	1.370	2.328	2.388	1.888	1.728	1.822	1.488	1.470	0.844	0.287	0.884	1.281	1.488	1.443
MORELOS (Las Comarcas)	1.238	1.088	1.488	1.438	1.228	1.032	1.814	1.508	1.188	0.832	0.888	0.882	1.528	1.128	1.170
ALLENDE	1.370	1.138	1.213	1.171	1.121	1.288	1.814	1.484	1.348	1.288	1.128	1.177	1.283	1.288	1.288
EL SABINO	0.412	0.447	0.822	0.428	0.288	0.418	0.514	0.834	0.381	0.388	0.379	0.387	0.488	0.483	0.431
SAN ESTEBAN						0.871	0.888	0.888	0.888	0.887	0.887	0.881	0.888	0.882	0.878
VILLA UNION I (La Oñega)					0.888	0.888	0.121	0.188	0.119	0.888	0.871	0.878	0.113	0.138	0.181
VILLA UNION II (Segua)						0.288	0.348	0.313	0.188	0.233	0.274	0.284	0.288	0.288	0.284
SANTA ANA						0.158	0.188	0.182	0.182	0.188	0.188	0.112	0.188	0.181	0.143
PALMIRAS (La Luz)						0.181	0.182	0.124	0.123	0.107	0.128	0.188	0.188	0.188	0.188
AZUFROSA						0.107	0.082	0.103	0.088	0.820	0.037	0.043	0.872	0.878	0.872
LOS OJITOS						0.138	0.143	0.138	0.872	0.888	0.882	0.138	0.128	0.128	0.138
GUADALUPE I						0.211	0.213	0.282	0.148	0.888	0.128	0.177	0.178	0.178	0.178
GUADALUPE II						0.308	0.378	0.281	0.228	0.197	0.238	0.288	0.488	0.488	0.282
TOTAL MEDIA ANUAL	6.888	6.087	7.137	6.784	6.681	6.110	6.881	7.888	6.647	5.887	4.422	4.887	7.340	7.888	6.388

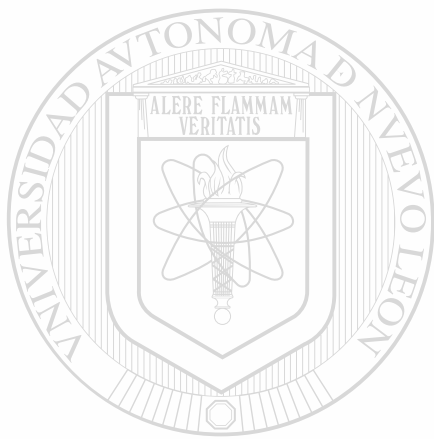
Tabla 3. Caudal medio anual de los manantiales localizados al este de la Serranía del Burro

De estos, el grupo de manantiales que aportan los mayores caudales son Nava, Zaragoza, Morelos, y Allende, con un caudal medio anual de 1.00 a 1.50 m³/s, le siguen en orden de importancia los manantiales El Sabino, Villa Unión II y Guadalupe II con, un caudal medio anual de 0.25 a 0.45 m³/s, y por último, los que no rebasan los 0.25 m³/s, San Esteban, Villa Unión I, Santa Ana, Palmiras, Chamacueros, Azufrosa, Los Ojitos y Guadalupe I. El volumen total medio anual aportado por los manantiales es del orden de 6.35 m³/s.

Con el propósito de explicar apropiadamente el comportamiento de los manantiales, en la figura 20 se presentan hidrogramas que muestran la variación de sus caudales, de 1979 a 1998, comparados con la precipitación media anual para el mismo período, obtenida de las estaciones climatológicas de Piedras Negras, Allende, Zaragoza, C.T. Río Escondido y Guerrero; que aunque éstas se encuentran ubicadas hacia el valle, las lluvias que se registran en ellas reflejan una clara relación con los caudales aforados en los manantiales; es decir, existe una correspondencia cíclica, ya que es evidente que en los años donde se registraron precipitaciones abundantes (períodos húmedos), los manantiales aumentaron sus caudales en forma considerable y aquellos donde la precipitación fue baja (períodos secos) se dio un descenso claro de caudales. Así se puede apreciar que en los años de 1993 a 1995 se registra un fuerte descenso en las magnitudes de sus caudales, debido a la baja recarga proveniente de la Serranía del

Burro. Se inició la recuperación de éstos a mediados de 1995 (Ver Capítulo 4. Hidrología Subterránea).

Por otro lado, es importante mencionar que el caudal medio anual registrado en el manantial El Remolino es del orden de $1.00 \text{ m}^3/\text{s}$, en tanto que el caudal medio estimado por la Comisión Nacional del Agua y (CNA) y la Comisión Internacional de Límites y Agua (CILA), para el manantial Las Cabeceras, es del orden de los $2.50 \text{ m}^3/\text{s}$. Estos son los principales aportadores del caudal de los Ríos San Diego y San Rodrigo, respectivamente.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

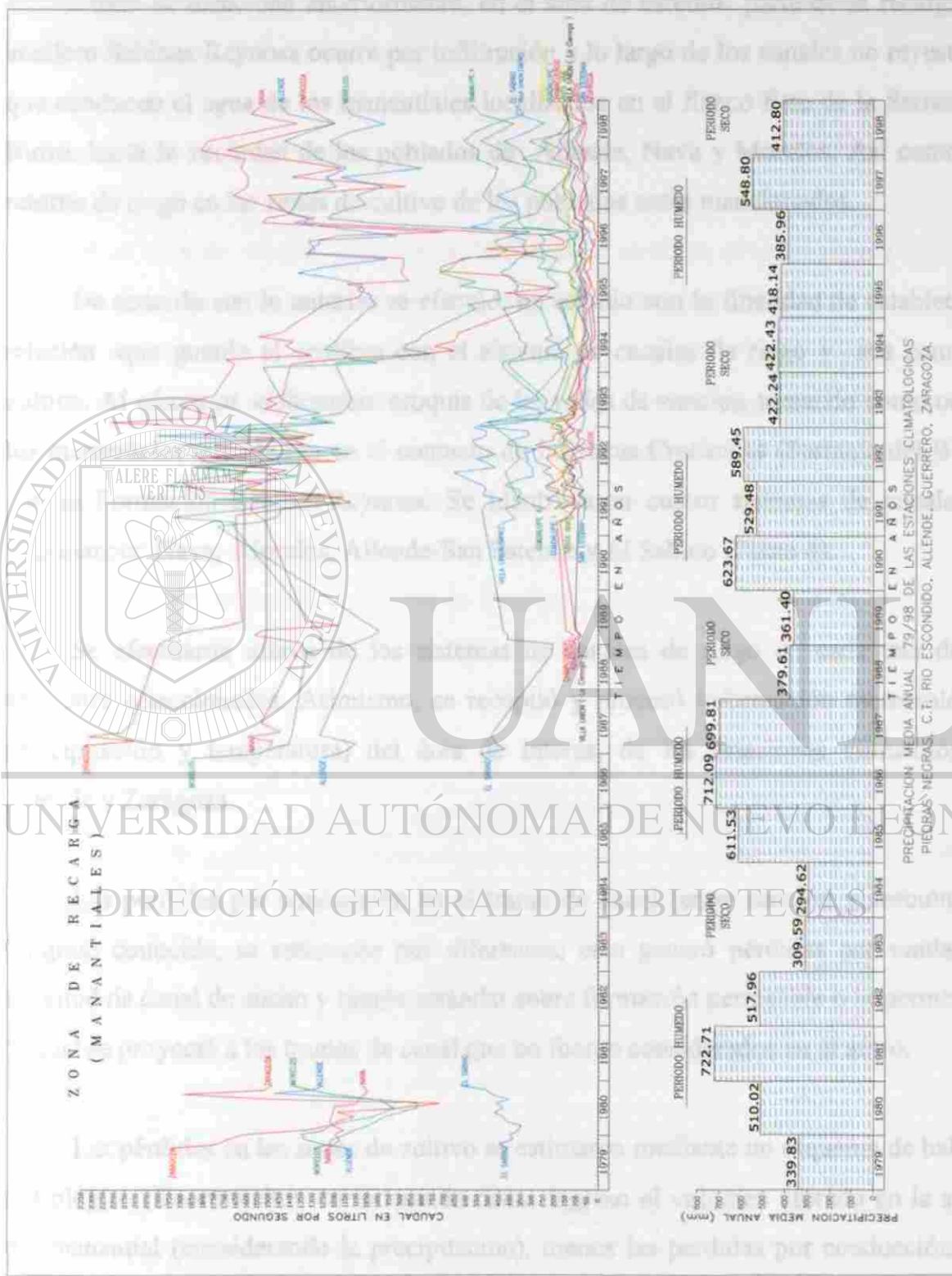


Figura 20. Hidrograma de caudales de manantiales localizados al este de la Serranía del Burro

3.3.2.2 Infiltración por Canales de Riego

Como se mencionó anteriormente, en el área de estudio parte de la recarga del acuífero Sabinas-Reynosa ocurre por infiltración a lo largo de los canales no revestidos, que conducen el agua de los manantiales localizados en el flanco Este de la Serranía el Burro, hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos. Así como por retorno de riego en las zonas de cultivo de los poblados antes mencionados.

De acuerdo con lo anterior se efectuó, un estudio con la finalidad de establecer la relación que guarda el acuífero con el sistema de canales de riego y sus zonas de cultivo. Al efecto se elaboraron croquis de las redes de canales, tomando como origen los manantiales que afloran en el contacto de las rocas Cretácicas (Serranía del Burro) con la Formación Sabinas-Reynosa. Se identificaron cuatro sistemas de canales de importancia: Nava, Morelos, Allende-San Esteban y El Sabino (Plano 4).

Se efectuaron aforos de los sistemas de canales de riego en cada una de las secciones seleccionadas. Asimismo, se recopiló y procesó información meteorológica (precipitación y temperatura) del área de interés, de las estaciones climatológicas Allende y Zaragoza.

Las pérdidas por conducción en el tramo de canal (entre sección y sección), de longitud conocida, se estimaron por diferencia; esto generó pérdidas por unidad de longitud de canal de ancho y tirante estándar sobre formación permeable o impermeable, lo cual se proyectó a los tramos de canal que no fueron considerados en el aforo.

Las pérdidas en las zonas de cultivo se estimaron mediante un esquema de balance hidrológico (Thorthwaite), considerando como ingreso el volumen aforado en la salida del manantial (considerando la precipitación), menos las pérdidas por conducción a lo largo de su trayecto. Las áreas de cultivo y por ende de balance, se obtuvieron de cartas hidrológicas editadas por el INEGI (Ver plano 4).

De los resultados obtenidos se deriva que la mayor influencia de recarga vertical al acuífero se tiene por retorno de riego en las zonas de cultivo de los manantiales con un caudal del orden de 1.145 m³/s y en menor proporción, a lo largo de los sistemas de canales de riego de los mismos, con un caudal de 0.748 m³/s.

3.3.2.3 Zona de Descarga

En el área de estudio, parte de la descarga del acuífero se manifiesta a través de una serie de manantiales localizados a lo largo de la margen derecha del Río Bravo y que, de acuerdo con el censo de aprovechamientos efectuado en la zona, éstos se concentran principalmente en los ejidos San Vicente, Los Rodríguez, Santo Domingo, San Ramón y Chapultepec, así como en la margen izquierda del Río Escondido, a la altura del ejido La Maroma. Se contabilizó un total de 42 manantiales.

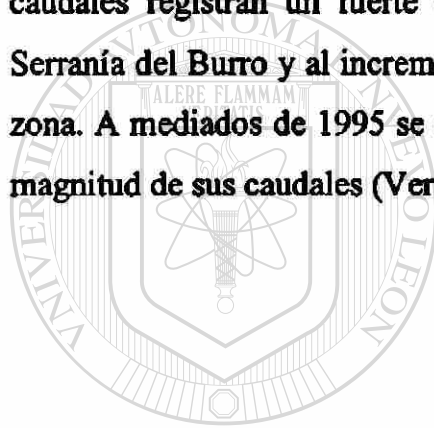
Desde 1991 se realiza en el área de interés el aforo sistemático de los manantiales de descarga que son considerados de mayor importancia en la zona (Ver plano 2 y tabla 4).

MANANTIAL	CAUDAL MEDIO ANUAL EN LITROS POR SEGUNDO								
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	PROMEDIO
M82 (PILLON 80, 81, 82, 83)	0.30						0.52		0.41
PRESIDENTE (M79)	1.24								1.24
SAN RAMON (SR1)	1.24								1.24
SANTO DOMINGO (STD)	33.83	48.38	51.50	24.14	21.83	20.75	21.50		31.70
LOS RODRIGUEZ 3 (RD3)	4.44	3.15	1.24	0.56	0.33	0.12	1.33		1.80
LOS RODRIGUEZ 2 (RD2)	2.17								2.17
LOS RODRIGUEZ 1 (RD1, LA ESCONDIDA)	1.02	1.30	1.07	0.42	0.47	0.36	0.34		0.71
SAN JOSE 5 (SJS, CHUPADEROS)	0.90	1.01	0.48	0.50	0.40	0.52	0.52		0.62
SAN JOSE 3 (SJ3)	1.08	1.37	0.57	0.41	1.01	0.46	0.50		0.77
SAN JOSE 2 (SJ2)	6.15	6.39	6.18	2.20	0.69	0.57	2.00		3.45
SAN JOSE 1 (SJ1)	0.55	0.77	0.61	0.25	0.53	0.12			0.47
SAN VICENTE 3 (VC3)	0.11					0.47	0.90		0.49
SAN VICENTE 2 (VC2)		1.05				0.57	1.00		0.87
SAN VICENTE 1 (VC1)	2.04	1.59	2.82	1.48	1.03	0.22			1.55
31 (M31)	0.48	0.54	0.40	0.31	0.27	0.16	0.21		0.34
OJITO BLANCO (GRO1)	117.00	89.00	73.20	26.63	39.50	22.99	59.50	56.20	60.61
GUERRERO (GRO2)	23.00	75.75	74.40	36.50	25.80	21.75	34.50	46.40	42.26
84 (M)	0.72								0.72
TOTAL MEDIA ANUAL	196.27	229.28	212.56	95.42	91.85	64.97	122.62	102.60	136.87

Tabla 4. Caudal medio anual de los manantiales de descarga del acuífero Sabinas-Reynosa

De éstos, el grupo de manantiales que aportan los mayores caudales son el Ojito Blanco, Guerrero y Santo Domingo, con un caudal medio anual de 60.61 l/s, 42.26 l/s y 31.70 l/s respectivamente. El volumen total medio anual de los manantiales es del orden de 139.97 l/s.

Con el propósito de explicar apropiadamente el comportamiento de los manantiales, en la figura 21 se presentan hidrogramas que muestran la variación de sus caudales de 1991 a 1998, comparados con la precipitación media anual para el mismo período, obtenida de las estaciones climatológicas de Piedras Negras, Allende, Zaragoza, C.T. Río Escondido y Guerrero. En ellos se puede apreciar que entre 1993 y 1995, los caudales registran un fuerte descenso, debido a la baja recarga proveniente de la Serranía del Burro y al incremento de las extracciones por bombeo que se realizan en la zona. A mediados de 1995 se observa en algunos de ellos una ligera recuperación en la magnitud de sus caudales (Ver Capítulo 4. Hidrología Subterránea).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Con el propósito de conocer las características de explotación, funcionamiento hidráulico (profundidad, elevación, dirección de flujo) y parámetros hidrodinámicos del agua subterránea del acuífero Sabinas-Reynosa, desde 1979 se ha llevado a cabo una serie de actividades consistentes en censos de aprovechamientos, recorrido piezométrico a través de redes de monitoreo, así como aforos y pruebas de bombeo, lo que permitió coadyuvar en el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico y régimen del agua subterránea del acuífero, determinando la potencialidad y disponibilidad del mismo.

4.1 Censo de Aprovechamientos

— En el área se han llevado a cabo desde 1979 a 1998 campañas intensivas y actualizaciones de censos de aprovechamientos hidráulicos en la zona de estudio, al registrar los pozos, norias, galerías filtrantes, manantiales y piezómetros.

La información recopilada en el campo denotó las características generales de los aprovechamientos, así como sus características constructivas, el equipo de bombeo y el régimen de operación.

En la tabla 5 (Ver apéndice A), se muestra la integración de los resultados obtenidos de dichas campañas.

De acuerdo con la integración y análisis de los censos de aprovechamientos efectuados para el acuífero Sabinas-Reynosa, el número total de aprovechamientos

censados fue de 1242, de los cuales: 895 son pozos; 205, norias; 65, manantiales; 73, piezómetros y 4 galerías filtrantes (Ver Plano 5).

4.1.1. Características Generales

Con base en el análisis estadístico de la información, el 39 % de los aprovechamientos censados se utilizan para uso agrícola, el 20 % sin uso, el 15 % para uso doméstico y el resto de la siguiente manera:

Ganadería (Abrevadero)	14 %
Industrial	6 %
Monitoreo	5 %
Destruído	1 %

4.1.2 Características Constructivas

De acuerdo con la información recabada en campo, los diámetros de perforación en los pozos oscilan entre 3" y 39", los más comunes varían entre 12" y 14". Las norias presentan diámetros entre 10" y 118" y los piezómetros de 4" a 8.5", con respecto a las profundidades reportadas, éstas varían de 12 m a 115 m, en los pozos (son más comunes las profundidades de 50 m), las norias de 4 m a 30 m, los piezómetros de 20 m a 50 m y las galerías filtrantes de 8.60 m.

El diámetro del ademe en los pozos es, en general, de 10" a 12", en tanto que en los piezómetros es de 1" a 4.5".

4.1.3 Características del Equipo de Bombeo

De los 1242 aprovechamientos censados, (a excepción de los manantiales y piezómetros), 99 se encuentran equipados con bomba vertical, 267 con bomba del tipo sumergible, 161 con aeromotor, 120 no tienen equipo, 69 manual, 27 de gasolina y del resto se carece de información. El diámetro de la descarga es, en general, de 4" a 8".

4.1.4 Características de Régimen de Operación

El nivel estático y caudal observado en los aprovechamientos registrados, presenta las siguientes características:

APROVECHAMIENTO	NIVEL ESTÁTICO m	CAUDAL l/s
Pozo	3 a 42	0.30 a 140
Noría	3 a 28	0.10 a 8
Piezómetro	7 a 12	
Galería Filtrante	3 a 4	

De los 65 manantiales existentes en la zona, 23 se encuentran ubicados al Oeste de los poblados de Zaragoza, Morelos, Allende y Villa Unión. El agua de estos manantiales proviene del acuífero Calizo, formado por las Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak, a través de pequeñas fallas y fracturas, con caudales del orden de los 2 l/s hasta 2000 l/s, que en conjunto aportan un volumen medio anual de 6.35 m³/s.

El agua de estos manantiales es conducida a las zonas de riego a través de canales, que en su mayoría no se encuentran revestidos.

Los 42 manantiales restantes constituyen la descarga natural del acuífero, se localizan entre los poblados de Piedras Negras y Guerrero, a lo largo del Río Bravo y en las cercanías del ejido la Maroma. El caudal de estos manantiales varía del orden de los 0.20 l/s hasta 200 l/s, que en conjunto descargan un volumen medio anual de 139.97 l/s.

Para generación de vapor, compactación de cenizas, construcción y servicios generales, la CFE en la C.T. Carbón I, utiliza como promedio anual 100 l/s, que se extraen mediante 13 pozos (de 1987 a la fecha la mayor parte de la extracción se realiza a través de 3 pozos principalmente).

Entre 1979 y 1984, la C.T. Carbón I utilizó agua del acuífero Sabinas-Reynosa para el llenado del estanque de enfriamiento, con un caudal medio anual de 275, 400,

525, 650, 500 y 400 l/s respectivamente. A partir de agosto de 1984, inició su operación el acueducto del Río Bravo para el llenado del estanque, por lo que la extracción de agua del acuífero, por parte de la central, se reduce considerablemente, extrayendo actualmente un promedio de 100 l/s.

La C.T. Carbón II, utilizó de 1993 a 1996 un caudal de 600, 400, 200 y 200 l/s respectivamente del acuífero Sabina-Reynosa, a través de 15 pozos. Ahora depende más del uso del agua del Río Bravo para su operación. Actualmente la C.T. Carbón II extrae un caudal medio anual de 100 l/s del acuífero Sabinas-Reynosa y 600 del Río Bravo.

Desde 1979, MICARE realiza extracciones de agua del acuífero Sabinas-Reynosa, para la explotación del carbón en sus obras mineras, como producto del desagüe de las mismas. En conjunto con particulares, ejidos o juntas municipales de agua potable, se extrae del acuífero un volumen anual de 2377 l/s.

En la figura 22, se muestra en forma esquemática un desglose de las extracciones por bombeo a que ha sido sometido el acuífero Sabinas-Reynosa desde 1979 a 1998.

En resumen, se tiene que desde 1998, el caudal total de extracción por bombeo del acuífero Sabinas-Reynosa en la zona de estudio, es de 2577 l/s. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

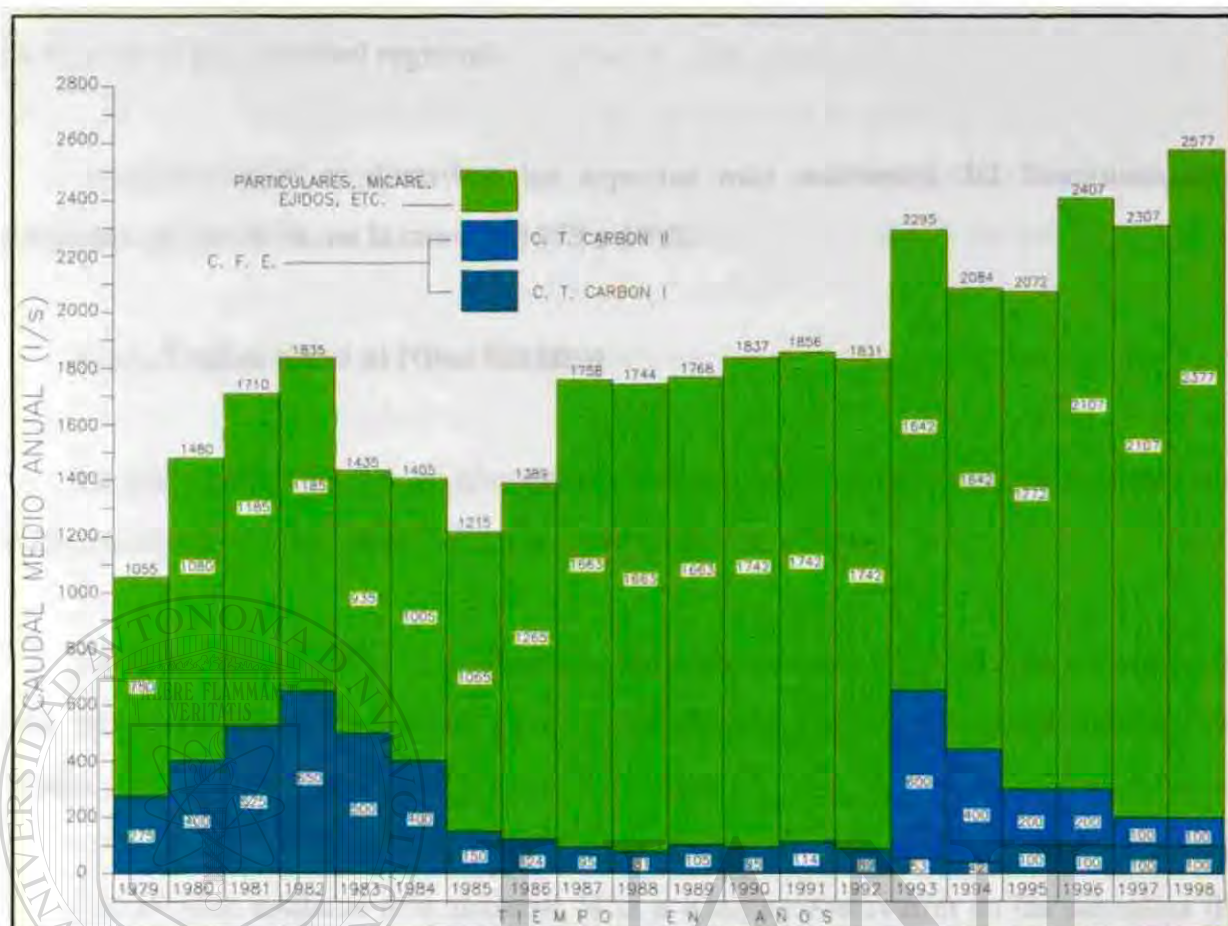


Figura 22. Volúmenes de extracción por bombeo del acuífero Sabinas-Reynosa de 1979 a 1998

4.2 Piezometría

Con base a la información obtenida del censo de aprovechamientos efectuados en la zona y con el propósito de conocer el funcionamiento hidráulico de ambos acuíferos, se crearon redes de monitoreo de aprovechamiento piloto, que permitieron medir el nivel del agua subterránea y realizar observaciones en forma sistemática en el tiempo, a fin de definir las variaciones de los niveles de agua subterránea y sus causas.

De acuerdo con lo anterior, a partir de 1984, en la zona se ha obtenido información sistemática de niveles potenciométricos del acuífero Sabinas-Reynosa, en forma

mensual, de los aprovechamientos que conforman la red de monitoreo local y de 1979 de 1 a 4 veces al año, en nivel regional.

A continuación se describen los aspectos más relevantes del funcionamiento hidráulico del acuífero, en la zona de 1979 a 1998:

4.2.1. Profundidad al Nivel Estático

La profundidad de los niveles estáticos observados en la región para el período comprendido de 1979 a 1998, fluctuó en general de 2 m a 30 m.

En diciembre de 1979, la profundidad del nivel estático varió de 4 m a 10 m en el área, incrementándose ésta, hasta 22 m de profundidad hacia el noreste del área de estudio.

Los niveles estáticos más someros (4 m a 6 m) se observaron en las cercanías de los poblados de Morelos y Charcos, así como en la zona de la C.T. Carbón I (Figura 23).

A partir de 1979 y hasta 1984, el acuífero fue sometido a fuertes extracciones, por parte de la CFE, para llenar el estanque de enfriamiento de la Central Termoeléctrica Carbón I. El máximo bombeo fue en 1982, con un caudal medio de 650 l/s.

De acuerdo con la piezometría obtenida en enero de 1981, el nivel estático en la zona de la C.T. Carbón I y Mina II no muestra los efectos de las extracciones a que fue sometido el acuífero, la variación del nivel estático en esta zona, fue del orden de los 5 m a 7 m. No así en la porción noreste del área de estudio, donde los niveles fluctuaron entre 10 m a 22 m de profundidad.

Las menores profundidades del nivel estático (del orden de 3 m a 4 m), se observaron hacia la zona de Charcos, Morelos y al noreste de Nava.

De 1983 a abril de 1986 se observó un descenso general en los niveles piezométricos en la zona de estudio. En julio de 1983, el nivel estático en la C.T. Carbón I era de 8 m a 12 m de profundidad. Con lo que respecta al resto del área de estudio, el nivel estático oscila de los 4 m a 22 m. Se registran las mayores profundidades hacia la zona de Tajo I y Allende, y las menores en las zonas de Charcos y Morelos.

De acuerdo con las piezometrias realizadas en los años de 1986 a 1987, se observan efectos de recarga al acuífero, debido que a partir de abril de 1986 se aprecia un ascenso general de los niveles estáticos de los aprovechamientos que conforman la red de monitoreo en la zona de estudio. Se alcanzaron los máximos valores en julio de 1987 y abril de 1988.

Para julio de 1989, el nivel estático en el área de estudio oscila de 1 a 30 m de profundidad. Las mayores profundidades (20 m a 30 m) se localizaron hacia el noreste del área; a medida que se va alejando de esta zona, la profundidad disminuye, hasta llegar a los 10 m, que es característica de la porción norte del área de estudio.

En la zona de las Centrales Termoeléctricas, el nivel estático varía de los 6 m a 9 m de profundidad, en tanto que hacia el poblado de Charcos y la porción oeste cercana al Río Bravo se aprecian niveles estáticos menores que 5 m.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En el resto de la zona de estudio, los niveles fluctúan entre 7 m y 10 m de profundidad (Figura 24).

De acuerdo con las piezometrias realizadas en los años de 1993 a 1995, se observan fuertes descensos en los niveles estáticos, debido a la baja recarga del acuífero proveniente de la Serranía del Burro, así como al incremento de las extracciones por bombeo en la zona. Este efecto se acentúa mas a partir de junio de 1993.

Asimismo, es importante señalar que a partir de julio de 1995 se observa una ligera recuperación de los niveles en la región.

En marzo de 1993, el nivel estático varía de 4 m a 30 m de profundidad; las menores profundidades del nivel estático oscilan de 4 a 6 m y se localizan en las cercanías del poblado de Charcos y al Este de las Centrales Termoeléctricas.

Las mayores profundidades del nivel estático varían de 14 m a 30 m y se localizan al noreste de la zona de estudio (Figura 25).

Para 1996 y 1997, la variación del nivel de agua subterránea en la región no presenta cambios significativos con respecto a lo observado en 1995, es decir, se mantuvo estable; sin embargo se hace más evidente la recuperación de los niveles, producto de la precipitación en la zona de recarga del acuífero.

Finalmente, de acuerdo con las piezometrias realizadas en el año de 1998; de enero a mayo se continúa observando una franca recuperación en los niveles del agua subterránea en la región, sin alcanzar los niveles observados hasta antes de 1993.

En noviembre de 1998, la profundidad del nivel estático observada en la zona, fue de los 5 m a los 23 m. Se registraron las mayores profundidades (13 m a 23 m) hacia la zona noreste del área, así como también al suroeste del poblado de Río Bravo. Se observan profundidades del orden de 10 m a 16 m en la zona donde se ubican las Centrales Termoeléctricas Carbón I y II (Figura 26).

Por otra parte, la C.T. Carbón II disminuye sus volúmenes de extracciones del acuífero. Actualmente, para su operación utiliza 600 l/s de agua proveniente del Río Bravo y 100 l/s del acuífero Sabinas-Reynosa.

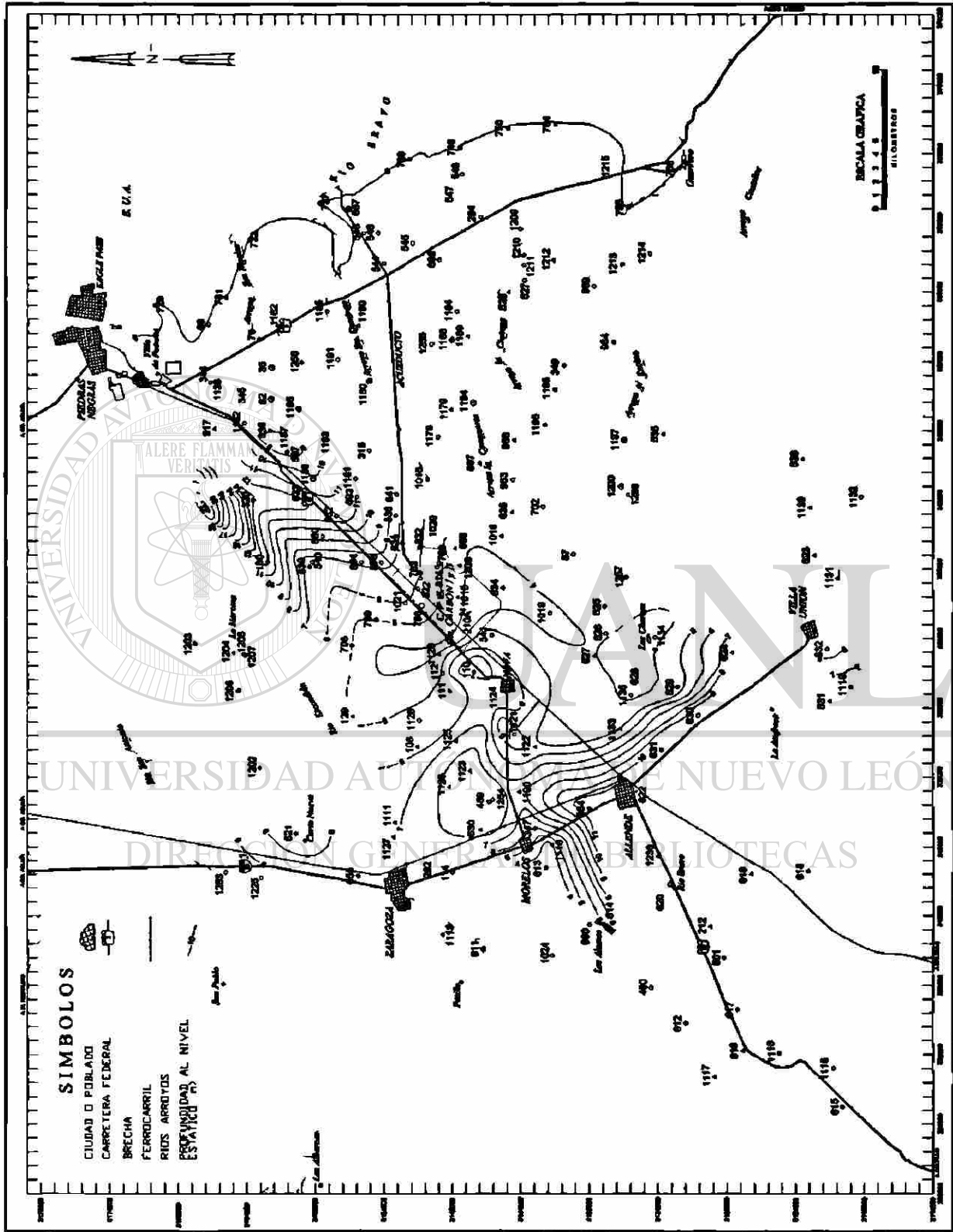


Figura 23. Profundidad del nivel estático en diciembre de 1979

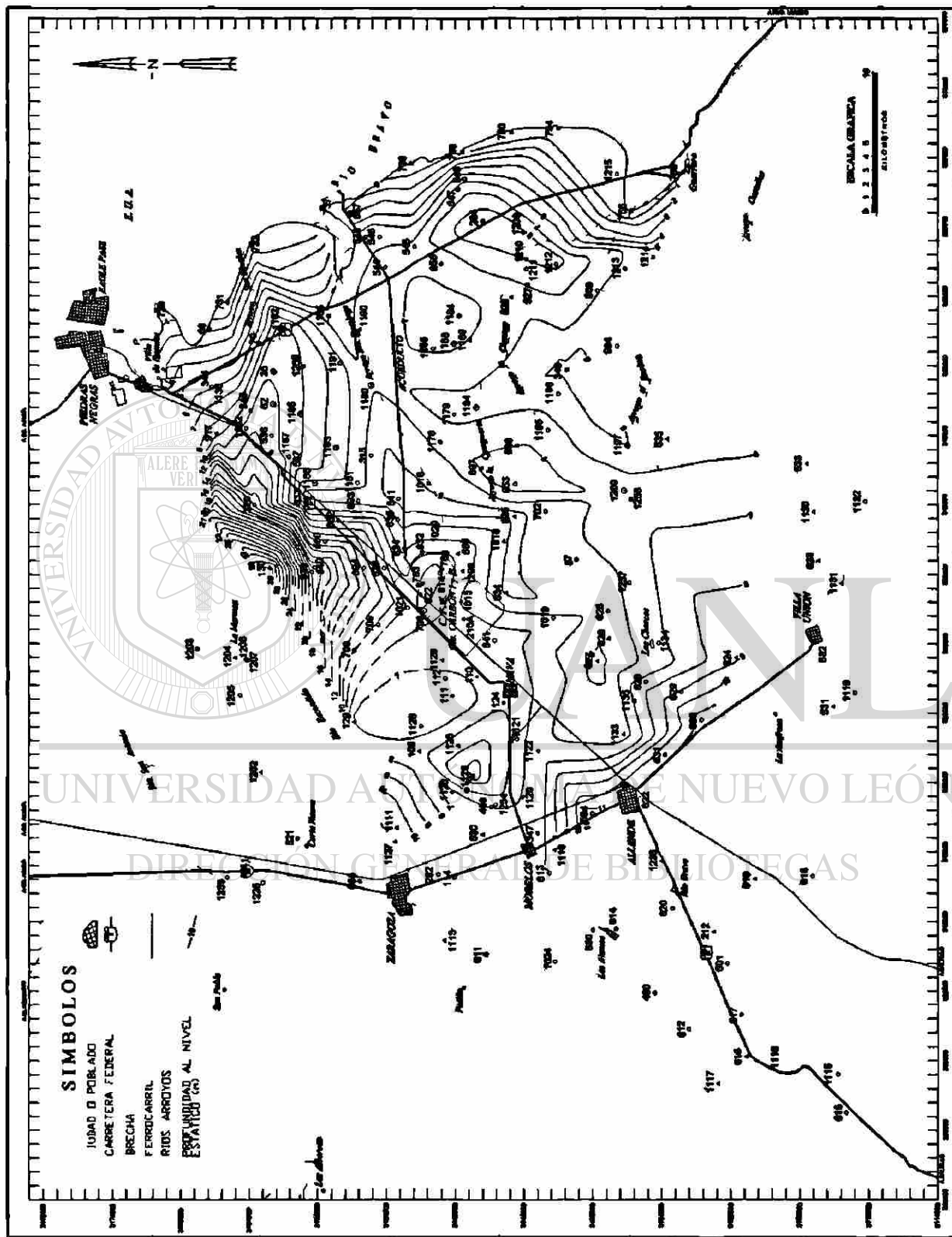
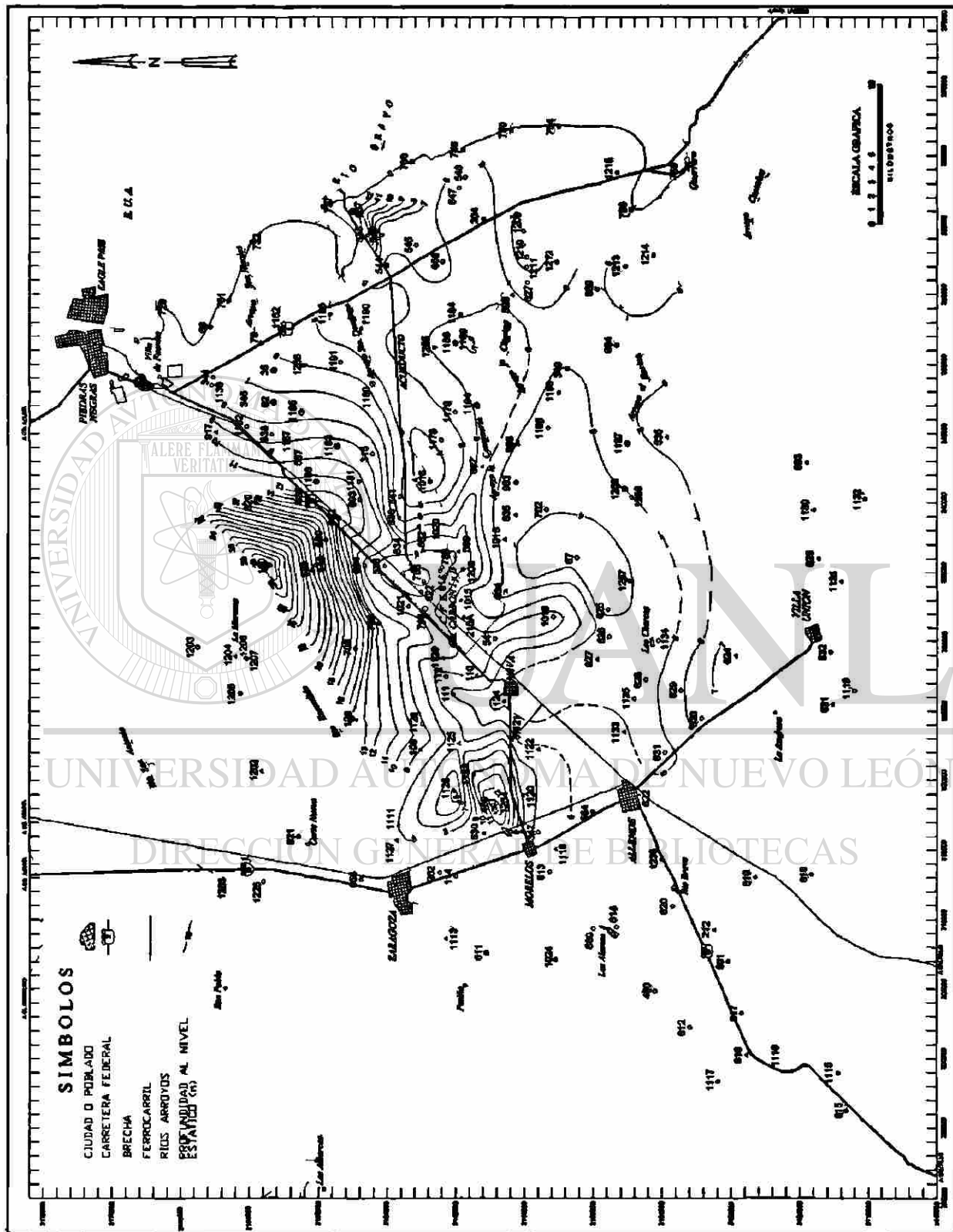


Figura 24. Profundidad del nivel estático en julio de 1989



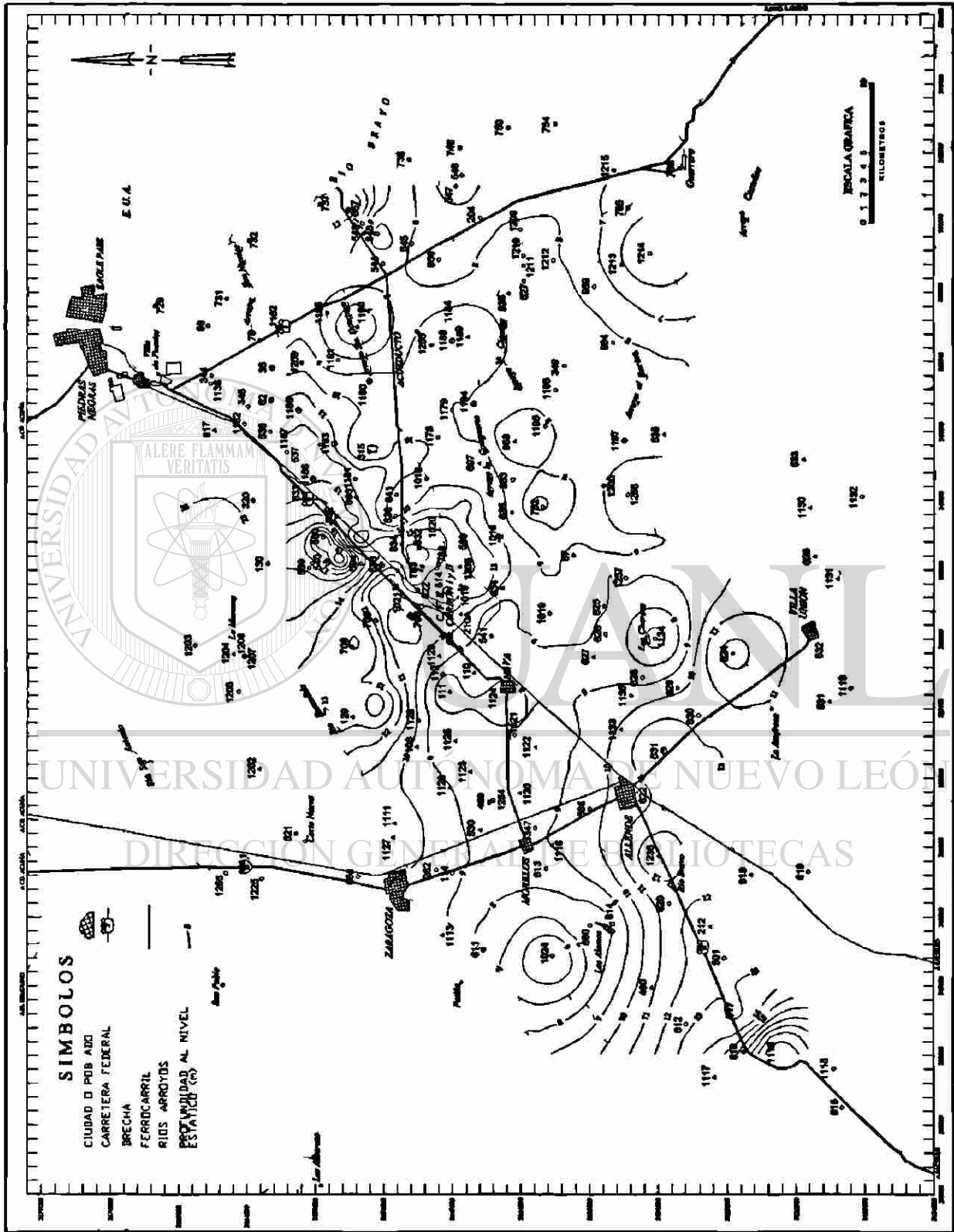


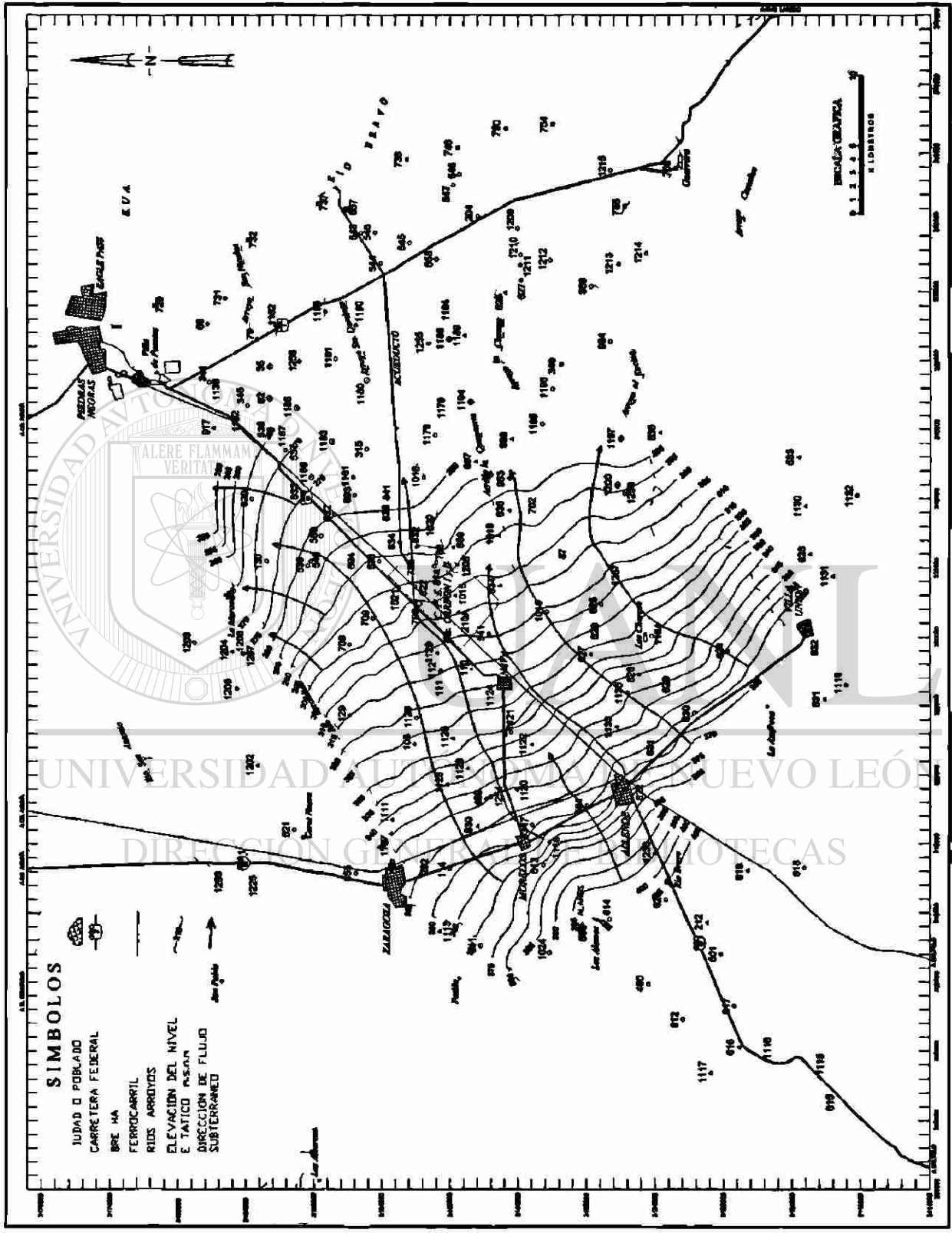
Figura 26. Profundidad del nivel estático en noviembre de 1998

La dirección preferencial del flujo subterráneo es SW-NE, con elevaciones que varían de 420 a 215 msnm (Figuras 27 al 30).

El flujo de entrada horizontal a la parte baja de las subcuencas se efectúa, en forma general, con cuatro cambios de gradiente hidráulico; el primero con un valor de 0.0055 correspondiente a las elevaciones entre 420 a 360 msnm, el segundo con valor de 0.0039, entre las elevaciones de 360 a 310 msnm, el tercero entre las elevaciones 310 a 250, con un valor de 0.0025, hasta llegar al último gradiente hidráulico, en donde se incrementa a 0.0058, en la salida del acuífero.

De acuerdo con los datos obtenidos en el período analizado (1979-1998), se tiene que, en general, la porción noreste del área de estudio se ve influenciada principalmente por las extracciones que se realizan en este sector, creando conos de abatimientos en los niveles de agua en la zona.

Asimismo, en la configuración de la elevación del nivel estático para los períodos de agosto de 1984, y de 1993, se observa la influencia de las extracciones efectuadas por las Centrales Termoeléctricas Carbón I y II en sus alrededores, producto del llenado del Estanque de Enfriamiento de la C.T. Carbón I (1984), así como por la entrada en operación de la C.T. Carbón II, que incrementó las extracciones por bombeo del acuífero, partir de 1993 y/o a los efectos de la baja recarga al acuífero, proveniente de la Serranía del Burro.



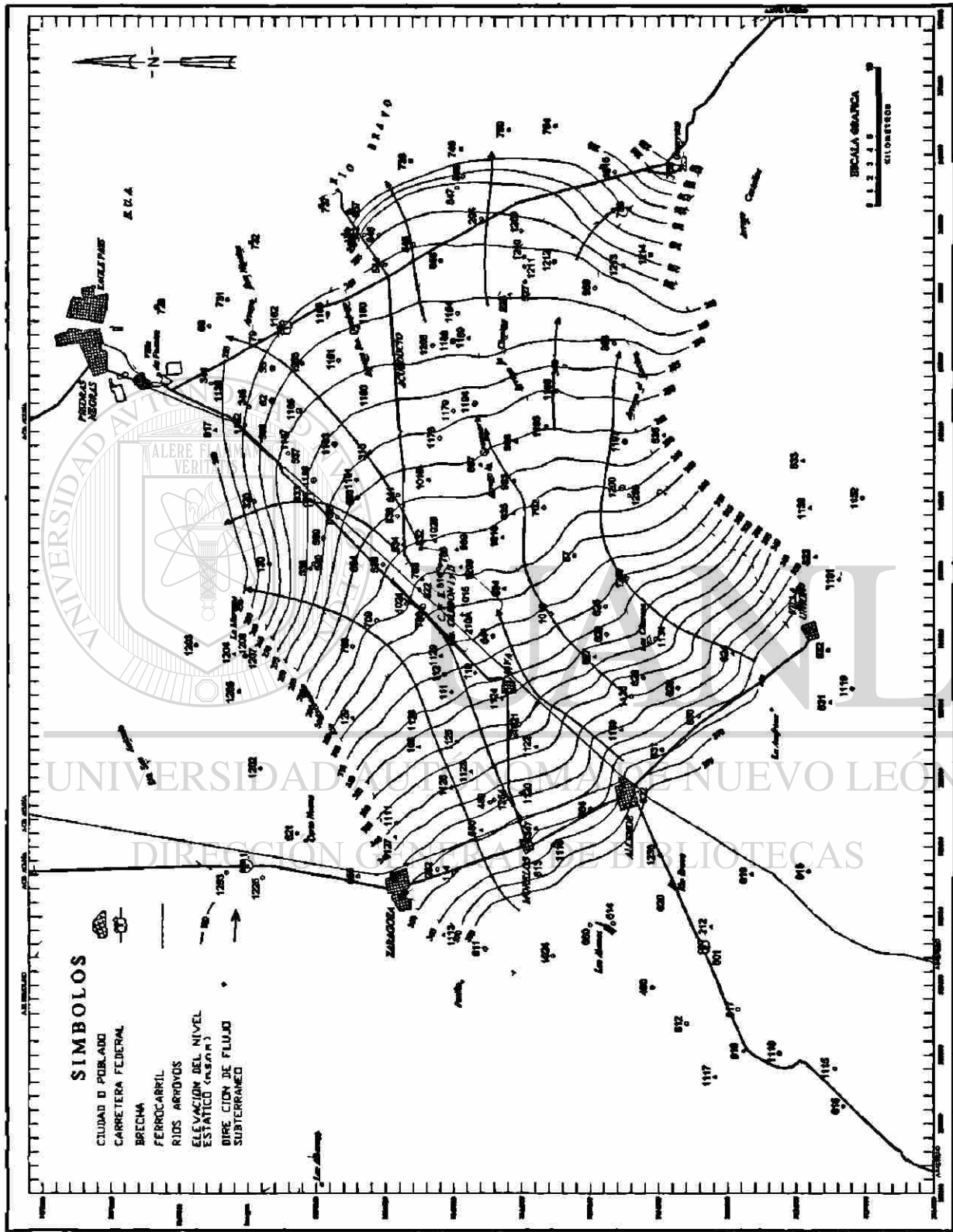


Figura 28. Elevación del nivel estático en marzo de 1993

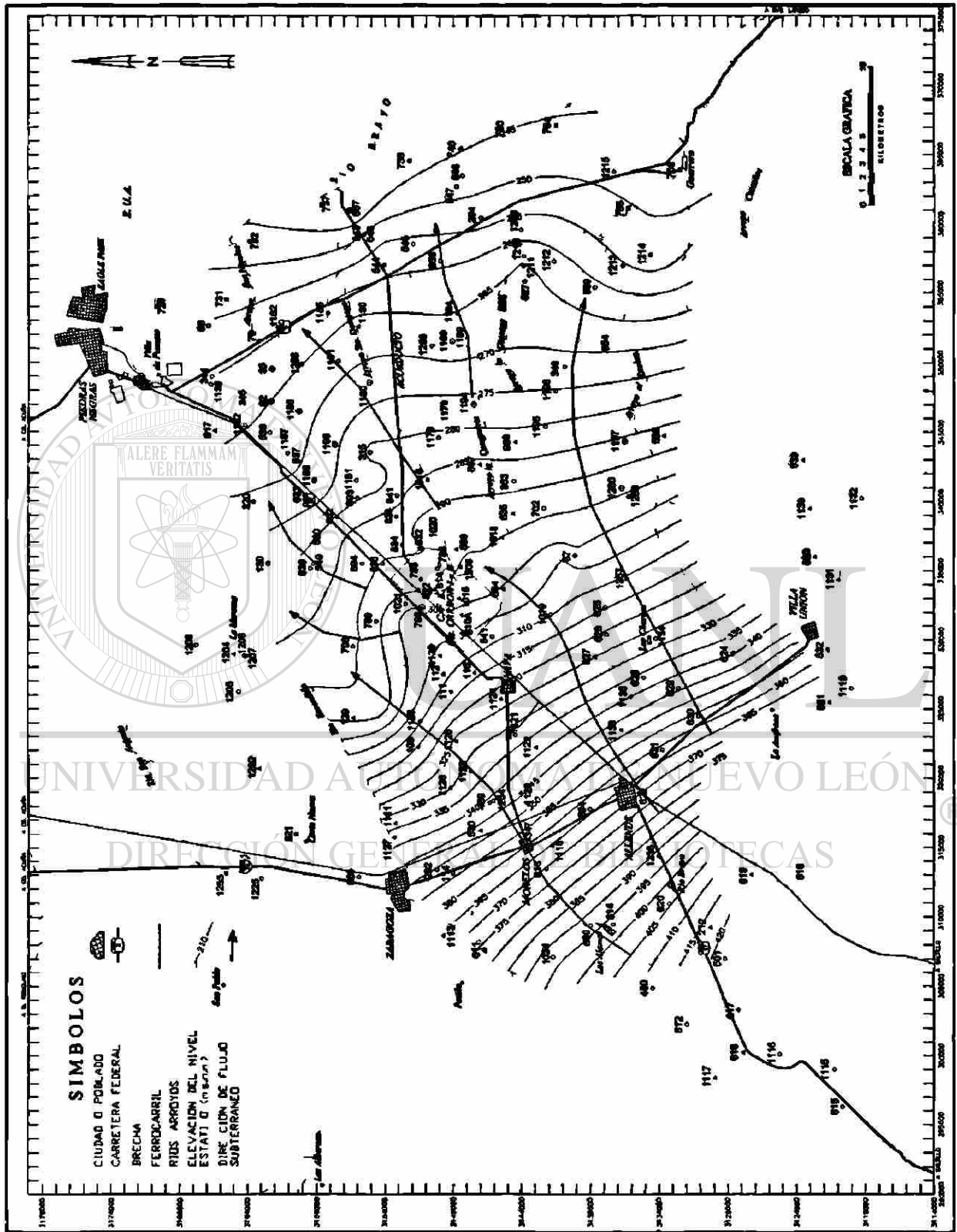


Figura 29. Elevación del nivel estático en julio de 1997

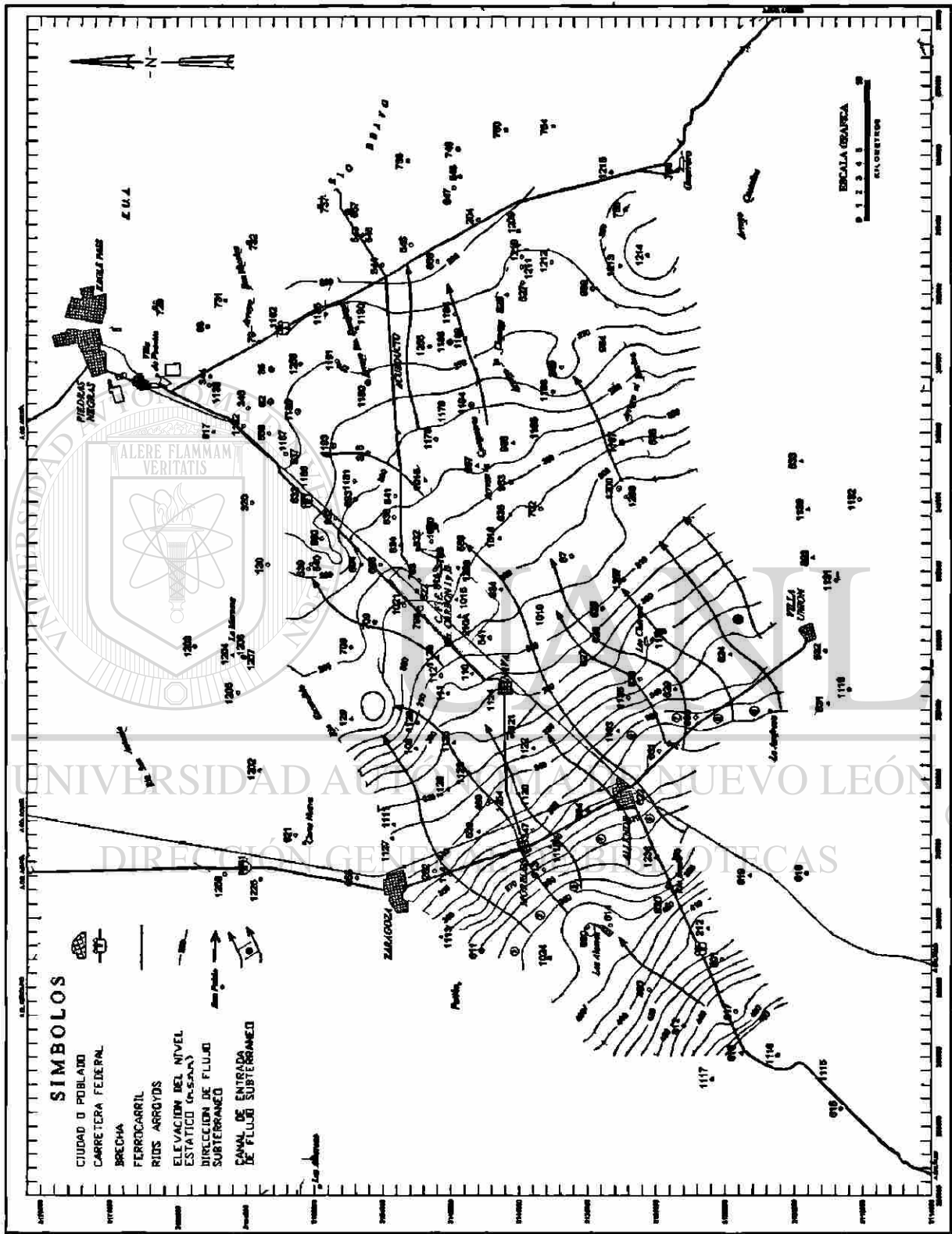


Figura 30. Elevación del nivel estático en noviembre de 1998

Con el fin de ayudar a conocer el funcionamiento hidráulico del acuífero, se construyeron hidrogramas de pozos y manantiales, en los que se representa la variación del nivel estático por zonas y caudales respectivamente, en función del tiempo, relacionado con las extracciones de agua subterránea realizada por la CFE, MICARE y Particulares (agricultores, ganaderos, etc.), así como por la precipitación pluvial en la zona. El período de análisis comprendió de 1979 a 1998 (Figuras 31 y 32).

De acuerdo con las figuras, el comportamiento de los niveles de agua de los pozos y de los caudales de los manantiales observados en el área es el siguiente:

En las zonas Charcos, Zaragoza-Morelos-Nava, suroeste, este y noreste, a partir de 1979, los niveles se mantienen estables (período 1), de mayo de 1981 a abril de 1983 no se cuenta con información, de abril de 1983 a diciembre de 1984 se observan descensos en los niveles (período 2), a partir de enero de 1985 a abril de 1986 (período 3) se empiezan a recuperar los niveles, alcanzando niveles inferiores al período 1 y de abril de 1986 a julio de 1987-abril de 1988 se observan los máximos ascensos de niveles; en el lapso entre julio de 1987 a abril de 1988 se inicia el período 4, que representa un descenso de niveles que termina en agosto de 1990. De esta última fecha, a junio de 1993 (período 5), los niveles son similares al período 3, para posteriormente sufrir un fuerte descenso de los niveles (período 6). Por último, de mediados de 1995 hasta 1998 (período 7), los niveles muestran recuperación, sin alcanzar los niveles observados hasta antes del período 6.

En la zona de las Centrales Carbón I y II, durante los periodos 1 a 7, se observa un comportamiento de niveles similar al de las zonas antes mencionadas; sin embargo, en 1998, los efectos de las extracciones que se realizan al noreste del área se traducen en incremento de la profundidad del nivel estático en algunos de los aprovechamientos que se localizan la zona.

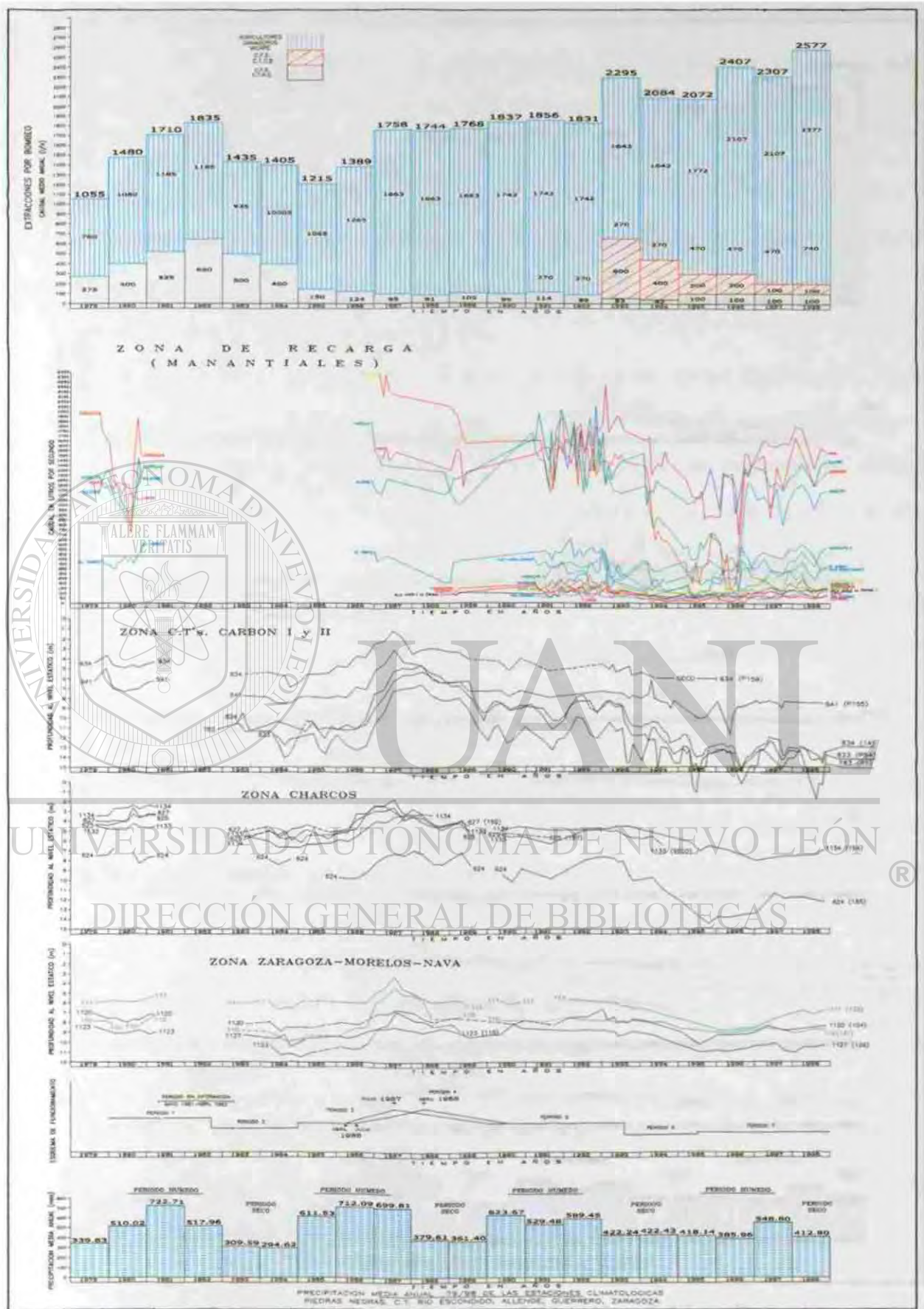


Figura 31. Funcionamiento hidráulico del acuífero Sabinas-Reynosa

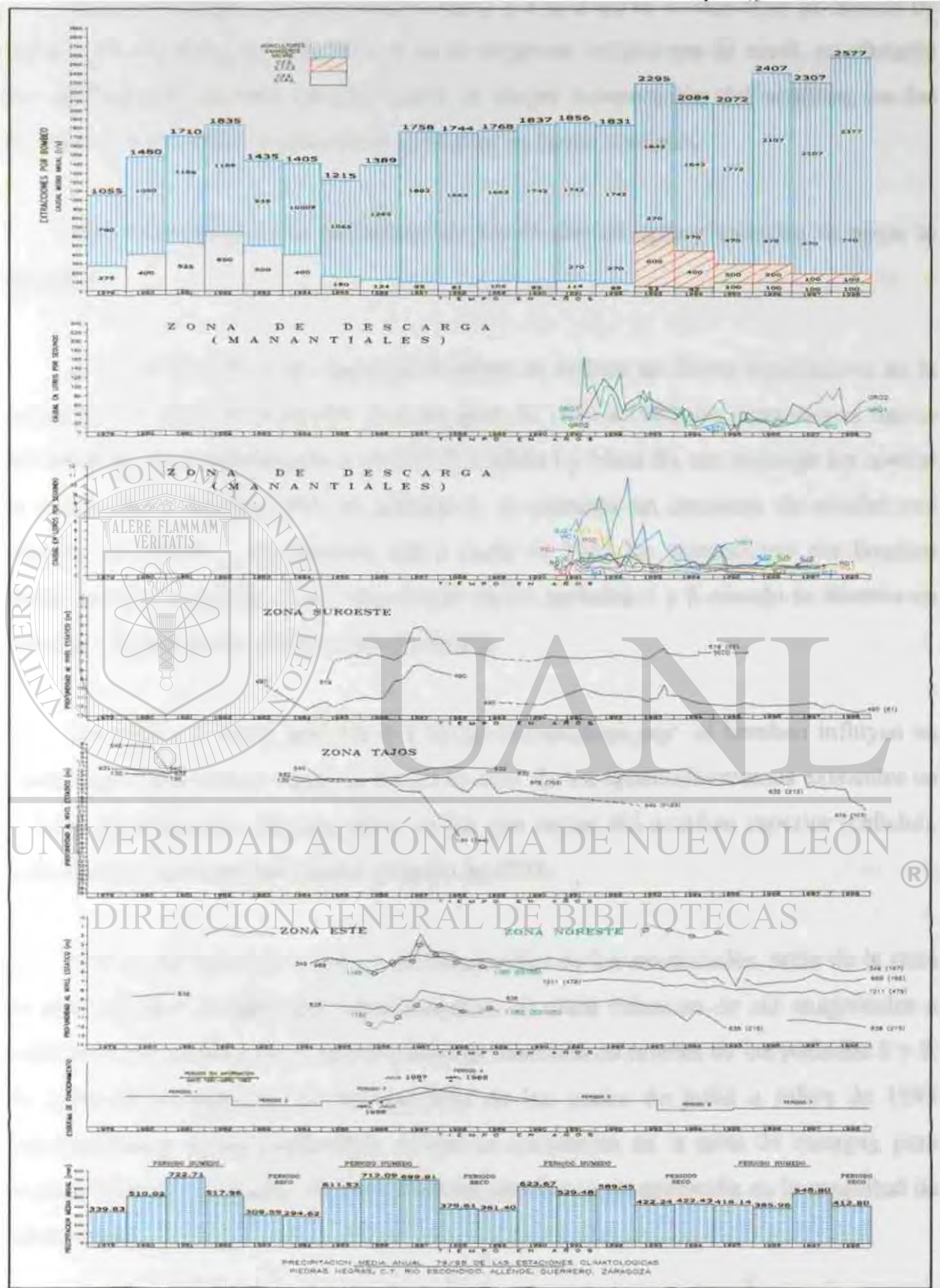


Figura 32. Funcionamiento hidraulico del acuífero Sabinas-Reynosa

En la zona Tajos I y II, en los períodos 1 a 3 se observa un descenso de niveles de acuerdo en el patrón, en el período 4 no se observan variaciones de nivel, no obstante que en la región en este período ocurre la mayor recuperación del acuífero, en los períodos 5 a 7 se observan descensos graduales en forma continua.

Sobre las causas de la fluctuación de los niveles de agua y caudales se opina lo siguiente:

a) De 1979 a 1992, el caudal de bombeo no influye en forma significativa en la variación del nivel; en el período 1 en los años de 1980 a 1982, las extracciones fueron de consideración (principalmente en la C.T. Carbón I y Mina II), sin embargo los niveles se mantuvieron estables. Para el período 2, se presenta un descenso de niveles con respecto al período 1, no obstante que a partir de 1983 las extracciones por bombeo disminuyeron en el área. Asimismo ocurre en los períodos 4 y 5 cuando se observa un ascenso y descenso de niveles respectivamente.

De 1993 a la fecha (período 6 a 7), las extracciones por el bombeo influyen en forma significativa en la variación de los niveles de los aprovechamientos existentes en la zona, repercutiendo principalmente en los que captan del acuífero superior (caliche). Este efecto se acentúa mas a partir de junio de 1993.

b) Con respecto a la variación de los caudales de los manantiales, tanto de la zona de recarga como de descarga, estos muestran un claro descenso en sus magnitudes a partir de 1993, mostrando el mismo patrón de descenso de niveles de los períodos 6 y 7. Se inició la recuperación de sus caudales en los meses de junio o julio de 1995 (principalmente en los manantiales de que se encuentran en la zona de recarga), para posteriormente, a mediados de 1996, mostrar una franca recuperación en la magnitud de los mismos.

c) La precipitación registrada en el valle no coincide directamente con los niveles; en el período 1 en los años de 1979 y 1980 a 1981, se registran bajas y altas

precipitaciones respectivamente; no obstante, los niveles se mantuvieron estables. De igual manera ocurrió en el período 2, en los años de 1983 y 1985, con alta y baja precipitación respectivamente, sólo en el período 3, coincide con bajos niveles y bajas precipitaciones.

En 1986 y 1987 se registran precipitaciones de consideración; sin embargo, el ascenso de niveles que caracteriza al período 4 se manifiesta hasta abril y julio de 1987 y los descensos del período 4 se observan a partir de julio de 1987 y abril de 1988 (en 1988 se registran bajas precipitaciones).

En el período 5, en los años de 1990 a 1992, los niveles se mantienen normales, no obstante las precipitaciones altas observadas en estos años.

En los períodos 6 y 7, en los años de 1993 hasta mediados de 1996, la variación de los niveles coincide con las bajas precipitaciones registradas en la región, así como con el incremento de las extracciones por bombeo en la zona. A partir de julio de 1995, los niveles comienzan a recuperarse, no obstante que las precipitaciones altas comienzan a registrarse a partir de 1997.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y BIBLIOTECAS

Por otro lado, si bien de mayo de 1981 a abril de 1983 no se cuenta con información piezométrica del área, período donde se realizaron las máximas extracciones por bombeo, principalmente en la C.T. Carbón I y Mina II se considera que los efectos no fueron significativos, por las razones anteriormente expuestas. Por lo que los descensos de niveles observados en las piezometrias de julio de 1983 y agosto de 1984 obedecieron más que todo a causas de menor recarga del acuífero.

De acuerdo con el análisis del comportamiento de los niveles en función del tiempo y sus causas, se concluye que no se manifiesta una recarga vertical en el acuífero por precipitación y que la causa principal de la variación de niveles, hasta antes de 1993, fue la recarga que proviene de la Serranía del Burro y, en menor proporción, a las extracciones por bombeo en forma local. No así a partir de 1993, cuando la variación de

los niveles es efecto de la recarga proveniente de la Serranía del Burro y del incremento de las extracciones por bombeo en la zona.

En lo que se refiere a los manantiales que se ubican en la zona de recarga del acuífero, la fluctuación de sus caudales está influenciada principalmente por la recarga proveniente de la Serranía del Burro. No así los manantiales de descarga, donde la variación de sus caudales está relacionada tanto por la recarga proveniente de la Serranía del Burro, como por las extracciones por bombeo que se realizan en la zona.

4.2.4 Evolución del Nivel Estático

De acuerdo con el análisis del funcionamiento hidráulico del acuífero y su relación causa y efecto, se elaboraron planos de igual evolución del nivel estático (Figuras 33 a 38), para los siguientes intervalos:

Agosto de 1984 - Abril de 1986

La evolución del nivel estático en el área de estudio fue en general positivo, de 0.00 m a +0.75 m. Se observaron en algunas zonas evoluciones hasta de +2.25 m y +4.75 m, como fue en el caso de los pozos 534 y 832 ubicados al norte de Allende y en la C.T. Carbón I, respectivamente (Figura 33).

En este mismo período, se observan 5 sitios con evoluciones negativas; la de mayor importancia es la que se registra al noreste del área, con valores de 0.00 m a -22.00 m, así como la de los pozos 111 y 539, ubicados en las cercanías del Tajo II, con valores de 0.00 m a -2.25 m y la del aprovechamiento 624 al norte del poblado de Villa Unión, de 0.00 m a -1.75 m.

Abril de 1986 – Julio de 1987

La evolución del nivel estático en este período, varió de 0.00 m a +5.00 m. Las máximas evoluciones (+4.00 m a +5.00 m) se registraron en el predio de las C.T's. Carbón I y II, al sur y sureste de éstas y en las cercanías del poblado de Morelos. Por otro lado, hacia la parte noreste del área se continuó observando evoluciones negativas del orden de los 0.00 m a -22.00 m (Figura 34).

Julio de 1987 - Agosto de 1990

La evolución del nivel estático en el área para este período fue en general negativo, de los 0.00 m a -22.00 m. La evolución mas fuerte se presenta (-6.00 m a -22.00 m), hacia la porción noreste de la zona de estudio. Las únicas evoluciones positivas se observaron al Este de la C.T's. Carbón I y II, al este de Zaragoza y entre los poblados de Allende y Villa Unión , entre los 0.00 m a +3.00 m (Figura 35).

Agosto de 1990 - Marzo de 1993

La evolución del nivel estático comprendida de agosto de 1990 a marzo de 1993, fue positiva, de los 0.00 m a +1.00 m; alcanzó en algunas zonas hasta +2.50 m, como en el caso de C.T. Carbón I, al Sur de Zaragoza, al norte de Villa Unión, etc. En tanto que en la zona de Tajos y al suroeste de éstos, los abatimientos de niveles de agua continuaron incrementándose y extendiéndose, originando evoluciones negativas máximas a -30 m (Figura 36).

Marzo de 1993 - Octubre de 1996

La evolución del nivel estático en el área, para este período fue, en general, negativa, de los 0.00 m a -30.00 m. La evolución más fuerte se presentó (-6.00 m a -30.00 m), hacia el noreste. Se observaron abatimientos de -5.00 m a -6.00 m, en la zona

de los pozos 79, 470, 548, 624, 852 y 1200. El resto se caracterizó por evoluciones inferiores a los -5.00 m (Figura 37).

Octubre de 1996 - Noviembre de 1998

Después de un fuerte descenso en los niveles del agua subterránea en la región, que culminó a mediados de 1995, para el período de octubre de 1996 a noviembre de 1998 se observó una marcada recuperación de los niveles de agua en la zona, con excepción de la parte sureste y suroeste de las C.T's. Carbón I y II, donde se mantuvieron evoluciones negativas de los 0.00 m a -2.50 m (Figuro 38).

Con base en las configuraciones evolutivas de los intervalos antes mencionados y considerando un área total de análisis de 1530 km², se calcularon los volúmenes de agua incorporada o extraída del acuífero para los intervalos seleccionados (AV);

INTERVALO	EVOLUCION MEDIA DEL INTERVALO EN m	VOLUMEN (AV) m ³
Ago 84 - Abr 86	-0.12	182 482 500.00
Abr 86 - Jul 87	1.68	2574 650 000.00
Jul 87 - Ago 90	-2.78	4262 425 500.00
Ago 90 - Mar 93	-0.63	967 080 500.00
Mar 93 - Oct 96	-3.37	5152 872 596.00
Oct 96 - Nov 98	0.27	416 033 148.00

De acuerdo con los resultados obtenidos de la evolución media para los intervalos analizados, se sabe que, de 1984 a 1998, el acuífero Sabinas-Reynosa ha experimentado un abatimiento medio de 4.95 m

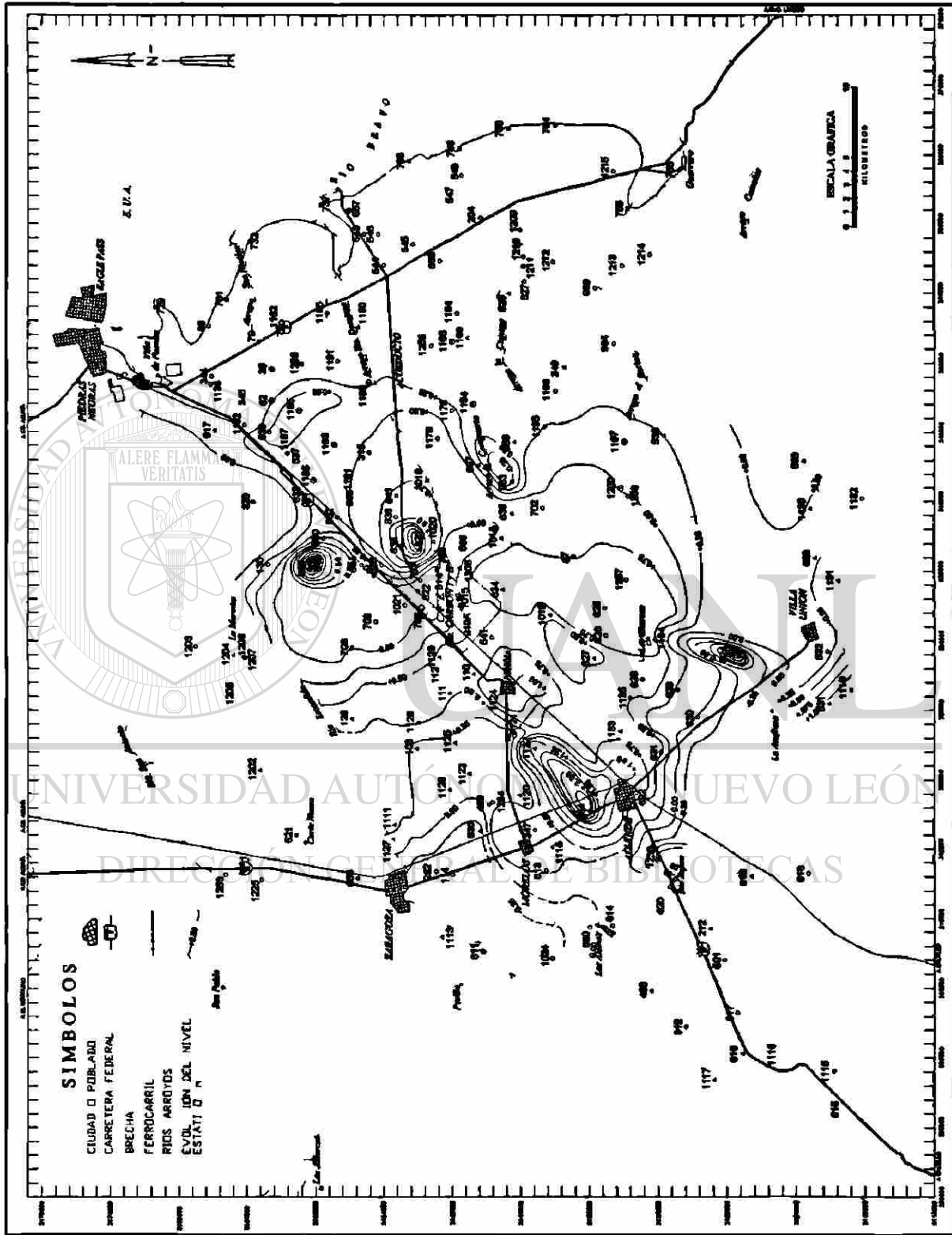


Figura 33. Evolución del nivel estático entre agosto de 1984 a abril de 1986

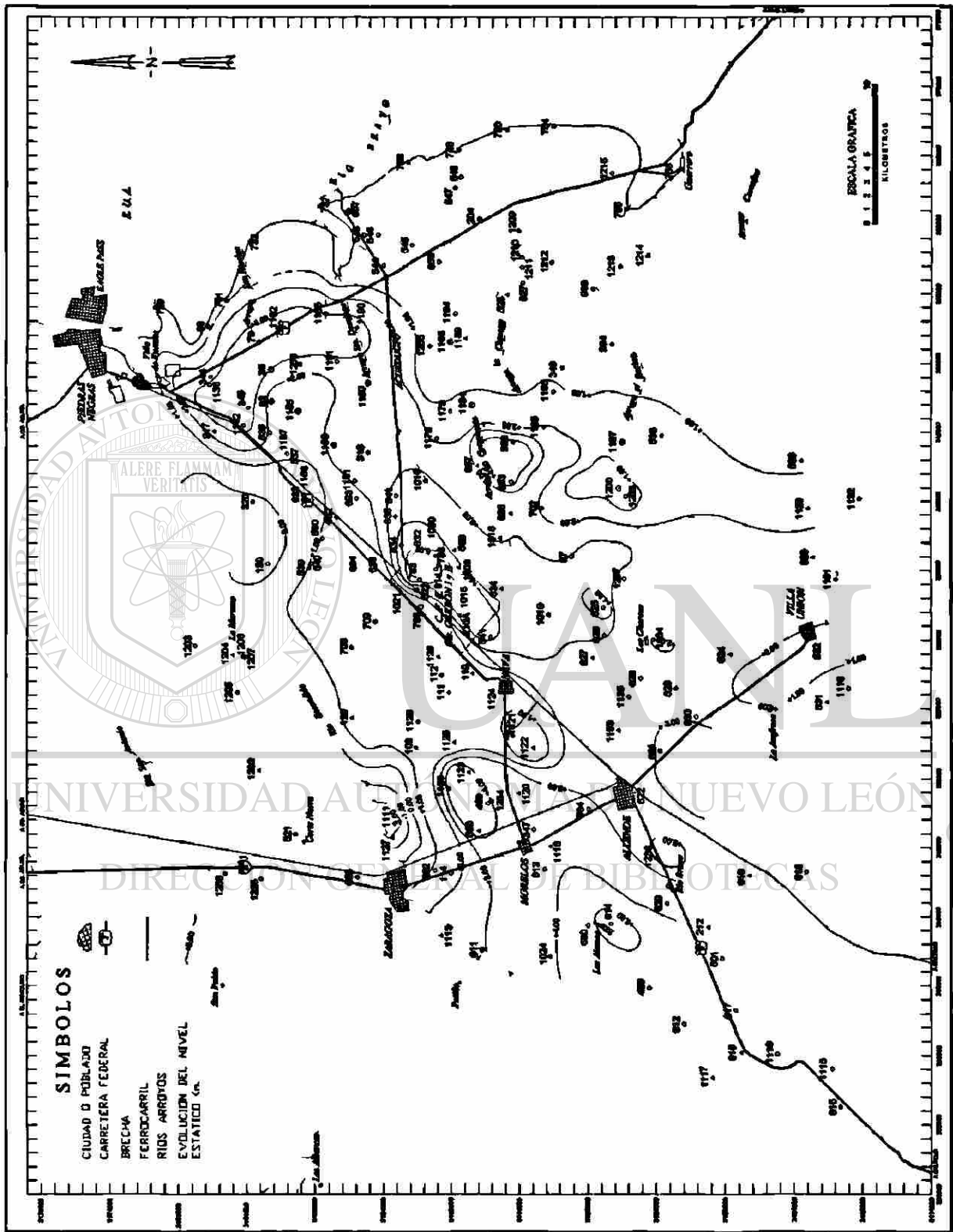


Figura 34. Evolución del nivel estático entre abril de 1986 a julio de 1987

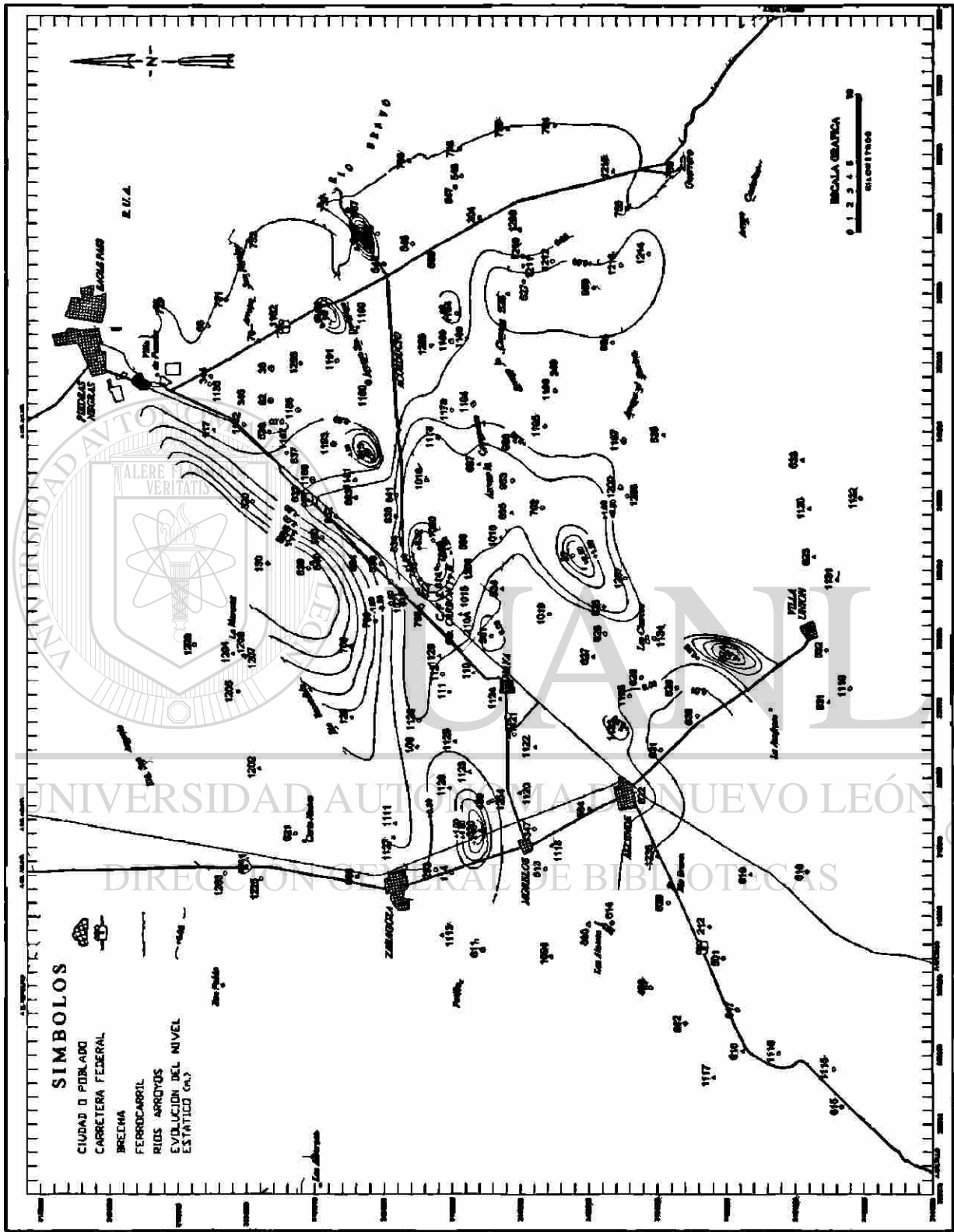


Figura 36. Evolución del nivel estático entre agosto de 1990 a marzo de 1993

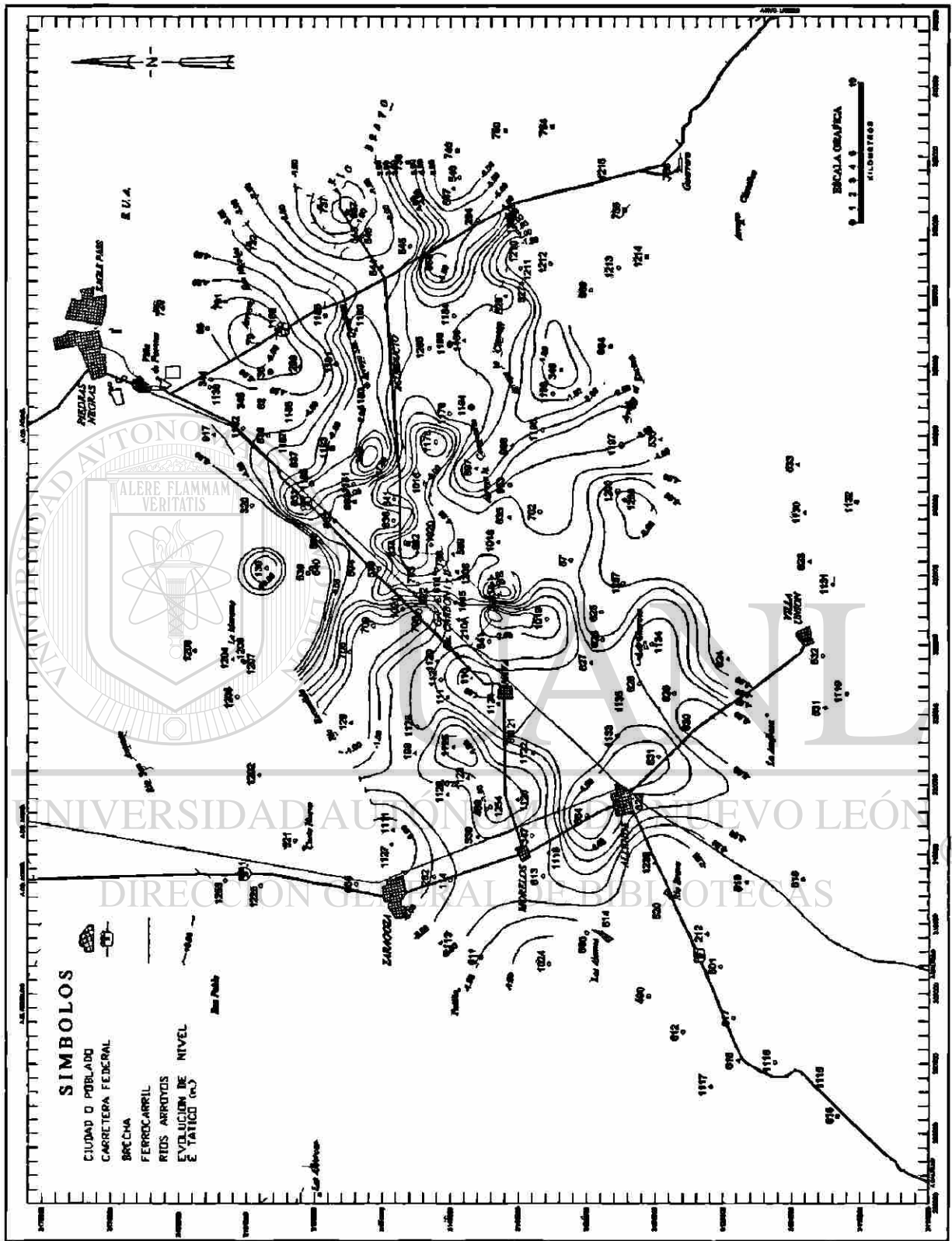


Figura 37. Evolución del nivel estático entre marzo de 1993 a octubre de 1996

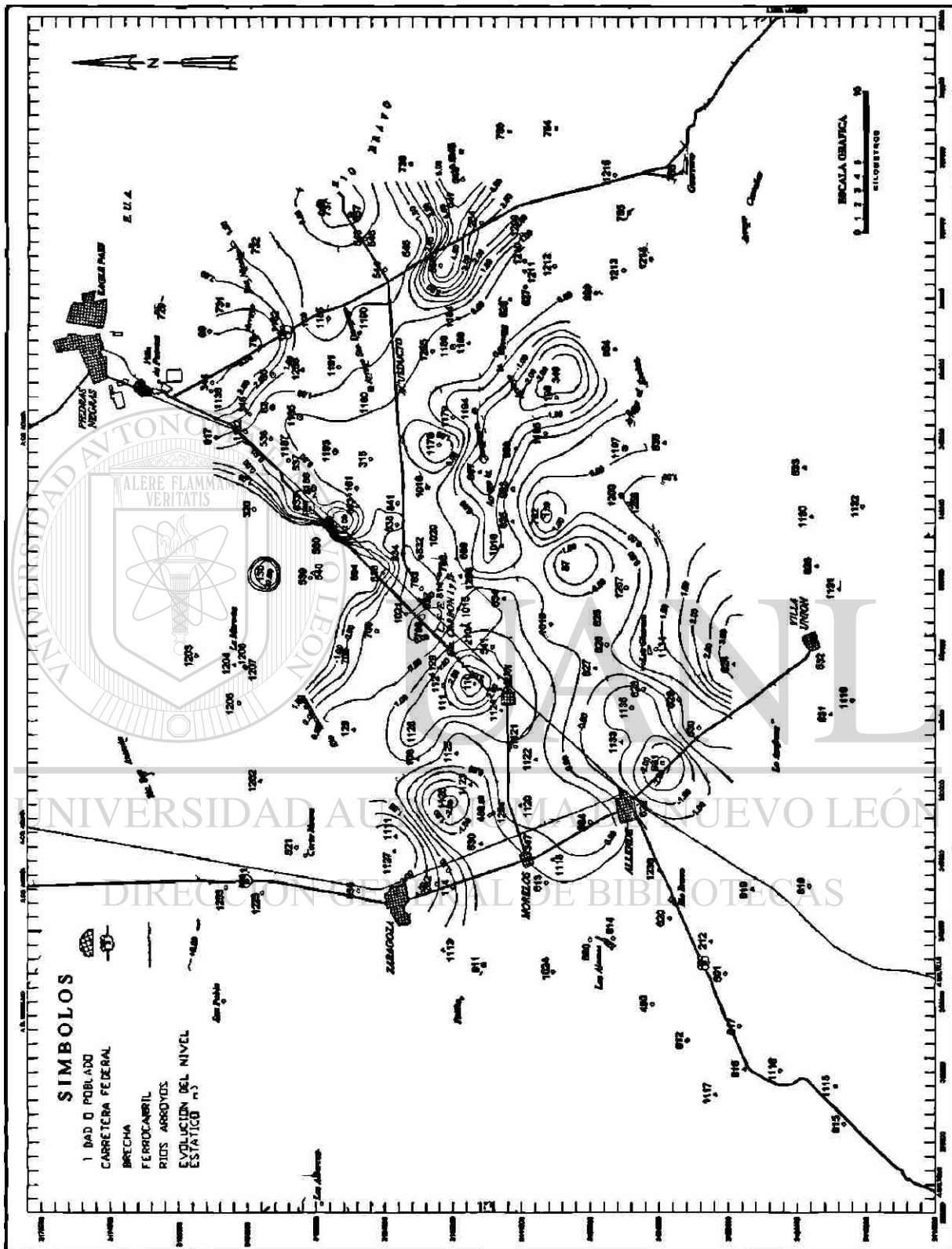


Figura 38. Evolución del nivel estático entre octubre de 1996 a noviembre de 1998

4.3 Parámetros Hidrodinámicos

Con el propósito de conocer las características hidráulicas (Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento, etc.) del acuífero Sabinas-Reynosa, en el área de estudio, la CFE realizó, entre 1979 y 1998, 43 pruebas de bombeo.

La localización de los pozos en los que se realizaron las pruebas de bombeo y los resultados obtenidos se muestran en plano 6.

El acuífero en el área de estudio presenta características hidrogeológicas altamente heterogéneas, como se puede observar con los caudales de producción de los aprovechamientos obtenidos del censo regional, que registran caudales de 0.30 l/s a 140 l/s. Se aprecia que un mismo sector tiene pozos con caudales muy altos o muy pobres.

De igual manera sucede con los parámetros hidráulicos, que acusan zonas con transmisividades y coeficientes de almacenamiento muy diferentes, a la vez.

Es importante mencionar que las pruebas de bombeo se efectuaron en pozos que captan tanto del acuífero superior (caliche arenoso) como del inferior (conglomerado).

4.3.1 Transmisividad

De acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas de bombeo efectuadas entre 1979 y 1998, los valores de transmisividad varían de 9.42 m²/día a 23414 m²/día. Los valores más altos corresponden a la zona de las Centrales Termoeléctricas.

4.3.2 Coeficiente de Almacenamiento

El coeficiente de almacenamiento se obtuvo de 24 pruebas de bombeo, y los valores oscilan de 1.03×10^{-2} a 6.06×10^{-5} (0.001 como promedio).

Para confirmar la información existente en el área de estudio, en 1996, personal de la CFE, realizó en las cercanías de la C.T. Carbón I, una serie de pruebas de bombeo en las que se observó en forma separada el acuífero superior e inferior.

De las pruebas de bombeo efectuadas en 1996 se obtuvieron los siguientes resultados;

ACUIFERO	TRANSMISIVIDAD m ² /día	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA m/día
SUPERIOR	776.68 a 8000.00	0.67×10^{-2} a 45.08×10^{-2}	64.62 a 1237.59
INFERIOR	45.30 a 600.00	0.68×10^{-3} a 8.10×10^{-3}	7.36 a 90.58

De los resultados obtenidos se desprende que el acuífero superior presenta en algunas zonas mejores condiciones hidráulicas que el acuífero inferior.

Los parámetros hidrodinámicos anteriores indican la gran heterogeneidad que presenta el acuífero.

5. HIDROGEOQUÍMICA

El estudio de los cambios que ocurren en la composición química del agua, a través del tiempo y durante el trayecto de circulación en el ciclo hidrológico, permite determinar la calidad química de ésta en la zona de estudio, así como inferir o confirmar ciertas evaluaciones asociadas con el funcionamiento del acuífero.

El agua contenida en el acuífero calizo emplazado en las Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak es principalmente un agua Cálculo-Bicarbonatada, en las porciones cercanas a los afloramientos de las unidades contenedoras y cambia a Cálculo-Sulfatada o Sódico-Bicarbonatada, al captarla más abajo, donde las evaporitas intercaladas entre los estratos no han sido removidas y, por lo tanto, influencia el agua que las atraviesa.

Asimismo, tomando en consideración que el agua contenida en el acuífero Sabinas-Reynosa, proviene fundamentalmente de la lluvia que alimenta al acuífero Calizo, es posible inferir la existencia de una interconexión hidráulica entre ambos, a través de zonas fracturadas; pues se observa una renovación rápida del agua del acuífero Sabinas-Reynosa, así como una modificación iónica de ésta.

El movimiento del agua en el subsuelo, durante su recorrido a través de diferentes litologías, inicia una acción disolvente y un intercambio iónico, procesos que continúan conforme el agua avanza, disolviendo sales y cambiando su composición química. Con base en estas modificaciones, es posible efectuar correlaciones de ciertos constituyentes químicos del agua, los cuales permiten determinar, con el apoyo de la geología e hidrología subterránea, propiedades asociadas con el funcionamiento del acuífero, como

son: la calidad del agua, la procedencia y variación de los constituyentes químicos, las familias y clases de agua, los esquemas generales del flujo subterráneo etc.

5.1 Muestreo y Análisis

De acuerdo con lo anterior, para la caracterización Hidrogeoquímica del agua del acuífero se han llevado a cabo desde 1979 a la fecha, muestreos de agua tanto en el nivel local como en el regional, del acuífero Sabinas-Reynosa a través de pozos, norias, manantiales y ríos, seleccionados de tal manera que fueran representativos y estuvieran distribuidos en forma aleatoria, en toda el área de estudio.

Las muestras de agua fueron remitidas y analizadas en el Laboratorio Químico de la Superintendencia de Estudios Zona Norte de la CFE, donde se les realizó un análisis físico-químico convencional para determinar los diferentes iones como: Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Bicarbonato (HCO_3^-), Sulfato (SO_4^-), Cloro (Cl^-) y Nitrato (NO_3^-). Adicionalmente se determinaron los Sólidos Totales Disueltos (STD), la dureza total mg/l de Carbonato de Calcio (CaCO_3) y Sílice (SiO_2) en mg/l.

La calidad química del agua fue evaluada con relación a los Sólidos Totales Disueltos y a las clasificaciones de agua, según: A. M. Piper, Stiff y Schoeller.

A continuación se describen las características hidrogeoquímicas presentes en el acuífero Sabinas-Reynosa, resultado del análisis e interpretación de los muestreos de agua realizados en las diferentes etapas del estudio.

5.1.1 Sólidos Totales Disueltos

Por el contenido de STD, según Davis y De Wiest (1967), de los 94 sitios muestreados; 66 presentan agua dulce, con STD menores que a 1000 mg/l y 28

corresponden a agua salobre, con STD superiores a los 1000 mg/l. De acuerdo con los estándares fijados en el contenido de STD, la CFE hizo la siguiente clasificación:

CLASIFICACION	CONCENTRACIONES DE STD en mg/l
AGUA DE BUENA CALIDAD	0 a 1000
AGUA CONDICIONADA	de 1000 a 2500
AGUA DE MALA CALIDAD	mayor que 2500

Con base en lo anterior, de los 100 sitios muestreados; 66 presentan agua de buena calidad, con STD menores a 1000 mg/l y 28, agua condicionada con STD entre 1000 y 2500 mg/l (Ver apéndice A, Tabla 6).

Los aprovechamientos con agua de buena calidad, se encuentran deseminados en toda el área de estudio, los de agua condicionada se distribuyen principalmente en la zona donde se ubican las Centrales Termoeléctricas Carbón I y II, en la porción Centro-Sur del área en estudio, así como al Noreste de las mismas (Figura 39).

5.1.2 Clasificación de A.M. Piper

Para clasificar la familia de agua según A. M. Piper, se procesaron los miliequivalentes por litro (r) obtenidos del análisis efectuado a las muestras, transformándolos a porcentaje de miliequivalentes (%r). Cuando un ion fue superior al 50 %, su presencia clasificó el agua como de este tipo, y cuando ninguno de los iones fue superior al 50 %, se clasificó como mixta.

De acuerdo con lo anterior, el agua subterránea en el área presenta 7 tipos de familia de agua:

FAMILIA DE AGUA	No. MUESTRAS
CALCICO-BICARBONATADA	51
CALCICO-MIXTA	25
CALCICO-SULFATADA	11
MIXTO-SULFATADA	2
MIXTO-MIXTA	3
MIXTO-BICARBONATADA	1
SODICA-MIXTA	1

La familia de agua con mayor frecuencia es la cálcico-bicarbonatada; asociada, en general, a agua de buena calidad. Le siguen, en orden de importancia, las familias cálcico-mixta y cálcico-sulfatada, las que se distribuyen principalmente en la zona de las C.Ts. Carbón I y II y al Noreste de la misma, así como al sur del área de estudio.

En la siguiente tabla, se presentan los niveles de concentraciones químicas que caracterizan a estas familias de agua:

FAMILIA DE AGUA	No. MUESTRAS	STD mg/l	Ca mg/l	Na mg/l	HCO ₃ mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l
CALCICO-BICARBONATADA	51	322.94 a 875.92	81.56 a 182	3.22 a 46.08	180.55 a 453.83	14.97 a 194.88	4.26 a 112.10
CALCICO-MIXTA							
a) Cálcico-Bicarbonatada/Sulfatada	10	518.94 a 1064.27	112.40 a 240.00	13.34 a 90.18	214.72 a 419.16	114.81 a 586.44	26.02 a 228.26
b) Cálcico-Sulfatada/Bicarbonatada	7	831.35 a 1094.80	128.19 a 195.19	11.98 a 76.38	252.79 a 366.27	259.59 a 359.42	30.03 a 115.73
c) Cálcico-Bicarbonatada/Clorurada	6	736.69 a 1299.42	128.00 a 192.00	42.91 a 134.32	297.67 a 366.00	114.81 a 236.61	105.06 a 280.29
d) Cálcico-Sulfatada/Clorurada	1	1117.35	168.00	100.27	280	319.48	300.22
e) Cálcico-Clorurada/Sulfatada	1	1189.71	200.00	97.06	322.08	289.62	236.72
	25						
CALCICO-SULFATADA	11	784.62 a 2319.69	124.80 a 396.00	37.25 a 299.60	68.32 a 380.64	320.84 a 1208.76	22.01 a 405.41

5.1.3 Clasificación de Stiff

Esta clasificación nos muestra los iones fundamentales presentes en el agua subterránea (Ca, Mg, Na, Cl, HCO₃ y SO₄), de acuerdo con ella se elaboraron diagramas de Stiff, para cada uno de los aprovechamientos muestreados, y se pueden apreciar sus valores, su incremento y la disminución de su contenido en miliequivalentes por litro.

De acuerdo con lo anterior, en la figura 40 se puede observar que al sur del área en estudio se presenta, una zona con un alto contenido en calcio y sulfato, asociada con agua del tipo cálcico-mixto y cálcico-sulfatado. Ésta forma una franja que se extiende desde los poblados de Allende y Villa Unión, hasta los aprovechamientos 749, 750, 751; cercanos al Río Bravo, con dirección de Suroeste a Este.

Otra zona de importancia es la que se observa en el área de las Centrales Termoeléctricas y al Noreste de las mismas, donde se puede apreciar el cambio que sufre el agua predominante en la zona (cálcico-bicarbonatada), al incrementarse el ion sulfato en los aprovechamientos que se ubican en las cercanías del Estanque de Enfriamiento de la C.T. Carbón I, siguiendo la Tendencia del flujo subterráneo. El posible incremento de sulfato en el área del estanque, se asocia al tipo de herbicida que emplea la central en el estanque con el propósito de combatir la proliferación de algas, el cual está compuesto por sulfato de cobre. Por otro lado, también se observa un incremento del cloro y del sodio, en los aprovechamientos localizados al sureste de los Tajos Mineros I y II de MICARE, asociado posiblemente con estas zonas mineras.

5.1.4 Clasificación de Schoeller

La clasificación de Schoeller está basada en 7 factores; los tres primeros permiten conocer las concentraciones de cloro, sulfato y bicarbonato; el cuarto factor delata la relación entre el cloro y el sodio, con índice de cambio de base; el quinto factor relaciona el calcio con el bicarbonato y los dos últimos indican la evolución de aniones y cationes.

Con base en lo anterior, en el área de estudio se logró definir 4 zonas con características hidrogeoquímicas diferentes entre sí (Ver figura 40).

Zona 1. Se localiza al oeste de los poblados de Zaragoza, Morelos, Allende y Villa Unión y se caracteriza por la presencia de agua del tipo 642-1a-5f, con variante 1b, rica en calcio y bicarbonatos:

Zona 2. Comprende la mayor parte del área de estudio y se caracteriza por la presencia de agua del tipo;

642-1a-6f, con variantes 1b, 3a y 3b
642-1a-5f, con variantes 1b y 3b
642-3a-4f
642-1a-6a, con variantes 3a y 3b
642-1a-5a
642-1a-2a

Las variantes corresponden a los factores cuarto y quinto de la clasificación de Schoeller.

Zona 3. Se localiza principalmente en el área de las Centrales Termoeléctricas y al noreste de las mismas y agrupa agua del tipo:

632-3a-4a
632-1a-3f
632-3a-4f
632-3a-3a
632-1a-1a
532-3a-1b

Zona 4. Se localiza en la porción sur del área de estudio, se extiende desde los poblados de Allende y Villa Unión, hasta los aprovechamientos 749, 750 y 751, que se encuentran cercanos al Río Bravo.

632-3a-4f, con variantes 1a
 632-1a-3f
 632-3a-6f
 632-3a-4e, con variantes 4a
 632-1a-3e
 632-1a-1e

Los términos de estos tipos de agua son:

FACTORES	DESCRIPCION
532 522 642 641 632	<p>PRIMER FACTOR</p> <p>(5) rCl 40 a 16 (oligoclorurada) (6) rCl menor de 10 (clorurado normal)</p> <p>SEGUNDO FACTOR</p> <p>(4) rSO4 menor de 6 (sulfato normal) (3) rSO4 entre 24 a 6 (oligosulfatado) (2) rSO4 entre 58 a 24 (sulfatado)</p> <p>TERCER FACTOR</p> <p>(1) rHCO3 mayor a 7 (hipercarbonatada) (2) rHCO3 entre 2 a 7 (bicarbonatado normal)</p>
1a 1b 3a 3b	<p>CUARTO FACTOR</p> <p>(1) rCl > rNa, con índice de cambio de base positivo (3) rCl < rNa, con índice de cambio de base negativo</p> <p>QUINTO FACTOR</p> <p>(a) rCa > rHCO3 (b) rCa < rHCO3</p>
6f 5f 4f 3f 2f 6e 5e 4e 3e 2e 1e 1b	<p>SEXTO FACTOR</p> <p>(6) rHCO3 > rSO4 > rCl (5) rHCO3 > rCl > rSO4 (4) rSO4 > rHCO3 > rCl (3) rSO4 > rCl > rHCO3 (2) rCl > rHCO3 > rSO4 (1) rCl > rSO4 > rHCO3</p> <p>SEPTIMO FACTOR</p> <p>(b) rNa > rCa > rMg (e) rCa > rNa > rMg (f) rCa > rMg > rNa</p>

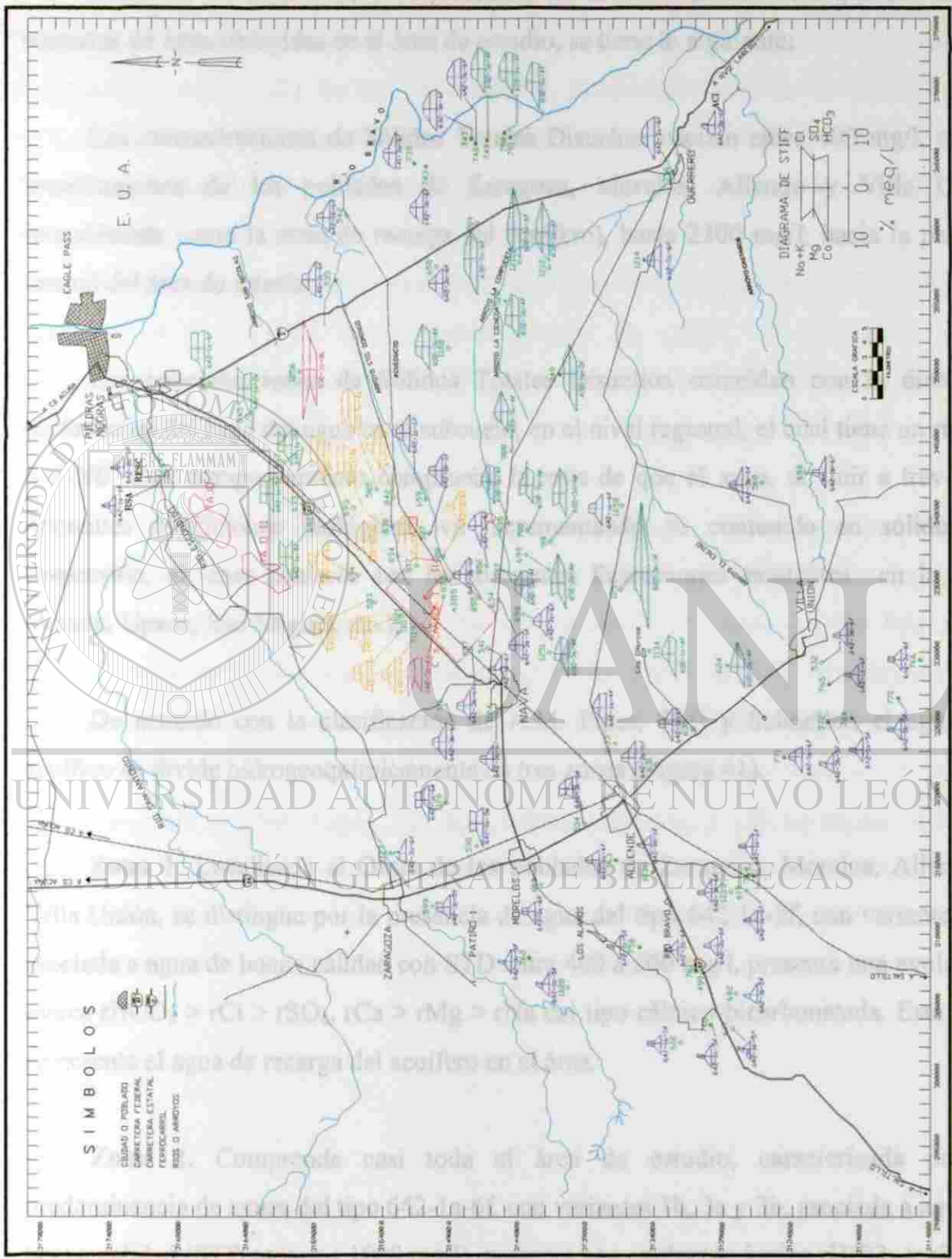


Figura 40. Clasificación de Stiff y Schoeller

5.1.5 Interpretación Hidrogeoquímica

Con base en el análisis y clasificación de la información fisico-química de las muestras de agua obtenidas en el área de estudio, se tiene lo siguiente:

Las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos oscilan entre 400 mg/l, en las inmediaciones de los poblados de Zaragoza, Morelos, Allende y Villa Unión (considerada como la zona de recarga del acuífero), hasta 2300 mg/l, hacia la porción central del área de interés.

Las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos coinciden con la dirección preferencial del flujo del agua en el subsuelo, en el nivel regional, el cual tiene un rumbo SW-NE. Este comportamiento comprueba la tesis de que el agua, al fluir a través de diferentes condiciones litológicas, va incrementando su contenido en sólidos en suspensión, al tener contacto con las diferentes formaciones existentes en la zona (Austin, Upson, San Miguel, etc.).

De acuerdo con la clasificación de A.M. Piper, Stiff y Schoeller, el agua del acuífero se divide hidrogeoquímicamente en tres zonas (Figura 41).

Zona 1. Localizada al Oeste de los poblados de Zaragoza, Morelos, Allende y Villa Unión, se distingue por la presencia de agua del tipo 642-1a-5f, con variantes 1b, asociada a agua de buena calidad con STD entre 400 a 500 mg/l, presenta una evolución iónica $r\text{HCO}_3 > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$, $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r\text{Na}$ del tipo cálcico-bicarbonatada. Esta zona representa el agua de recarga del acuífero en el área.

Zona 2. Comprende casi toda el área de estudio, caracterizada por la predominancia de aguas del tipo 642-1a-6f, con variantes 1b, 3a y 3b, asociada a agua de buena calidad (STD menor a 1000 mg/l), presenta una evolución iónica $r\text{HCO}_3 > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$, $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r\text{Na}$ que corresponde a aguas cálcico-bicarbonatadas.

Es importante señalar que las características químicas del agua de esta zona se ven alteradas en el área de las C.Ts. Carbón I y II y al Sureste de los Tajos I y II de MICARE; en la primera se presenta un incremento en el contenido del ion sulfato en las muestras de agua obtenidas de los aprovechamientos ubicados en las cercanías del estanque de enfriamiento de la C.T. Carbón I, extendiéndose hacia los pozos que se encuentran al noreste de las mismas, siguiendo la tendencia del flujo subterráneo. Se asocia a agua condicionada (STD superiores a los 1000 mg/l), del tipo cálcico-sulfatado.

La segunda presenta un incremento en los iones de sodio y cloro de 42.31 a 134.32 mg/l y 105.08 a 280.29 mg/l respectivamente. Se asocia, en general, a aguas condicionadas (STD de 1000 a 2500 mg/l), del tipo cálcico-mixto (cálcico-bicarbonatado/clorurado).

Zona 3. Ubicada al Sur del área de estudio, forma una franja que se extiende, desde las inmediaciones de los poblados de Allende y Villa Unión hasta los aprovechamientos 749, 750 y 751, que se encuentran cercanos al Río Bravo. Se caracteriza por la presencia en general de aguas del tipo 632-1a-4f con variantes 1a, presenta una evolución iónica $rSO_4 > rHCO_3 > rCl$, $rCa > rMg > rNa$, con índice de cambio de base (i.c.b) negativo. Esta zona se asocia principalmente a agua condicionada (STD de 1000 a 2500 mg/l), del tipo cálcico-sulfatada a cálcico-mixta (cálcico-bicarbonatada/sulfatada), con predominancia del ion calcio y sulfato, este último sugiere que el agua tiene contacto con materiales influenciados por la presencia de yesos y anhidritas (Formaciones Upson, San Miguel y Escondido).

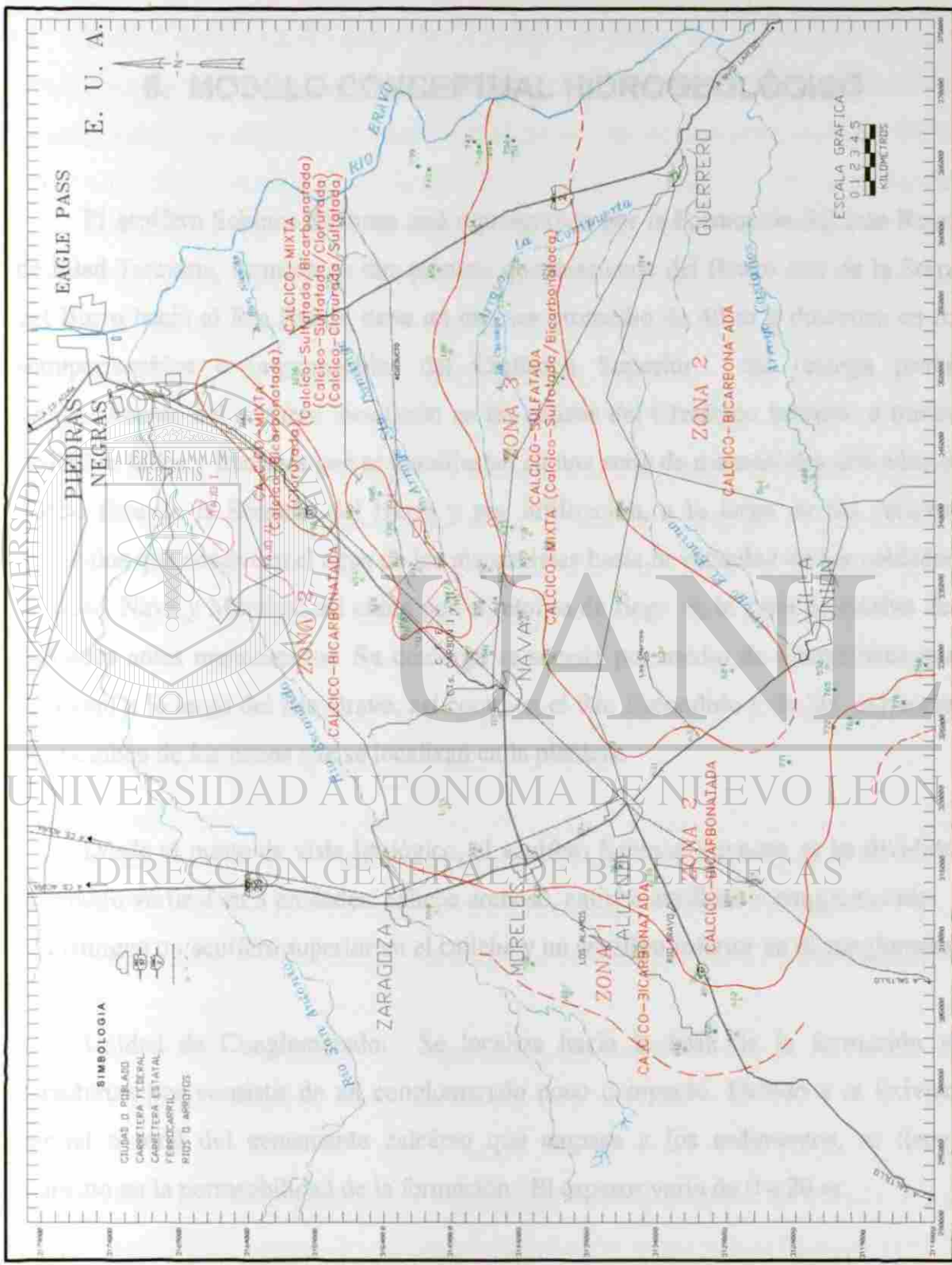


Figura 41. Zonificación hidrogeoquímica

6. MODELO CONCEPTUAL HIDROGEOLÓGICO

El acuífero Sabinas-Reynosa está representado por la Formación Sabinas-Reynosa de Edad Terciaria, formada en una planicie que desciende del flanco este de la Serranía del Burro hacia el Río Bravo; tiene un espesor promedio de 40 m y descansa en rocas semipermeables e impermeables del Cretácico Superior. Su recarga proviene principalmente del acuífero localizado en las calizas del Cretácico Inferior, a través de pequeñas fallas y fracturas que se manifiestan en una serie de manantiales ubicados en el flanco Este de la Serranía del Burro y por infiltración, a lo largo de los canales no revestidos que conducen el agua de los manantiales hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos; así como por el retorno de riego en la zona de cultivo de los poblados antes mencionados. Su descarga se sucede por medio de manantiales que se localizan a lo largo del Río Bravo, así como en el Río Escondido y de las extracciones por bombeo de los pozos que se localizan en la planicie.

Desde el punto de vista litológico, el acuífero Sabinas-Reynosa se ha dividido en el sentido vertical en 3 unidades: caliche arenoso, caliche arcilloso y conglomerado. Así se distingue un acuífero superior en el caliche y un acuífero inferior en el conglomerado

Unidad de Conglomerado: Se localiza hacia la base de la formación y se caracteriza por consistir de un conglomerado poco compacto. Debido a la lixiviación parcial o total del cementante calcáreo que empaqueta a los sedimentos, se tiene un aumento en la permeabilidad de la formación. El espesor varía de 0 a 20 m.

Unidad Caliche Arcilloso: Se localiza en la parte media de la formación y consiste de sedimentos de granulometría que varía desde arena de grano fino y arcillas bien

compactados y empacados en un cementante que le da las características y textura similares a una caliza; su espesor varía de 0 a 15 m.

Unidad de Caliche Arenoso.- Es la unidad que cubre concordantemente a las dos unidades mencionadas y consiste en una alternancia de estratos con sedimentos de granulometría, que varía de arenas y arcillas en una matriz calcárea compacta. Presenta textura de calizas en algunos sectores de la región; por su composición granulométrica presenta permeabilidad baja; sin embargo, por infiltración, flujo y ataque de agua meteórica, se produce lixiviación de los carbonatos, dándole una porosidad secundaria que le permite almacenar pequeños volúmenes de agua que son extraídos por pozos y norias en la región. Su espesor varía de 0 a 20 m.

Cabe mencionar que en algunas ocasiones esta unidad llega a aportar la mayor parte del caudal que se extrae de los pozos que captan tanto del acuífero inferior como del superior. Asimismo, se ha observado en algunos casos que éste presenta transmisividades y conductividad hidráulica superiores al conglomerado.

Dada la heterogeneidad del depósito, el acuífero presenta condiciones geohidrológicas desde libre, semiconfinado y confinado.

La dirección de la inclinación de la base del conglomerado es, en forma general, de Poniente a Oriente; se encuentran las cotas más bajas en los límites con el Río Bravo, con la misma dirección que presenta la tendencia de los espesores del conglomerado.

La dirección preferencial del flujo subterráneo es SW-NE, con elevaciones que varían de 420 a 215 msnm.

El flujo de entrada horizontal a la parte baja de las subcuencas se efectúa en forma general, con cuatro cambios de gradiente hidráulico: el primero, con un valor de 0.0055 correspondiente a las elevaciones entre 420 a 360 msnm; el segundo, con valor de 0.0039 entre las elevaciones de 360 a 310 msnm; el tercero, entre las elevaciones 310 a

250, con un valor de 0.0025 y el último gradiente hidráulico, que se incrementa a 0.0058, en la salida del acuífero.

El acuífero Sabinas-Reynosa se encuentra limitado por el Río Bravo hacia el oriente, por el contacto con roca consolidada de la Serranía del Burro hacia el occidente, por el Río Escondido, al norte y por el Arroyo Castaños al sur; con una longitud de 61 Km por 43 Km de ancho y un espesor que varía de 0 a 15 m en la porción oeste y hacia la parte central presenta un espesor promedio de 40 m, y descansa discordantemente en rocas semipermeables e impermeables del Cretácico Superior. Presenta una leve inclinación hacia el Este con mayor elevación (450 msnm) de la base del conglomerado en las inmediaciones del poblado de Allende disminuyendo hasta 200 msnm en las inmediaciones del Río Bravo. La variación de niveles topográficos es de 250 m, en una distancia de 72 Km en dirección de la Serranía del Burro al Río Bravo. A partir de la Serranía del Burro, las pendientes varían de mayor a menor 4.78, 1.89 y 0.86 al millar.

Límite Occidental.- La recarga del acuífero Sabinas-Reynosa ocurre en su límite occidental, originada por aportaciones ascendentes, a través de las Formaciones Austin y Eagle Ford; por infiltración, a lo largo de los canales no revestidos que conducen el agua de los manantiales localizados en el flanco este de la Serranía del Burro, hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos, así como por el retorno de riego en las zonas de cultivo de los poblados antes mencionados.

La presencia de manantiales en esta zona, permite establecer la existencia de flujo vertical de agua a través de pequeñas fallas y fracturas, proveniente del acuífero calizo que componen las Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak, hasta la Formación Austin. Otra evidencia de la existencia de flujo vertical, es la presencia de turbulencia y acumulaciones de arena producidos por el agua en su salida a la superficie.

Límite Oriental.- La descarga natural del acuífero Sabinas-Reynosa se manifiesta principalmente a través de una serie de manantiales localizados a lo largo de la margen derecha del Río Bravo.

En los manantiales, la salida del agua se lleva a cabo a través del fracturamiento de la capa de caliche, por la disminución de espesor en la Formación Sabinas-Reynosa y por el cambio brusco de pendiente en la topografía hacia el Río Bravo.

Límite Norte (Río Escondido).- No existe relación río - acuífero en la zona alta (Manantial Río Escondido-Zaragoza). En la zona baja (entre Zaragozas-confluencia del Río San Antonio), el Río Escondido recibe aporte de agua del acuífero Sabinas-Reynosa.

Límite Sur (Arroyo Castaños).- El Arroyo Castaños no tiene relación con el acuífero Sabinas-Reynosa, ya que la formación que contiene el acuífero es cortada por el cauce del arroyo, en un sector compuesto por caliche y ausencia de conglomerado. Además, se caracteriza por la existencia de aprovechamientos de muy bajo rendimiento.

De acuerdo con sus características hidrogeológicas, el acuífero Sabinas-Reynosa fue dividido en 5 zonas (Figura 42).

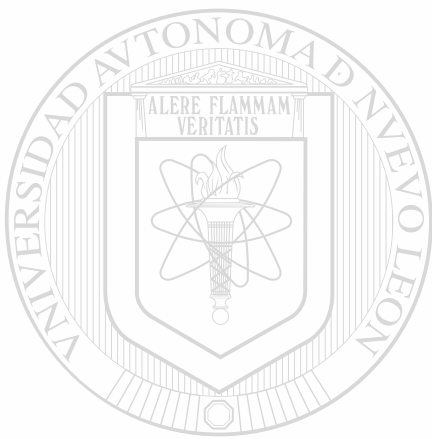
Zona 1.- Representa el área con las mejores condiciones hidráulicas del acuífero y en ella se encuentran localizadas las C.T's Carbón I y II. Se distingue por el predominio de pozos de alto rendimiento (> 36 l/s), transmisividades de los 301 m²/día a 23414 m²/día, con un promedio de 3173 m²/día. Presenta agua de buena calidad (STD < 1000 mg/l) del tipo calcico-bicarbonatado.

Zona 2.- Se caracteriza por la presencia de pozos con caudales de los 16 l/s a 36 l/s y transmisividades que oscilan de 213 m²/día a 2506 m²/día, con un promedio de 1451 m²/día. Presenta agua de buena calidad (STD < 1000 mg/l) del tipo calcico-bicarbonatado en la parte Norte del área de estudio y agua condicionada (STD 1000 a 2500 mg/l), con la predominancia del ion calcio y sulfato, hacia la porción sur del área.

Zona 3.- Incluye pozos con caudales de los 4 l/s a 36 l/s con transmisividades de 956.93 m²/día. Su agua es de buena calidad, del tipo calcico-bicarbonatado.

Zonas 4 y 5.- Son de bajo rendimiento hidráulico, con caudales de 0 l/s a 16 l/s y transmisividades de 9 m²/día a 104 m²/día, con promedio de 49.00 m²/día en la zona 4 y de 36.00 m²/día en la zona 5. La zona 4 presenta agua de buena calidad, en tanto que la zona 5 tiene agua de buena calidad; como condicionada, esta última sulfatada.

De acuerdo con el comportamiento estructural de la base y espesor del conglomerado, se ha podido definir que algunas zonas coinciden con las mejores condiciones hidráulicas del acuífero; sin embargo, esta relación no se puede extrapolar, ya que también se han observado zonas con características hidráulicas bajas, debido posiblemente a la transformación del conglomerado a caliche.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

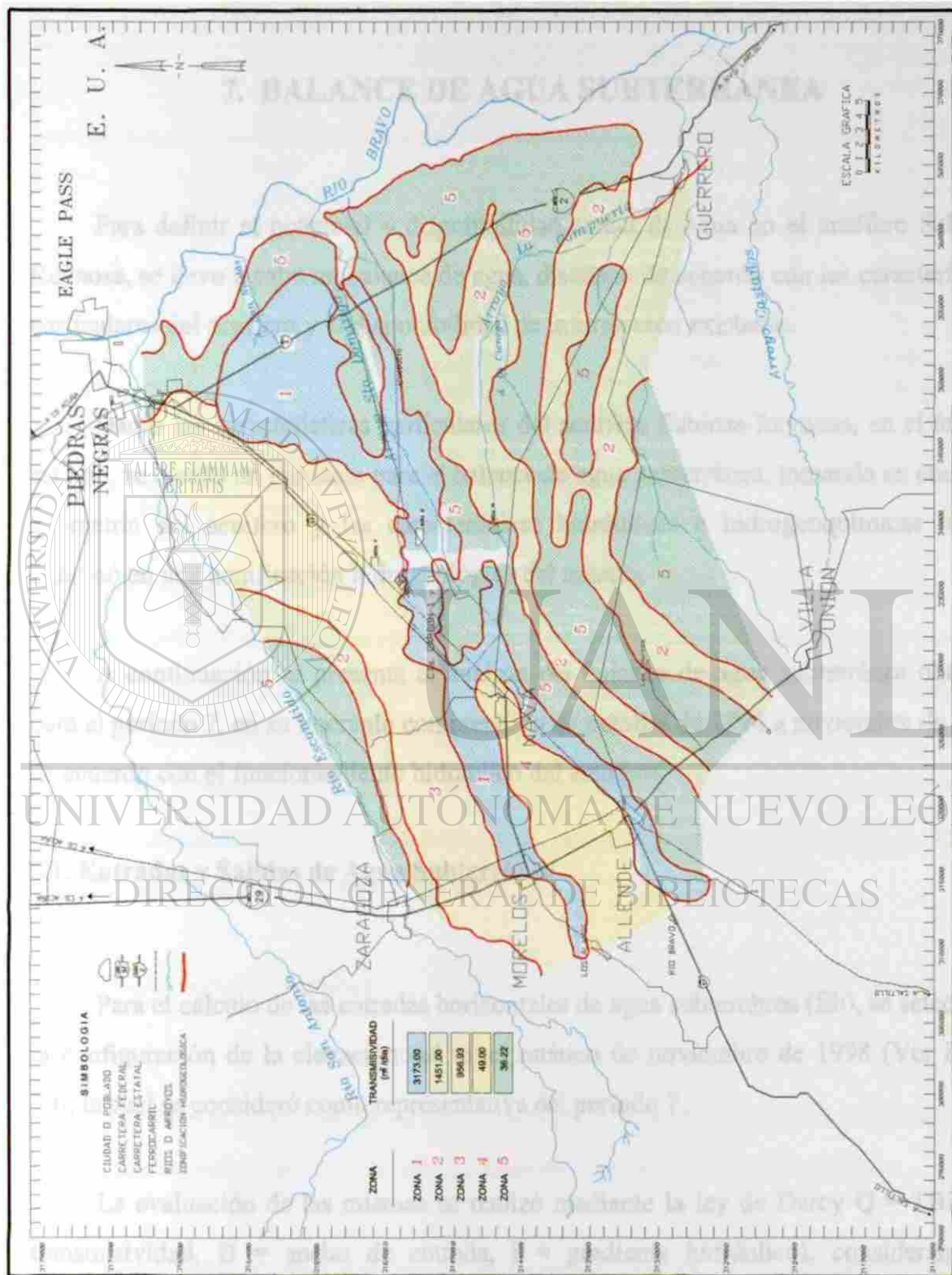


Figura 42. Zonificación hidrogeológica

7. BALANCE DE AGUA SUBTERRÁNEA

Para definir el potencial y disponibilidad actual de agua en el acuífero Sabinas-Reynosa, se llevo a cabo un balance de agua, diseñado de acuerdo con las características particulares del acuífero y la disponibilidad de información existente.

Dadas las características particulares del acuífero Sabinas-Reynosa, en el área de estudio, se diseñó un esquema para el balance de agua subterránea, tomando en cuenta la geometría del acuífero y las características hidráulicas e hidrogeoquímicas lo que culminó en una zonificación hidrogeológica del mismo.

A continuación se presenta el análisis del balance de agua subterránea obtenido para el período 7, en su intervalo comprendido de octubre de 1996 a noviembre de 1998, de acuerdo con el funcionamiento hidráulico del acuífero.

7.1. Entradas y Salidas de Agua Subterránea

Para el cálculo de las entradas horizontales de agua subterránea (E_h), se seleccionó la configuración de la elevación del nivel estático de noviembre de 1998 (Ver Figura 30), la cual se consideró como representativa del período 7.

La evaluación de las mismas se realizó mediante la ley de Darcy $Q = TBi$ (T = transmisividad, B = ancho de entrada, i = gradiente hidráulico), considerando la zonificación hidrogeológica del acuífero para una área de 1530 km^2 .

PERIODO
OCTUBRE 1996/NOVIEMBRE 1998
CAUDAL DE ENTRADA POR FLUJO SUBTERRANEO

CANAL No.	ANCHO B (m)	TRANSMISIVIDAD T (m ² /d/a)	GRADIENTE HIDRAULICO i = (h ₁ - h ₂)/L	CAUDAL DE ENTRADA QE (m ³ /s)
1	3000	1451.50	0.0045	0.226
2	3000	956.93	0.0050	0.166
3	2100	3173.00	0.0062	0.478
4	4500	49.00	0.0050	0.012
5	2800	3173.00	0.0055	0.565
6	4500	36.22	0.0055	0.010
7	2200	1451.50	0.0050	0.184
8	3000	36.22	0.0045	0.005
9	3300	1451.50	0.0055	0.305
10	1800	36.22	0.0057	0.004
<small>h₁-h₂ es la pérdida de recarga en la distancia L</small>				QEht = 1.955

Las salidas horizontales de agua subterránea del acuífero Sabinas-Reynosa, en el área de estudio (Sh), están representadas por 38 manantiales que constituyen la descarga natural del acuífero y se localizan entre los poblados de Piedras Negras y Guerrero a lo largo del Río Bravo y en las cercanías del ejido La Maroma. Estos representan un volumen de extracción anual de 0.139 m³/s en promedio, así como por la descarga que realiza el acuífero al Río Escondido, entre las secciones de Aforo I y II del río, considerándose un promedio de 0.471 m³/s.

7.2 Extracciones por Bombeo

Se tomaron en cuenta todos los aprovechamientos que se encontraron dentro del área que se consideró para el análisis del balance, durante el período analizado.

En resumen, se tiene que para 1998, el caudal total de extracción por bombeo del acuífero Sabinas-Reynosa en la zona de estudio (Sb), es de 2.577 m³/s.

7.3 Recarga

La recarga del acuífero Sabinas-Reynosa ocurre en su límite occidental, originada por aportaciones ascendentes a través de las Formaciones Austin y Eagle Ford (Ev_1), por infiltración a lo largo de los canales no revestidos, que conducen el agua de los manantiales localizados en el flanco Este de la Serranía el Burro, hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos (Ev_2), así como por retorno de riego en las zonas de cultivo de los poblados antes mencionados (Ev_3).

De acuerdo con lo anterior, así como por los resultados obtenidos de los estudios efectuados en la zona, se tiene una recarga por infiltración a través de canales y retorno por riego, de 0.748 y 1.145 m³/s respectivamente.

Los elementos de juicio o bases para disponer la ausencia de recarga por lluvia sobre la planicie se expresaron en el capítulo 4.

Para estimar la recarga total del acuífero se planteó la ecuación del balance, en su forma más elemental.

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Cambio de Almacenamiento}$$

Las entradas están integradas por el agua subterránea Eh y la recarga al acuífero R ($Ev_1 + Ev_2 + Ev_3$), las salidas por el agua subterránea que sale del acuífero Sh , más las extracciones por bombeo Sb , el cambio de almacenamiento producto del ascenso o descenso de la superficie freática del acuífero AV , multiplicado por el coeficiente de almacenamiento S . Así se obtiene:

$$Eh + R - Sh - Sb = \pm AVS$$

Debido a que el término, Ev_1 no puede ser evaluado con precisión, se lo consideró en la ecuación de balance como factor de recarga. Por lo que la ecuación de balance quedará de la siguiente manera:

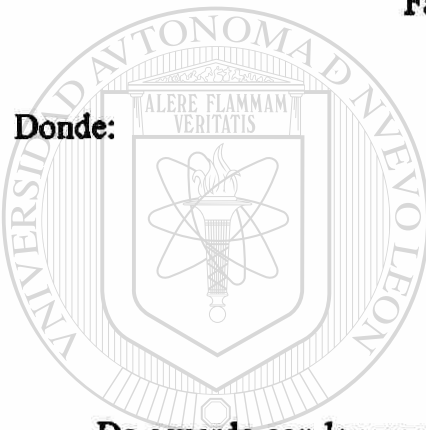
$$Eh + \text{Factor de recarga} + Ev_2 + Ev_3 - Sh - Sb = \pm AVS$$

Se sustituye:

$$1.955 + \text{Factor de recarga} + 0.748 + 1.145 - 0.610 - 2.577 = 6.33 \times 0.001$$

$$\text{Factor de recarga} = -0.655 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:



$$R = Ev_1 + Ev_2 + Ev_3$$

$$R = 1.238 \text{ m}^3/\text{s}$$

De acuerdo con los resultados de la recarga obtenida para el período analizado, se tiene que, dependiendo del período en que se realice el balance, será la cantidad de agua que es posible extraer del acuífero.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Es factible drenar un sistema acuífero en el que los niveles dependan de la recarga, durante los períodos secos, para abatir los niveles, y después, en los períodos húmedos, cuando se presenta la recarga, recuperar dichos niveles; sin embargo, en la región, las extracciones por bombeo se han ido incrementando paulatinamente, lo cual es evidente a partir de 1993. Esto ha provocado que se rompa en determinado momento dicho equilibrio, originando que los niveles de agua descendan sin lograr recuperar su estado normal inicial. Efecto que ha ocasionado la inutilización en la región de algunos pozos y norias o la disminución gradual de sus caudales y que indican la sobreexplotación del acuífero.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación desarrollada en este trabajo modifica sustancialmente la hipótesis del conocimiento de las características geohidrológicas del acuífero Sabinas-Reynosa y responde a la interrogante sobre el estado actual de explotación del mismo.

Los resultados obtenidos indican que en el área existe un sistema acuífero integrado por material granular de relleno y material consolidado (roca).

El acuífero en material granular de relleno (acuífero Sabinas-Reynosa), está representado por la Formación Sabinas-Reynosa de Edad Terciaria, depositada en una planicie que desciende del flanco este de la Serranía del Burro hacia el Río Bravo, tiene un espesor promedio de 40 m y descansa sobre en rocas semipermeables e impermeables del Cretácico Superior. Su recarga proviene principalmente del acuífero localizado en las calizas del Cretácico Inferior a través de pequeñas fallas y fracturas que se manifiestan en una serie de manantiales ubicados en el flanco Este de la Serranía del Burro y por infiltración a lo largo de los canales no revestidos, que conducen el agua de los manantiales hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos. Así como por el retorno de riego en la zona de cultivo de los poblados antes mencionados. Su descarga natural se sucede en un aliniamiento de manantiales que se localizan a lo largo de la margen derecha del Río Bravo, así como en la margen derecha del Río Escondido en la proximidad del ejido La Maroma y de las extracciones por bombeo de los pozos que se localizan en la planicie.

El acuífero en roca (acuífero Calizo), se localiza en formaciones del Cretácico Inferior y es constituido por varios intervalos permeables por disolución presente en

estratos o fisuras, ubicados dentro de las Formaciones West Nueces, Mc Knight y Salmon Peak. Su zona de recarga se localiza en la parte central de la Serranía del Burro, donde se encuentran mayormente expuestas estas unidades, el acuífero es confinado por rocas de la Formación del Río de edad Cretácico Superior. Su descarga, se realiza principalmente a través de pequeñas fallas y fracturas que se manifiestan en una serie de manantiales ubicados en el flanco Oriental de la Serranía del Burro, considerada como la zona donde se recarga el acuífero constituido de material granular de relleno (Acuífero Sabinas-Reynosa).

La Formación Sabinas-Reynosa, está formada en general de conglomerado de composición calcárea y caliche, caracterizado de una gran heterogeneidad ya que se presenta en forma masiva, lenticular con estratificación cruzada y ocasionalmente formando facies de paleocorrientes. Desde el punto de vista litológico, la Formación Sabinas-Reynosa se ha dividido en el sentido vertical en 3 unidades: caliche arenoso, caliche arcilloso y conglomerado. Así se distingue un acuífero superior en el caliche y un acuífero inferior en el conglomerado. Por la heterogeneidad del depósito, el acuífero presenta condiciones geohidrológicas desde libre, semiconfinado y confinado.

Tomando en cuenta su geometría, características hidráulicas e hidrogeoquímicas el acuífero Sabinas-Reynosa, fue dividido en 5 zonas hidrogeológica diferentes entre sí: ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
POZOS DE ALTO RENDIMIENTO CAUDALES > 36 l/s	POZOS CON CAUDALES DE 18 A 36 l/s	POZOS CON CAUDALES DE 4 A 36 l/s	POZOS DE BAJO RENDIMIENTO CAUDALES DE 0 A 18 l/s	POZOS DE BAJO RENDIMIENTO CAUDALES DE 0 A 18 l/s
TRANSMISIVIDADES DEL ORDEN DE LOS 301 A 23 414 m ² /día 3 173 m ² /día COMO PROMEDIO	TRANSMISIVIDADES DEL ORDEN DE LOS 213 A 2 908 m ² /día 1 481 m ² /día COMO PROMEDIO	TRANSMISIVIDADES DEL ORDEN DE 89,83 m ² /día	TRANSMISIVIDADES DEL ORDEN DE LOS 9 A 104 m ² /día 48 m ² /día COMO PROMEDIO	TRANSMISIVIDADES DEL ORDEN DE LOS 9 A 94 m ² /día 36 m ² /día COMO PROMEDIO
AGUA DE BUENA CALIDAD STD < 1 000 mg/l TIPO CALCICO-BICARBONATADA	PORCIÓN NORTE: AGUA DE BUENA CALIDAD STD < 1 000 mg/l CALCICO-BICARBONATADA PORCIÓN SUR: AGUA CONDICIONADA STD 1 008 A 2 890 mg/l CALCICO-SULFATADA	AGUA DE BUENA CALIDAD STD < 1 000 mg/l TIPO CALCICO-BICARBONATADA	AGUA DE BUENA CALIDAD STD < 1 000 mg/l TIPO CALCICO-BICARBONATADA	PORCIÓN NORTE: AGUA DE BUENA CALIDAD STD < 1 000 mg/l CALCICO-BICARBONATADA PORCIÓN SUR: AGUA CONDICIONADA STD 1 008 A 2 890 mg/l CALCICO-SULFATADA

Es factible que en un sistema acuífero, en donde los niveles dependan de la recarga provenientes de otro acuífero, drenar éste durante los periodos secos abatiendo los niveles, para después en los periodos húmedos en donde se presenta la recarga recuperar dichos niveles. Sin embargo en la región las extracciones por bombeo se han ido incrementando paulatinamente de 1979 a 1998, siendo más evidente a partir de 1993.

Esto ha provocado que se rompa en determinado momento dicho equilibrio, originando que los niveles de agua desciendan sin lograr recuperar su estado normal inicial. Efecto que ha provocado en la región, la inutilización de pozos y norias y/o la disminución gradual de los caudales de los mismos y que indican la sobreexplotación del acuífero.

Para conocer el funcionamiento hidráulico del acuífero Sabinas-Reynosa, con una extracción adicional a la actual, y predecir el abatimiento de niveles que ocurrirán en el acuífero, es necesario establecer una técnica de estudio. Al respecto existen modelos físicos y matemáticos para predecir sus efectos. En este caso se recomienda la realización de un modelo matemático que reproduzca la variación de niveles en función del tiempo e integrar los elementos de la ecuación del balance anteriormente desarrollada. Con el fin de fijar a futuro políticas de explotación, con la premisa de utilizar racionalmente el acuífero.

Asimismo, es necesario que, de acuerdo con los resultados obtenidos del presente trabajo, las autoridades correspondientes, reglamenten la veda y regulen el uso del acuífero Sabinas-Reynosa, para evitar un mayor daño al mismo.

Es importante continuar, como hasta la fecha, con las mediciones piezométricas del acuífero, a fin de obtener la información de la variación de sus niveles de agua y sus causas. Además de continuar con los estudios geohidrológicos que permitan ampliar el conocimiento del acuífero, en particular de la unidad de caliche arenoso, así como de los efectos que provocan las obras mineras construidas por MICARE, en la localidad.

Si el acuífero Calizo representa una fuente alterna para el abastecimiento de agua a la región, esta aseveración requiere de un mejor análisis evaluativo, que permita una extracción regulada que no altere el aporte natural al acuífero Sabinas-Reynosa.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, C. F. (1954). Reconocimiento geológico de las sierras que limitan al Este, Sur y Oeste de la cuenca carbonífera de Sabinas, Coah. Informe técnico confidencial.
- Acuaplan, S. A. (1984). Estudio de prospección geohidrológica en la Serranía del Burro al Norte del Estado de Coahuila.
- Adkins W. S. et al. (1975). The Geology of Texas. Vol. 1. Stratigraphy. University of Texas, Austin.
- Ariceaga M. C. y Arriaga A.F. (1987). Informe Geológico de la cuenca de Fuentes-Río Escondido, Coah. NC-3. C.F.E.
-
- Arriaga A. F. (1991). Reporte de actividades para el censo y localización de los manantiales en la frontera poniente del acuífero Sabinas Reynosa. Informe inédito C.F.E.
- Arriaga A. F. (1991). Geología de apoyo al modelo matemático del acuífero Sabinas-Reynosa. Informe inédito C.F.E.
- Back W. y Lesser. J. M. (1973). Factores hidrogeológicos que influyen en la presencia de la línea de Agua Mala en la zona norte del Estado de Coahuila.
- Bay A. T. Jr. (1977). Lower Cretaceous Stratigraphy models from Texas and México. Bureau of Economic Geology. Report of investigation No. 89.

- Bebout D. G. et al. (1977). Porosity distribution in the Stuart City Trend, Lower Cretaceous South Texas. Bureau of Economic Geology Report of investigation no. 89.
- Blatt, Middleton y Murray. (1990). Origin of Sedimentary Rocks. Second Editore Prentice-Hall Inc. New Jersey. cap. 15 (Evaporite and native sulfur) p 538-565.
- CFE. (1980). Brigada de estudios Geohidrológicos. Estudio geohidrológico sucesivo del sistema acuífero calizo y conglomerado Sabinas Reynosa P.T. Carbón II. Informe inédito.
- Carrasco V. B. (1978). Estudio litoestratigráfico de las rocas sedimentarias perforadas en cinco pozos en el Area El Refugio Zaragoza, Coah.
- CFE. (1979). Geología básica regional de la Subcuenca hidrológica Acuña-Laredo. Series Técnicas de CFE No. 2.
- CFE. (1980). Estudio geohidrológico sucesivo del sistema acuífero calizo y conglomerado Sabinas-Reynosa C.T. Carbón II. Informe inédito.
- CFE. (1983). Servicio de prospección geohidrológica en la zona de Boquillas del Carmen, Estado de Coahuila.
- Custodio E. Llamas M.R. (1983). Hidrología Subterránea Ed. Omega.
- CFE. (1983). Resumen Pozos de exploración en las áreas El Refugio y el Remolino. C. T. Río Escondido.
- CFE. (1985). Investigaciones Hidrogeológicas en el conglomerado Sabinas-Reynosa. C.T. Carbón II. Informe inédito.

- CFE. (1986). Resumen de actividades geohidrológicas. C.T. Carbón II. Informe inédito.
- Castillo A. J. A. (1989). Abastecimiento de agua para la C.T. Carbón II (unidades 1 Y 2). Informe inédito.
- CFE. (1991). Estudio geohidrológico del sistema acuifero en calizas de la porción Norte del Estado de Coahuila (Etapa de Prefactibilidad). Informe inedito.
- Castillo A. J. A., Lozano B.L., y otros. (1991). Estudio geohidrológico del sistema acuifero en calizas de la porción Norte del Estado de Coahuila (Etapa prefactibilidad). Informe inédito C.F.E.
- Camacho S. M. (1992). Comportamiento Estructural de la base del conglomerado determinado a partir de sondeos eléctricos, con apoyo de barrenos exploratorios en las inmediaciones, de la planta termoeléctrica Carbón II y zona Sur de Piedras Negras, Coahuila. Informe inédito C.F.E.
- Castillo A J. A. (1992). Estudio geohidrológico del sistema acuifero en calizas de la porción norte del Estado de Coahuila (Etapa factibilidad 2º trimestre). Informe inédito C.F.E.
- Domínguez M. B. et al. (1976). Evaluación petrolera de la serie Coahuila., N.E. de México. III Simposium de geología de subsuelo zona Noreste.
- Dorantes L. P. (1990). Estudio Geológico-Geohidrológico etapa identificación Región Hidrológica 24-D, Estados Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, México. Informe inedito CFE.
- Humphreys H. C. (1984). Stratigraphy of the lower Cretaceous (Albian) Salmon Peak Formation of the Maverick Basin, South Texas. San Antonio Geological Society. A Field Guide and Related Papers.

INEGI. (1983). Síntesis Geográfica del Estado de Coahuila. S.P.P.

Jezzini M. y Mata V.V. (1984). Evaluación de las alternativas en el acuífero calizo. La Mota y El Mimbres. Informe inédito C.F.E.

Klimentow P. y Kononov V. (1982) Metodología de las investigaciones hidrogeológicas. Editorial Mir Moscú, U.R.S.S. p447.

Korotkow A. y Pavlov A. (1972). Metodos hidrogeoquimicos aplicados a la geología y geohidrología. Editorial Nedra, Leningrado, U.R.S.S. p184.

Krainov C. y Shvez V. (1987). Geoquímica de las aguas subterráneas para uso urbano y agrícola. Editorial Nedra, Leningrado, U.R.S.S. p237.

Klement K. W. (1971). Seminario de Rocas Carbonatadas fases de campo y laboratorio. PEMEX.

Lozo F. E. (1959). Stratigraphic relations of the Edwards limestone and associated formattios in North Central Texas. in Symposium on Edwards Limestone in Central Texas. University of Texas at Austin Pub. no. 5905.

Low J.W. (1960). Geología de campo. Compañía Editorial Continental S. A. México.

Lozo F. E y Smith I.C. (1964). Revision of Comanche Cretaceous Stratigraphy Nomenclature Southern Edwards plateau. Southwest. Texas; Gulf Coast Assoc. Geol. Soes. Trans VI4 p285-306.

López R. E., (1979). Geología de México. Tomo II.

McBride E. F. (1981). Estudio estratigráfico de las rocas del Cretácico Superior y estudio de aguas subterráneas en partes de Coahuila, Nuevo León y Chihuahua.

Mata V. V. y Lozano B.L. (1987). Informe final de la evaluación y actualización geohidrológica, proyecto Carbón II (Programa 1986-1987). Informe inédito C.F.E.

Mata V. V., (1988). Caracterización Hidrogeoquímica del Acuífero Sabinas-Reynosa. Informe inédito C.F.E.

Mazor E. (1991). Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology. Halsted Press., New York p 274.

Miller, B. C. (1984). Physical Stratigraphy and Facies Analysis, Lower Cretaceous Maverick Basin and Devils River trend, Uvalde and Real Counties, Texas. San Antonio Geological Society.

Musarkin, Jrapkovski y Efros. (1976). Problemas y ejercicios de análisis cuantitativos. Editorial Mir Moscú U.R.S.S. (Influencia del efecto salino del pH y de la formación de complejo en la solubilidad de los precipitados) cap. II (Análisis gravimétrico p 29-93).

Nelson H. F. (1959). Deposition and alteration of the Edwards limestone, Central Texas, in Symposium on Edwards limestone in Central Texas. University of Texas at Austin Pub. No. 5905.

Ojeda R. J., et al. (1968). Geology of the Sabinas Coal Basin, Sabinas Coal Region Guidebook G. S. field Trip No. 1-9.

Organización Mundial de la Salud. (1980). Criterios de salud ambiental, nitratos, nitritos y compuestos nitrosos. p109.

- Pedrazzini N. Carmen. (1979). Facies de la Serie Comanche en el subsuela de la Plataforma del Burro, Coah. Congreso Panamericano de Ingeniería del Petróleo. Clave 1.23.
- Pacheco A. J. G. (1985). Nitratos en Aguas Subterráneas un caso de estudio. Ciencia y Desarrollo Vol. XVII No. 102 p99-104.
- Padilla y Sánchez R. J. (1986). Post-Paleozoic tectonics of Northeast México and its role in the evolution of the gulf of México. Geof.Int.Vol.25-1 pp. 157-206.
- Piskin R. (1973). Evaluation of Nitrate Content of Groundwater in Hall County Nebraska Groudwater. Vol II, No 6 p4-13.
- Ramírez O. E. y Lozano B. L. (1991). Reporte del análisis de la litología y reinterpretación de los pozos del Area El Refugio y El Remolino en el Mpio. de Zaragoza, Coah. Informe inedito CFE.
- Ramírez O. E. (1992). Informe de la perforación del Pozo golondrinas. Informe inedito CFE.
- Rodríguez M. J. M. (1982). Gradiente geotérmico de la plataforma el Burro Picachos. International Oil Tulsa, Oklahoma.
- Rodríguez M. J. M. y Lozano B. L. (1983). Acuífero en calizas en el Norte y Noreste de México. Informe inédito CFE.
- Rodríguez M.J.M. y Lozano B. L. (1984). Potencial acuífero de las calizas en el área Refugio-Remolino para futuros proyectos carboeléctricos (carbón II). Informe inédito CFE.

Rodríguez M. J. M. y Lozano B. L. (1984). Estudio preliminar de acuíferos en caliza en los estados de Coahuila y Chihuahua. Informe inédito CFE.

Rodríguez M. J. M. 1984. Presencia de hidrocarburos en zonas de carbón en la subcuenca de Fuentes Río Escondido. Symposium Latinoamericano del Carbón. Piedras Negras, Coahuila, México. pp923-958. Sept.

Rodríguez M. J. M. et al. (1985). Relación del gradiente geotérmico con la concentración de sólidos, totales disueltos en acuíferos calizos en la zona Refugio-Remolino, Zaragoza, Coahuila. Vol.9.Chihuahua, Chih.

Sellards E. N. et al. (1954). The Geology of Texas, Austin.

Smith I. C. (1970). Lower Cretaceous Stratigraphy, Northern Coahuila, Mexico. Bureau of Economic Geology. University of Texas, Austin Texas.78712 report of investigation No 65.

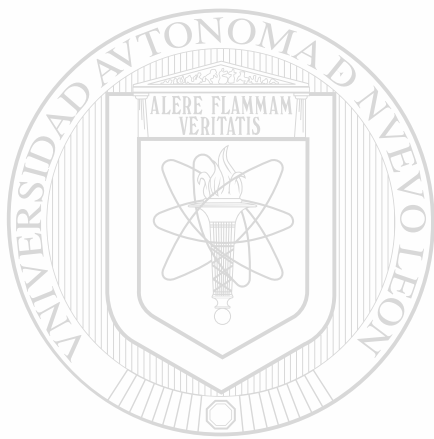
Salinas E. S. (1980). Tectónica del Golfo de Sabinas. XXXV reunión a nivel de expertos de ARPEL. PEMEX-I.M.P., D.F. Tema 1-A-2.

Senger R. K. et al. (1984). Hidrogeology of the Edwards aquifer, Austin Area, Central Texas. Bureau of Economic Geology y University of Texas at Austin Report of investigation 141.

Técnicos Asesores y Constructores S.A. (1981). Estudio de evaluación geohidrológica preliminar de la zona del Río Escondido en el estado de Coahuila.

Walker W. H. (1973). Groundwater Nitrate Pollution in Rural Area Groundwater. Vol. II, No. 6, p19-22.

Zwanzinger J. A. (1980). Futuro petrolero del área de Piedras Negras, Coah. III
Reunión Nacional de Geotecnia y Geotermia. CFE Tomo I.

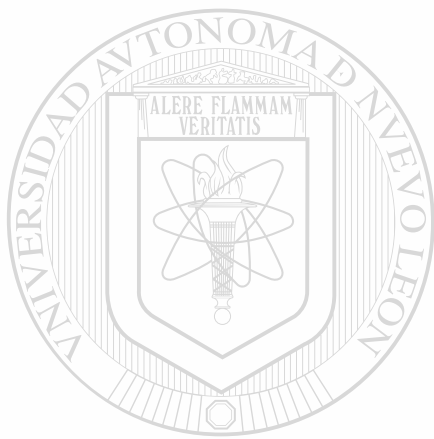


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



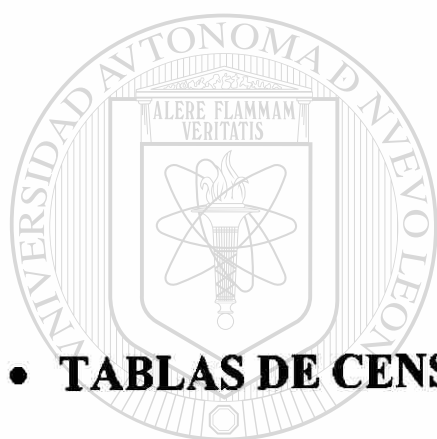
APÉNDICES

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



APÉNDICE A

- **TABLAS DE CENSO DE APROVECHAMIENTOS**
- **TABLAS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA ACUÍFERO SABINAS-REYNOSA** ®



TABLAS DE CENSO DE APROVECHAMIENTOS

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 5 CENSO DE APROVECHAMIENTOS ACUIFERO SABINAS-REYNOSA

POZO	CLAVE	CPE	PROPIETARIO	UBICACION	URBO	TIPO DE APROV.	COORDENADAS UTM		ELEV. m s.n.m.	CONSTRUYENDAS		MOTOR MARCA Y TIPO	NIVEL (INMAM)	CALIDAD (P)	No. DE CAB. DE CARGA	REQUIMEN DE OPERACION	No. DE HECTAREAS CULTIVADAS	No. DE HECTAREAS CULTIVO	No. DE ALAMO	VOL. DET.	
							X (m)	Y (m)		DIAM. (m)	PROF. (m)										T. RAN. (m)
101	101	101	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.15	0.15	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
102	102	102	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.25	0.25	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
103	103	103	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.25	0.25	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
104	104	104	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.25	0.25	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
105	105	105	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.25	0.25	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
106	106	106	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.25	0.25	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
107	107	107	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.25	0.25	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
108	108	108	MANUEL VILLARREAL	RANCHO LAS PRADEAS	AGRICOLA	POZO	327378.00	3145099.00	0.25	0.25	3.00	N.P.S.	30.0	30.0	12	2400	250.20	250.20	12	2400	
109	109	109	P. FRAGA MEDRANOS	P. TOPO	DOMESTICO	POZO	315716.00	3111623.00	0.85	0.85	18.00	8.07	15.0	120.00	120.00	12	2400	120.00	120.00	12	2400
110	110	110	EJ. EL ENGINO	EJ. EL ENGINO	SIN USO	POZO	328250.00	3149250.00	0.40	0.40	30.00	7.80	0.5	30.0	0.5	12	300	0.86	0.86	12	300
111	111	111	EJ. EL ENGINO	EJ. EL ENGINO	SIN USO	POZO	327500.00	3149750.00	0.40	0.40	30.00	6.40	0.5	30.0	0.5	12	300	0.86	0.86	12	300
112	112	112	EJ. EL ENGINO	C. PIEDRA	ABREVADERO	NORIA	328500.00	3149570.00	0.85	0.85	33.53	9.41	0.5	1.5	0.5	12	230	1.21	1.21	12	230
113	113	113	EJ. EL ENGINO	C. PIEDRA	ABREVADERO	NORIA	328500.00	3149570.00	0.85	0.85	33.53	9.41	0.5	1.5	0.5	12	230	1.21	1.21	12	230
114	114	114	EJ. EL ENGINO	QUEBRERO	SIN USO	POZO	326490.00	3150200.00	0.85	0.85	25.83	6.50	1.0	1.0	1.0	12	300	1.31	1.31	12	300
115	115	115	EJ. EL ENGINO	QUEBRERO	SIN USO	POZO	326490.00	3150200.00	0.85	0.85	25.83	6.50	1.0	1.0	1.0	12	300	1.31	1.31	12	300
116	116	116	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
117	117	117	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
118	118	118	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
119	119	119	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
120	120	120	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
121	121	121	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
122	122	122	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
123	123	123	AGUIRRE RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
124	124	124	ARTURO RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
125	125	125	ARTURO RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
126	126	126	ARTURO RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
127	127	127	ARTURO RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
128	128	128	ARTURO RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
129	129	129	ARTURO RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
130	130	130	ARTURO RODRIGUEZ	QUEBRERO	DOMESTICO	POZO	364877.00	3165848.00	0.85	0.85	30.00	7.10	1.5	1.5	1.5	12	730	3.84	3.84	12	730
131	131	131	RUBEN ESPINOZA	RANCHO LAS TALLAS	DOMESTICO	POZO	345750.00	3175200.00	0.20	0.20	30.00	27.00	1.5	1.5	1.5	12	500	2.81	2.81	12	500
132	132	132	RUBEN ESPINOZA	RANCHO LAS TALLAS	DOMESTICO	POZO	345750.00	3175200.00	0.20	0.20	30.00	27.00	1.5	1.5	1.5	12	500	2.81	2.81	12	500
133	133	133	RUBEN ESPINOZA	RANCHO LAS TALLAS	DOMESTICO	POZO	345750.00	3175200.00	0.20	0.20	30.00	27.00	1.5	1.5	1.5	12	500	2.81	2.81	12	500
134	134	134	RUBEN ESPINOZA	RANCHO LAS TALLAS	DOMESTICO	POZO	345750.00	3175200.00	0.20	0.20	30.00	27.00	1.5	1.5	1.5	12	500	2.81	2.81	12	500
135	135	135	RUBEN ESPINOZA	RANCHO LAS TALLAS	DOMESTICO	POZO	345750.00	3175200.00	0.20	0.20	30.00	27.00	1.5	1.5	1.5	12	500	2.81	2.81	12	500
136	136	136	RUBEN ESPINOZA	RANCHO LAS TALLAS	DOMESTICO	POZO	345750.00	3175200.00	0.20	0.20	30.00	27.00	1.5	1.5	1.5	12	500	2.81	2.81	12	500
137	137	137	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
138	138	138	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
139	139	139	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
140	140	140	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
141	141	141	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
142	142	142	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
143	143	143	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
144	144	144	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
145	145	145	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
146	146	146	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
147	147	147	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
148	148	148	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
149	149	149	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
150	150	150	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
151	151	151	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
152	152	152	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO	POZO	347036.00	3167022.00	0.20	0.20	30.00	10.80	4.0	4.0	4.0	12	500	2.81	2.81	12	500
153	153	153	FRANCISCO JAVIER	FRANCISCO JAVIER	SIN USO																

Tabla 5 CENSO DE APROVECHAMIENTOS ACUÍFERO SABINAS-REYNOSA

CLAVE	POZO	PROPIETARIO	UBICACION	URGO	TIPO DE POZO	COORDENADAS UTM	ELEV. B.N.M.	BROCAL (m)	PERFORACION PROF. (m)	DIAM. (mm)	ADBE (mm)	T. LIBRA (mm)	T. RAN (mm)	BOMBA MARCAY	DIAM. BOMB. (mm)	DIAM. DE BOMB. (mm)	DIAM. DE DISCARGA (mm)	MOTOR MARCA Y TIPO	ESTAT.	NIVEL OIHAM	CAUDAL (l/s)	Nº DE CIL. DE BANCOS	REGIMEN DE OPERACION DE CULTIVO	HECTAREAS DE CULTIVO	MIBES EN OP. AL AÑO	Nº DE HRS. EN OP. AL AÑO	VOL. EXT. ANUAL (m³)
406	POZO	EJIDO SANTA MARIKA	SANTA MARIKA	DOMESTICO	NORIA	342322.00	3132.00	0.18	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	110.32		
407	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	321059.00	3134.20	0.12	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
408	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	320580.00	3134.77	0.12	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
409	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	320543.00	3134.77	0.17	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
410	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	324697.00	3135.97	0.22	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	9.36		
411	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	324785.00	3135.97	0.22	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
412	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	324807.00	3135.97	0.22	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
413	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	324829.00	3135.97	0.22	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
414	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
415	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
416	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
417	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
418	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
419	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
420	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
421	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
422	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
423	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
424	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
425	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
426	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
427	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
428	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
429	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
430	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
431	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
432	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
433	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
434	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
435	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
436	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
437	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
438	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
439	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
440	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
441	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
442	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
443	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
444	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
445	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
446	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
447	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
448	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
449	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
450	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
451	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
452	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
453	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
454	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
455	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
456	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	7.49		
457	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	16.65		
458	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO	327668.00	3132.14	0.10	30.00	30.00								SIN MOTOR	10.15	9.0			12	520	11.25		
459	POZO	RODOLFO GALINDO	RANCHO CASA	SIN USO	POZO																						

Título 5 CENSO DE APROVECHAMIENTOS ACUÍPERO SABINAS-REYNOSA

CLAVE No.	CPE No.	PROPIETARIO	UBIGACION	USO	TIPO INNOV.	COORDENADAS UTM	ELEV. M.A.S.N.	BOICAL (m)	PERFORACION (m)	CONSTRUCCIONES				EQUIPO DE BOMBEO		MOTOR MARCA Y TIPO	No. DE CAR. DE DAÑO	TIPO DE CULTIVO	MESES EN OP. AL AÑO	No. DE IRRES. EN OP. AL AÑO	VOL. EXT. ANUAL m3 (milts)
										DIAM (mm)	PROF (m)	USO	T-RAN (mm)	DIAM (mm)	DIAM (mm)						
818	P03	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	334551.00	3022.45	0.80	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	818.72
819	P04	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	334719.00	3013.07	0.77	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	819.72
820	P05	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	334879.00	3003.00	0.66	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	820.72
821	P06	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	335039.00	2993.00	0.55	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	821.72
822	P07	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	335199.00	2983.00	0.44	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	822.72
823	P08	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	335359.00	2973.00	0.33	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	823.72
824	P09	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	335519.00	2963.00	0.22	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	824.72
825	P10	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	335679.00	2953.00	0.11	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	825.72
826	P11	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	335839.00	2943.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	826.72
827	P12	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	335999.00	2933.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	827.72
828	P13	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	336159.00	2923.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	828.72
829	P14	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	336319.00	2913.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	829.72
830	P15	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	336479.00	2903.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	830.72
831	P16	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	336639.00	2893.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	831.72
832	P17	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	336799.00	2883.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	832.72
833	P18	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	336959.00	2873.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	833.72
834	P19	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	337119.00	2863.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	834.72
835	P20	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	337279.00	2853.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	835.72
836	P21	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	337439.00	2843.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	836.72
837	P22	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	337599.00	2833.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	837.72
838	P23	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	337759.00	2823.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	838.72
839	P24	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	337919.00	2813.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	839.72
840	P25	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	338079.00	2803.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	840.72
841	P26	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	338239.00	2793.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	841.72
842	P27	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	338399.00	2783.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	842.72
843	P28	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	338559.00	2773.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	843.72
844	P29	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	338719.00	2763.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	844.72
845	P30	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	338879.00	2753.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	845.72
846	P31	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	339039.00	2743.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	846.72
847	P32	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	339199.00	2733.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	847.72
848	P33	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	339359.00	2723.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	848.72
849	P34	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	339519.00	2713.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	849.72
850	P35	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	339679.00	2703.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	850.72
851	P36	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	339839.00	2693.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	851.72
852	P37	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	339999.00	2683.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	852.72
853	P38	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	340159.00	2673.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	853.72
854	P39	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	340319.00	2663.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	854.72
855	P40	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	340479.00	2653.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	855.72
856	P41	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	340639.00	2643.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	856.72
857	P42	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	340799.00	2633.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	857.72
858	P43	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	340959.00	2623.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	858.72
859	P44	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	341119.00	2613.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	859.72
860	P45	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	341279.00	2603.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	860.72
861	P46	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	341439.00	2593.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	861.72
862	P47	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	341599.00	2583.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	862.72
863	P48	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	341759.00	2573.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	863.72
864	P49	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	341919.00	2563.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	864.72
865	P50	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	342079.00	2553.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	865.72
866	P51	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	342239.00	2543.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	866.72
867	P52	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	342399.00	2533.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	867.72
868	P53	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	342559.00	2523.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	868.72
869	P54	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	342719.00	2513.00	0.00	45.00	14	43.00	6.00	45.00	8	38.00	18.50	8.88	70.0	12	305	869.72
870	P55	C.F.E.	C.T. RIO ESC.	INDUST.	POZO	342879.00	2503.00	0.00	45.00	14	43.00										

Tabla 5 CENSO DE APROVECHAMIENTOS
ACUÍFERO SABINAS-REYNOSA

CLAVE No.	POZO No.	CPE No.	PROPIETARIO	UBICACION	GENERALES USO	TIPO DE APROVECHAMIENTO	COCHECERAS LIT. Y	ELEV. m s.n.m.	DIAM. PROF. (m)	PROF. (m)	DIAM. PROF. (m)	V. LISA (m)	F. TAN. (m)	RAN. (m)	FORMA Y MODELO Turbina	COLUM. DIAM. (m)	COLUM. LONG. (m)	DIAM. DE DISCARDO (m)	MOTOR Y TIPO	ESTAT. Nivel	SINAM	CAUDAL m ³ /s	No. DE CAB. DE GANADO	REGIMEN DE OPERACION DE CULTIVO	MESES EN OP. AL AÑO	No. DE HRS. EN OP. AL AÑO	VOL. EST. ANUAL m ³ (estim.)
816			ED. JOSE MA. MORELOS		AGRICOLA	POZO	313967.00	313953.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
817			MIGUEL GOMEZ		AGRICOLA	POZO	341336.00	319533.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
818			RAMON GONZALEZ		AGRICOLA	POZO	341336.00	319533.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
819			ESPIR. VARELA		AGRICOLA	POZO	328206.00	311255.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
820					AGRICOLA	POZO	313721.00	311589.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
821			TEREJITA VIDA DE OYATE		AGRICOLA	POZO	313652.00	313275.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
822			LORENZO MONTE		AGRICOLA	POZO	310641.00	314292.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
823					AGRICOLA	POZO	310641.00	314292.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
824					AGRICOLA	POZO	310641.00	314292.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
825			PEDRO PUENTE		AGRICOLA	POZO	324031.00	314481.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
826					AGRICOLA	POZO	324101.00	314596.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
827			ARNOLDO SALDIVAR		AGRICOLA	POZO	328101.00	314787.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
828			ARNOLDO SALDIVAR		AGRICOLA	POZO	328027.00	314793.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
829					AGRICOLA	POZO	324281.00	314793.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
830					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
831					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
832					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
833					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
834					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
835					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
836					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
837					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
838					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
839					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
840					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
841					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
842					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
843					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
844					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
845					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
846					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
847					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
848					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
849					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
850					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
851					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
852					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
853					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
854					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
855					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
856					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
857					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
858					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
859					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
860					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
861					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8	50.00	48	1.5	AEROMOTOR	7.22	2.0	12.78	2.0	7.40	12	720	8.28		
862					AGRICOLA	POZO	324442.00	315022.00	12	30.00	8	50.00	8														

Tabla 5 CENSO DE APROVECHAMIENTOS ACUIFERO SABINAS-REYNOSA

CLAVE	POZO	C/E	PROPIETARIO	UBICACION	GENERAL		TIPO DE URO	TIPO DE AVANZO	CONSTRUCIONES		CAPACIDAD (m ³)	CANTIDAD (m ³)	REQUERIMIENTO DE OPERACIONES	N.º DE CASAS DE GANADO	N.º DE HRS. EN OP. AL AÑO	VOS. EXT. ANUAL (m ³)
					UBICACION	TIPO DE URO			PROF. (m)	DIAM. (m)						
1017	748	748	EDC. LEONA V.	PORTABLE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51
1018	749	749	O. OLINA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1019	750	750	A. FERRANDEZ	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1020	4457	4457	ROCHO EL GAVILAN	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1021	4458	4458	EL GAVILAN	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1022	4459	4459	AMARILLO	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1023	4460	4460	M. A. RODRIGUEZ	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1024	4461	4461	EL GABRILO	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1025	4462	4462	DR. DE POZOS	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1026	4463	4463	LA ALMEDITA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1027	4464	4464	ROBERTO GARCIA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1028	4465	4465	LA ALMEDITA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1029	4466	4466	LA ALMEDITA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1030	4467	4467	VICTOR MENDEZ	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1031	4468	4468	CONRADO PINA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1032	4469	4469	LA ZANJITA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1033	4470	4470	AGRICOLA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1034	4471	4471	MINA IV	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1035	4472	4472	MINA IV	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1036	4473	4473	MINA IV	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1037	4474	4474	SAPIEZA	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1038	4475	4475	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1039	4476	4476	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1040	4477	4477	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1041	4478	4478	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1042	4479	4479	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1043	4480	4480	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1044	4481	4481	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1045	4482	4482	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1046	4483	4483	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1047	4484	4484	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1048	4485	4485	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1049	4486	4486	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1050	4487	4487	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1051	4488	4488	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1052	4489	4489	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1053	4490	4490	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1054	4491	4491	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1055	4492	4492	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1056	4493	4493	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1057	4494	4494	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1058	4495	4495	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1059	4496	4496	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1060	4497	4497	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1061	4498	4498	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1062	4499	4499	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1063	4500	4500	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1064	4501	4501	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1065	4502	4502	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1066	4503	4503	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1067	4504	4504	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1068	4505	4505	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1069	4506	4506	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1070	4507	4507	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1071	4508	4508	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1072	4509	4509	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1073	4510	4510	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1074	4511	4511	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1075	4512	4512	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1076	4513	4513	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1077	4514	4514	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1078	4515	4515	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1079	4516	4516	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1080	4517	4517	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1081	4518	4518	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1082	4519	4519	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.00	0.81	304.84	8.52	8	2400	432.00	19.51	
1083	4520	4520	MICARE	AGRICOLA	AGRICOLA	NORIA	333771.00	3143000.								



**TABLAS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-
QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL Y
SUBTERRÁNEA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

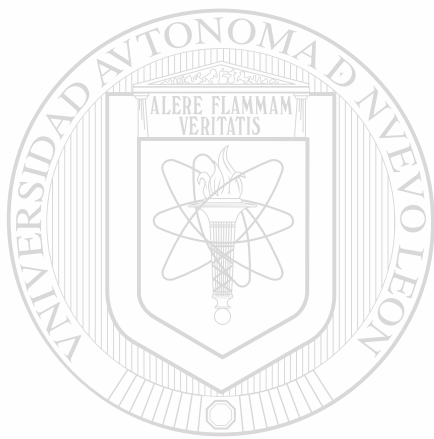
Tabla 6. RESULTADO DEL ANALISIS FISICO QUIMICO DE MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA ACUIFERO SABINAS-REYNOSA

CLAVE No.	APROVECHAMIENTO CFE No.	CATIONES							ANIONES				STD mg/l	DZA TOTAL		COND. ELEC. Mmhos/cm	TEMP. °C	Ph	CLASIFICACION	SCHOELLER
		Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	HCO3 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l	NO3 mg/l	en mg/l como CaCO3	en mg/l como SiO2	en mg/l como SiO2		en mg/l como SiO2						
99	762	157.60	38.88	92.92	2.34	278.16	431.04	66.07	9.25	1076.26	556.00	15.00	1550.00	23.90	6.89	CALICO-SULFATADA	632-3a-4e			
111	133	123.59	37.20	25.29	3.11	414.79	80.63	36.20	7.11	727.98	464.00	30.00	990.00	23.00	7.20	CALICO-BICARBONATADA	642-3b-6f			
204	475	251.19	89.04	100.27	3.11	380.64	698.88	152.16	0.00	1675.32	999.00	36.00	2240.00	25.00	6.80	CALICO-SULFATADA	632-3a-4f			
344	GN-2B	191.60	52.31	90.16	1.55	405.04	259.58	190.20	14.95	1205.42	697.00	26.00	1760.00	25.00		CALICO-MIXTA	642-1a-6f			
345	GN-8B	192.00	43.43	134.32	1.55	366.00	239.61	280.29	17.79	1289.42	661.00	27.00	1950.00	25.00		CALICO-MIXTA	642-1a-2e			
349	167	240.00	93.83	89.23	0.77	336.72	565.44	228.25	0.00	1554.27	991.00	40.00	2190.00	25.00	7.40	CALICO-MIXTA	632-1a-3f			
499	W88	81.59	9.60	11.50	0.77	195.19	53.91	12.01	0.00	388.60	244.08	11.00	540.00	29.00	7.70	CALICO-BICARBONATADA	642-3a-6f			
528	473	150.00	49.43	69.00	1.55	378.20	366.72	41.88	5.86	1062.66	581.00	29.00	1450.00	24.00	7.30	CALICO-SULFATADA	632-3a-4f			
530	53	168.00	29.76	68.08	5.46	346.48	190.08	161.98	16.55	986.29	544.00	14.00	1293.00	24.00	7.40	CALICO-MIXTA	642-1a-5e			
532	83	68.00	21.84	14.26	2.33	280.60	49.91	15.61	11.20	469.06	261.00	12.00	540.00	25.00	7.40	CALICO-BICARBONATADA	642-3b-6f			
534	116	68.00	21.84	14.26	2.33	280.60	49.91	15.61	11.20	469.06	261.00	12.00	540.00	25.00	7.40	MIXTO-BICARBONATADA	642-3b-6e			
537	215	146.00	29.76	42.31	1.55	341.60	139.77	122.13	2.33	825.48	489.00	26.00	1270.00	21.40	6.76	CALICO-MIXTA	642-1a-5f			
541	P155	98.00	19.20	10.58	1.56	319.64	64.89	20.02	8.18	542.08	325.00	9.00	720.00	19.90	6.94	CALICO-BICARBONATADA	642-1b-6f			
542	461	100.00	37.68	27.60	3.11	378.70	96.00	46.15	9.41	698.16	407.00	27.00	870.00	24.00	7.20	CALICO-BICARBONATADA	642-1b-6f			
548	S141	117.19	16.31	14.26	0.77	390.39	69.88	20.02	12.80	641.67	361.00	16.00	790.00	21.40	6.80	CALICO-BICARBONATADA	642-3b-6f			
583	723	158.00	20.40	45.08	1.56	380.64	102.33	112.10	13.16	833.29	480.00	19.00	1210.00	21.40	6.80	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5e			
585	731	178.00	37.44	132.94	2.34	312.32	379.39	180.19	10.31	1232.94	601.00	19.00	1970.00	21.40	6.76	MIXTO-MIXTA	632-3a-4e			
587	502	110.00	29.52	23.92	3.90	346.48	79.87	40.04	7.82	398.00	398.00	19.00	870.00	23.40	7.16	CALICO-BICARBONATADA	642-1b-6f			
588	504	104.00	23.52	11.50	3.12	336.72	77.87	22.02	11.20	589.96	358.00	18.00	740.00	23.90	6.94	CALICO-BICARBONATADA	642-1b-6f			
599	W30	83.59	23.76	25.76	1.55	292.79	71.88	60.06	16.19	575.62	308.00	21.00	740.00	25.00	7.80	CALICO-BICARBONATADA	642-1b-5f			
612	34	78.40	11.76	11.50	2.33	185.44	33.94	27.69	10.31	361.39	245.00	9.00	500.00	27.00	7.60	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5f			
613	36	91.59	16.79	17.47	1.53	219.60	70.08	38.34	5.87	322.94	229.00	2.00	449.00	25.00	7.60	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5f			
617	48	73.59	10.80	6.44	1.55	180.55	19.96	24.13	5.87	322.94	229.00	2.00	449.00	25.00	7.60	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5f			
619	66	92.80	10.80	5.51	1.55	239.11	52.41	12.06	6.94	430.82	277.00	11.00	560.00	25.00	7.30	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-6f			
624	185	141.19	29.76	37.25	1.55	148.83	427.20	22.01	0.00	807.83	477.00	5.00	1240.00	25.00	7.60	CALICO-SULFATADA	632-3a-4f			
630	204	123.59	17.76	19.78	0.77	341.60	80.63	49.70	0.00	633.85	383.00	8.00	790.00	24.00	7.30	CALICO-BICARBONATADA	642-3a-6f			
631	207	129.19	20.87	22.07	2.33	366.00	121.91	31.95	7.83	702.20	410.00	13.00	858.00	24.00	7.20	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5f			
633	214	130.00	39.59	70.37	1.55	359.89	159.73	132.05	6.57	899.80	490.00	33.00	1330.00	26.00	7.30	CALICO-MIXTA	642-1a-5f			
634	P156	107.60	25.92	29.44	1.56	312.32	144.76	24.02	9.43	655.07	377.00	11.00	880.00	20.20	6.86	CALICO-BICARBONATADA	642-3b-6f			
635	P162	156.00	40.56	21.16	4.68	312.32	299.52	36.03	23.12	893.40	559.00	14.00	1120.00	23.20	7.24	CALICO-MIXTA	632-1a-4f			
658	470	106.00	31.68	23.00	1.55	326.95	140.16	24.13	0.00	653.60	397.00	18.00	890.00	24.00	7.30	CALICO-BICARBONATADA	642-3b-6f			
659	500	140.00	33.36	22.08	3.12	400.16	149.76	48.05	4.97	801.50	489.00	21.00	1020.00	25.30	6.87	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-6f			
682	W83	61.59	17.76	6.44	1.55	244.00	15.97	12.01	5.49	364.84	228.00	11.00	447.00	28.00		CALICO-BICARBONATADA	642-1b-5f			
688	S139	110.00	16.79	18.39	1.55	366.00	54.91	30.03	0.00	597.70	345.00	16.00	800.00	25.00		CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5f			
692	701	174.00	39.12	62.56	2.34	378.20	149.76	195.96	11.20	1013.14	598.00	18.00	1530.00	23.70	6.64	CALICO-MIXTA	632-1a-5f			
693	718	200.80	35.28	97.06	1.56	322.08	289.92	235.72	7.29	1189.71	649.00	20.00	1820.00	25.70	6.64	CALICO-MIXTA	632-1a-1e			
694	719	162.00	18.48	36.80	1.56	366.00	92.35	110.12	15.30	802.61	482.00	22.00	1170.00	22.10	6.85	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5e			
698	751	115.60	25.44	27.14	1.56	322.08	159.74	25.98	12.44	689.99	395.00	10.00	970.00	24.90	6.83	CALICO-BICARBONATADA	642-3a-6f			
699	752	179.20	38.88	102.12	2.34	283.04	526.08	46.00	17.23	1194.90	610.00	15.00	1690.00	24.10	6.98	CALICO-SULFATADA	632-3a-4e			
700	753	124.80	31.68	73.60	2.34	283.04	320.64	26.55	17.76	880.42	444.00	13.00	1200.00	22.70	6.91	CALICO-SULFATADA	632-4a-4e			
710	732	126.00	27.60	48.29	0.77	297.67	114.81	105.08	16.55	736.80	430.00	8.00	1003.00	25.00	7.20	CALICO-MIXTA	642-1a-5f			
711	737	126.00	23.76	32.20	0.77	351.35	109.82	62.06	6.94	712.93	414.00	6.00	900.00	25.00	7.20	CALICO-BICARBONATADA	642-1a-5f			
735	STD	119.59	47.52	30.36	1.55	400.16	99.83	60.06	0.00	773.50	497.00	28.00	1090.00			CALICO-BICARBONATADA	642-1b-6f			
739	RD4	106.00	47.52	28.05	1.55	453.83	99.83	30.03	0.00	771.65	463.00	36.00	1000.00		9.00	CALICO-BICARBONATADA	642-3b-6f			
743	RD1	109.59	41.52	34.60	1.55	390.39	120.00	31.95	12.62	742.15	447.00	34.00	960.00	25.00	7.10	CALICO-BICARBONATADA	642-3b-6f			
747	S12	159.60	53.27	42.31	1.55	400.16	289.53	60.06	6.41	1017.73	621.00	29.00	1338.00		7.10	CALICO-MIXTA	632-3a-6f			
748	S11	159.60	43.43	43.24	1.55	405.04	269.56	60.06	0.00	987.31	580.00	29.00	1332.00		7.20	CALICO-MIXTA	642-3a-6f			
749	VIC3	172.00	53.27	56.11	2.33	368.44	351.35	61.77	5.33	1070.64	652.00	36.00	1430.00	23.00	6.90	CALICO-MIXTA	632-3a-4f			
750	VIC2	160.00	48.00	56.11	1.55	383.07	319.48	58.06	0.00	1031.11	600.00	30.00	1490.00		7.10	CALICO-MIXTA	632-3a-4f			
751	VIC1	177.19	51.36	50.13	1.55	395.27	339.45	60.06	14.94	1094.80	657.00	31.00	1460.00		7.10	CALICO-MIXTA	632-3a-4f			

Tabla 6. RESULTADO DEL ANALISIS FISICO QUIMICO DE MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA ACUIFERO SABINAS-REYNOSA

APROVECHAMIENTO	CATIONES										ANIONES			STD	DZA TOTAL	SILICE		COND. ELEC.	TEMP. °C	Ph	CLASIFICACION	
	CLAVE No.	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	HCO3 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l	NO3 mg/l	mg/l	ent mg/l como	SiO2	COND. ELEC. Mmhos/cm			°C	Ph				A.M. PIPER	SCHOELLER
756	GR02	156.00	47.52	50.13	1.55	419.67	219.64	70.07	7.82	588.00	29.00	1340.00	7.20	7.20	CALCICO-MIXTA	642-1b-5f						
758	C156	82.40	12.47	3.68	0.77	214.72	21.96	28.03	4.61	387.85	8.00	490.00	28.00	7.75	CALCICO-BICARBONATADA	642-3a-6f						
760	C164	77.19	10.31	3.68	0.77	222.03	14.97	24.02	4.97	372.39	7.00	450.00	27.00	7.15	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-6f						
761	C165	80.40	10.80	6.44	2.33	202.52	52.41	4.26	7.47	385.85	12.00	510.00	25.00	8.10	CALCICO-BICARBONATADA	642-1b-5f						
762	C167	82.40	9.35	7.82	1.55	258.64	14.97	20.02	5.65	405.23	10.00	490.00	26.00	7.20	CALCICO-BICARBONATADA	642-3a-6f						
763	C170	97.19	11.55	11.50	1.55	229.36	75.87	30.03	3.55	478.85	9.00	610.00	26.00	7.40	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-5f						
764	C157	86.00	11.27	3.22	0.77	258.64	26.95	28.03	4.41	419.32	8.00	520.00	26.00	7.35	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-5f						
765	C158	81.19	12.47	3.68	0.77	224.47	29.95	20.02	5.29	392.28	10.00	500.00	27.00	7.25	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-6f						
766	C159	77.59	11.27	16.10	0.77	224.47	37.93	22.02	5.29	405.09	241.00	500.00	27.00	7.40	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-5f						
769	C161	97.17	11.76	3.68	0.77	268.39	39.93	24.02	4.25	450.03	8.00	550.00	26.00	7.35	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-6f						
770	C160	76.00	10.80	7.82	0.77	244.00	26.95	22.02	3.73	392.11	235.00	480.00	26.00	7.30	CALCICO-BICARBONATADA	642-3a-6f						
771	C162	112.40	20.15	13.34	0.77	214.72	114.81	26.02	7.10	518.94	18.00	720.00	24.00	7.30	CALCICO-MIXTA	642-1a-6f						
772	C166	66.40	17.04	16.10	0.77	239.11	24.95	20.02	3.54	402.36	9.00	500.00	26.00	7.50	CALCICO-BICARBONATADA	642-3a-4f						
817	P34	143.20	48.96	84.18	4.68	292.80	339.45	124.10	0.00	1037.38	14.00	1590.00	26.00	7.20	MIXTO-MIXTA	642-3b-5f						
834	P1A	164.00	35.52	76.36	1.55	292.79	359.42	115.73	7.11	1052.51	9.00	1443.00	25.00	7.80	CALCICO-MIXTA	632-3a-4e						
838	P5A	166.00	43.43	100.27	2.33	280.60	319.48	200.22	4.98	1117.35	2.00	1540.00	24.00	7.40	CALCICO-MIXTA	632-1a-3e						
842	P9A	175.60	46.08	36.80	3.12	409.92	214.65	102.09	16.36	1004.64	631.00	1360.00	24.30	6.82	CALCICO-MIXTA	642-1a-6f						
852	C110	144.00	15.60	29.44	0.78	307.44	194.68	23.99	14.40	730.35	17.00	950.00	27.50	7.09	CALCICO-BICARBONATADA	642-3a-6f						
855	C113	89.20	24.96	17.48	1.56	329.40	69.88	22.02	6.58	561.99	327.00	750.00	24.30	6.87	CALCICO-BICARBONATADA	642-3b-6f						
857	C115	102.40	24.24	32.66	1.56	356.24	82.36	22.02	4.43	625.93	357.00	780.00	26.30	7.39	CALCICO-BICARBONATADA	642-3b-6f						
873	SG1	114.40	23.76	174.80	1.56	370.88	259.58	122.12	10.67	1077.78	385.00	1500.00	21.30	6.74	MIXTO-MIXTA	642-3b-6f						
988	166	140.00	45.59	43.24	1.55	170.77	359.41	27.69	16.73	764.62	540.00	1180.00	24.00	7.20	CALCICO-SULFATADA	633-3a-4f						
1015	516	346.00	92.88	140.76	12.48	131.76	1009.92	300.33	8.18	2047.11	1252.00	3080.00	18.20	7.62	CALCICO-SULFATADA	632-1a-3f						
1017	748	129.19	43.43	36.79	0.77	322.07	259.58	30.03	9.43	831.35	504.00	1080.00	23.00	7.50	CALCICO-MIXTA	642-3a-4f						
1021	4457	149.60	24.24	48.76	3.12	366.00	219.64	58.06	6.39	875.83	475.00	1070.00	24.60	6.82	CALCICO-MIXTA	642-3a-6e						
1028	W78	78.00	18.71	7.82	0.77	263.51	24.95	20.02	5.49	419.31	273.00	530.00	27.00	7.10	CALCICO-BICARBONATADA	642-1b-5f						
1124	119	87.19	22.79	12.42	1.55	312.32	70.08	29.81	5.87	542.07	313.00	618.00	25.00	7.40	CALCICO-BICARBONATADA	642-1b-6f						
1126	122	149.60	26.63	63.02	2.33	351.35	179.71	105.79	3.09	881.56	485.00	1210.00	24.00	7.20	CALCICO-MIXTA	642-1a-6e						
1127	126	73.59	27.60	9.19	0.77	324.51	24.95	12.06	10.16	482.89	299.00	590.00	22.00	7.60	CALCICO-BICARBONATADA	642-3b-6f						
1133	192	138.00	35.52	20.23	1.55	317.20	249.60	30.03	13.88	806.04	493.00	1015.00	22.00	7.70	CALCICO-MIXTA	632-1a-4f						
1134	194	195.19	37.68	11.96	0.77	307.44	312.00	52.54	9.25	926.85	645.00	1246.00	25.00	7.20	CALCICO-MIXTA	642-1a-6f						
1188	ED225	162.00	53.27	57.95	4.67	329.39	379.20	44.02	9.60	1040.15	627.00	1380.00	24.00	7.40	CALCICO-SULFATADA	632-3a-4f						
1210	478	200.00	95.04	90.16	2.33	298.89	720.00	68.16	9.07	1483.67	896.00	1990.00	25.00	7.30	MIXTO-SULFATADA	632-3a-4f						
1212	480	200.00	86.87	78.19	3.11	334.27	546.23	112.18	4.62	1365.52	862.00	1940.00	29.00	6.80	MIXTO-SULFATADA	632-3a-4f						
1214	488	125.59	29.76	35.41	1.55	370.88	149.75	44.04	6.41	763.43	438.00	950.00	24.00	7.30	CALCICO-BICARBONATADA	642-3a-6f						
1229	W97	73.19	10.80	16.10	0.77	287.92	35.94	20.02	0.00	444.76	228.00	570.00	27.00	7.70	CALCICO-BICARBONATADA	642-3b-6f						
1236	W105	72.40	13.92	6.90	1.55	224.47	47.92	12.01	0.00	388.79	239.00	522.00	25.00	6.83	CALCICO-SULFATADA	642-1b-6f						
1251	763	154.00	29.52	46.92	2.34	292.80	299.52	32.03	14.23	871.37	508.00	1200.00	25.00	7.40	SODICA-MIXTA	632-3a-4f						
1256	GN 6B	260.00	59.27	414.00	1.55	317.20	549.11	610.67	37.37	2273.20	897.00	1808.00	24.00	7.60	CALCICO-SULFATADA	632-3a-4f						
1257	802	396.00	111.36	136.16	3.90	263.51	1205.76	202.35	0.62	2319.66	1454.00	2880.00	24.00	7.40	CALCICO-SULFATADA	622-3a-3f						
1258	803	111.59	23.76	28.52	2.33	315.98	99.83	51.83	2.87	636.74	378.00	820.00	25.00	7.30	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-6f						
RESC	RIO ESCON.	103.60	19.44	31.74	7.02	268.40	104.64	39.76	0.00	579.40	340.00	750.00	30.00	7.60	CALCICO-BICARBONATADA	642-3a-6f						
RSA	RIO SAN ANT.	115.59	11.76	5.51	1.55	219.60	124.80	10.01	0.00	493.65	338.00	710.00	33.00	7.60	CALCICO-BICARBONATADA	642-1a-6f						
ACI	A. CASTANOS	117.19	35.52	62.09	3.11	409.92	192.00	56.06	0.00	875.92	441.00	1150.00	28.00	7.10	CALCICO-BICARBONATADA	642-3b-6f						





APÉNDICE B

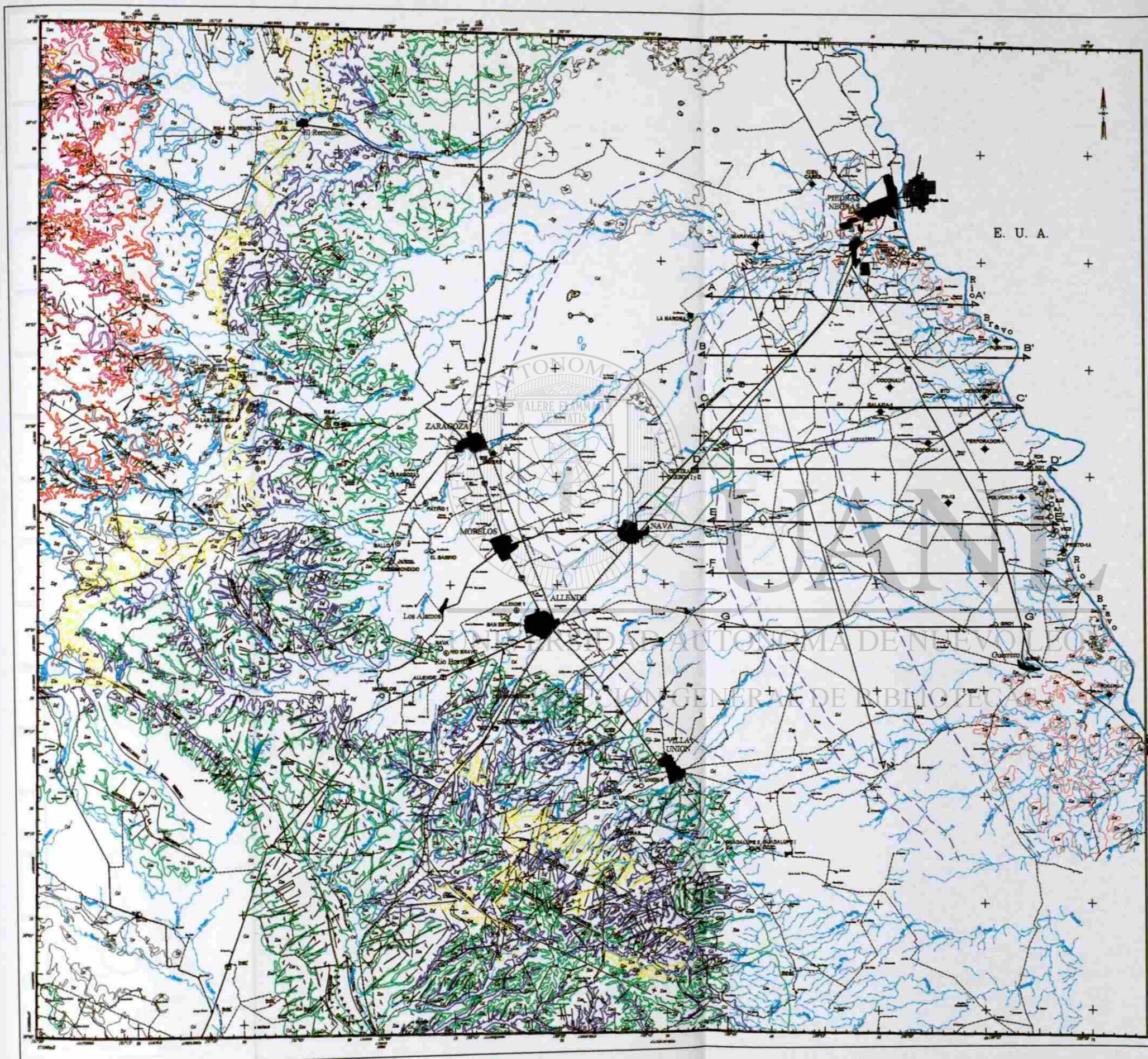
• PLANOS

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGIA

- CIUDAD O POBLADO
- RANCHERIAS
- CARRERA FEDERAL
- CARRERA ESTATAL
- BRECHA
- FERROCARRIL
- RIOS O ARROYOS
- EBE DE ANTICLINAL
- EBE DE SINCLINAL
- FALLA NORMAL
- FALLA NORMAL INVERSA
- FRACTURA
- CONTACTO GEOLOGICO
- CONTACTO GEOLOGICO INFERIDO DE SUBSUELO
- ECHADO MEDIDO EN CAMPO
- ECHADO FOTOLOGICO 10-30°
- ECHADO FOTOLOGICO MAYOR DE 30°
- ECHADO FOTOLOGICO 0-10°
- POZO DE FENEX
- POZO DE EXPLORACION DE CPE
- POZO DE EXPLORACION Y PRODUCCION DE CPE
- DEPRESION TOPOGRAFICA
- MANANTIAL
- SECCIONES GEOLOGICAS

TABLA ESTRATIGRAFICA

ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD	FORMACION	ESPESOR (m)	UNIDAD	
CEZOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno		ALIVION (Ccl)		PERMEABLE	
		Pleistoceno					
	TERCIARIO	Plioceno		SABINAS-REYNOSA (Tar)	0-40	PERMEABLE	
		Mioceno					
		Oligoceno					
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	Maastrichtiano	SECOHEDRO (Kes)	120-180	SEMIPERMEABLE	
				OLMOS (Kol)	180-200	SEMIPERMEABLE	
				SAN MIGUEL (Ksm)	20-40	SEMIPERMEABLE	
				URSON (Kup)	300-400	IMPERMEABLE	
				SANTONIANO			
				AUSTIN (Kau)	250	SEMIPERMEABLE	
		INFERIOR		TURONIANO	SAGLE FORD (Kof)	50-200	SEMIPERMEABLE
					BUENA (Kbu)	27-48	SEMIPERMEABLE
				GENOMANIANO	DEL RIO (Kdr)	36-85	IMPERMEABLE
					SALMON PEAK (Ksp)	124-195	PERMEABLE
					MAYNIGHT (Kmk)	30-127	PERMEABLE
					WEST HUECOS (Kwh)	100	PERMEABLE
					TELEPHONE CANYON (Ktc)	40	SEMIPERMEABLE
					GLEN ROBE (Kgr)	850	SEMIPERMEABLE

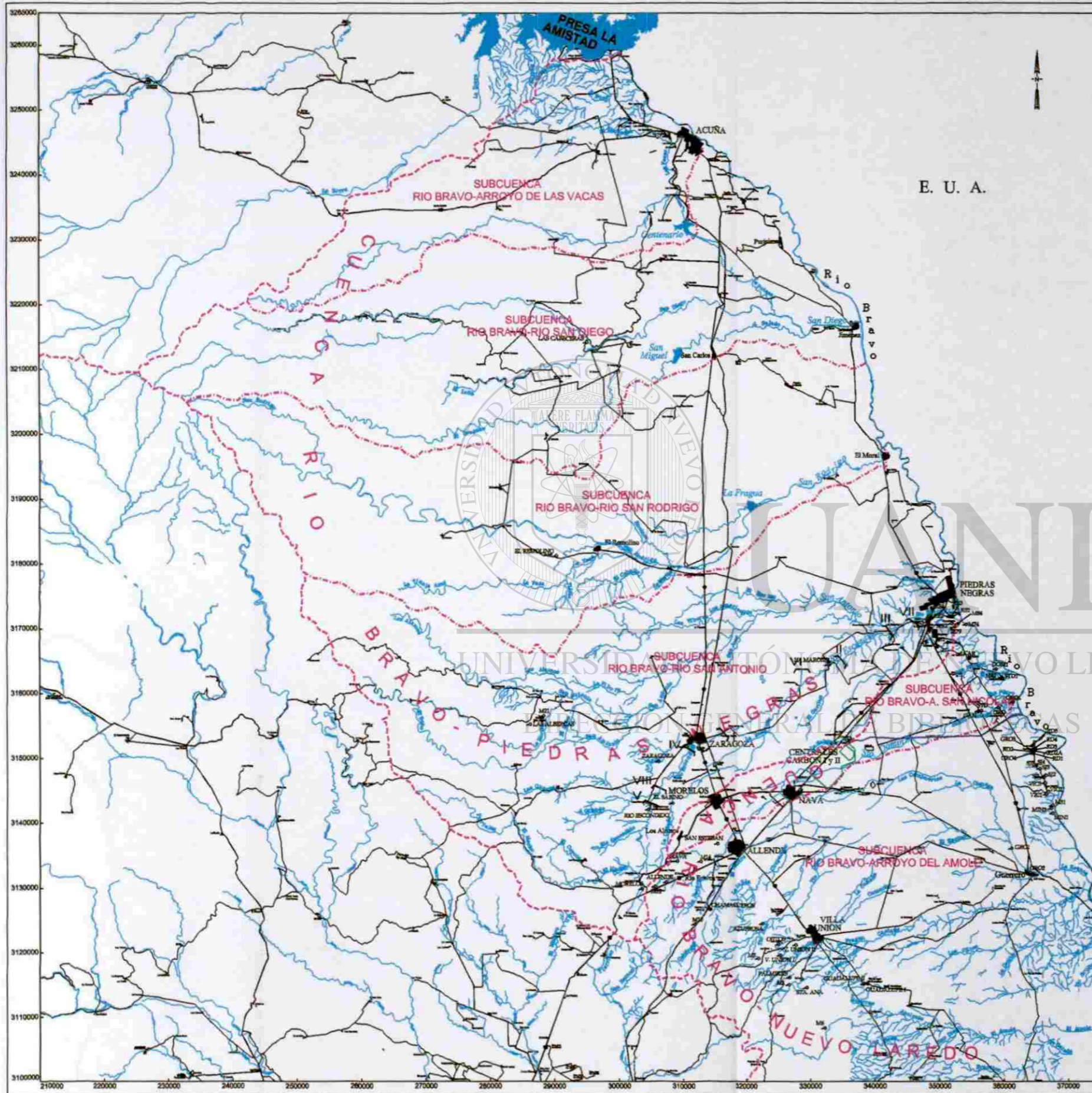


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
 MAESTRIA EN CIENCIAS
 (ESPECIALIDAD EN HIDROLOGIA SUBTERRANEA)

NOMBRE DE TESIS
CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS Y ESTADO ACTUAL DEL ACUIFERO SABINAS - REYNOSA

GEOLOGIA REGIONAL

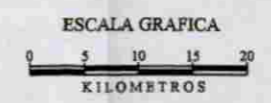
TESISTA: JOSE A. CASTILLO AGUINAGA
 PLANO 1
 HOJA UNICA
 CD. UNIVERSITARIA MONTERREY, N.L.
 DICIEMBRE 1999



E. U. A.

SIMBOLOGIA

CIUDAD O POBLADO	
RANCHERIAS	
CARRETERA FEDERAL	
CARRETERA ESTATAL	
TERRACERIA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO	
CAMINOS	
FERROCARRIL	
RÍOS	
PISTA DE TIERRA	
AEROPUERTO LOCAL	
PRESA	
MANANTIAL	
CUENCA	
SUBCUENCA	
SECCION DE AFORO	



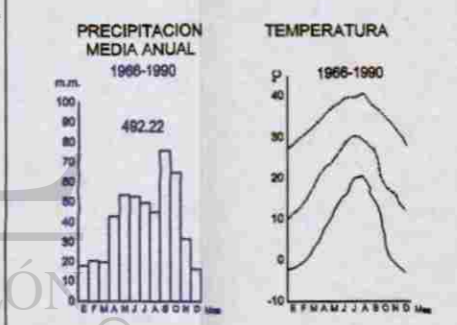
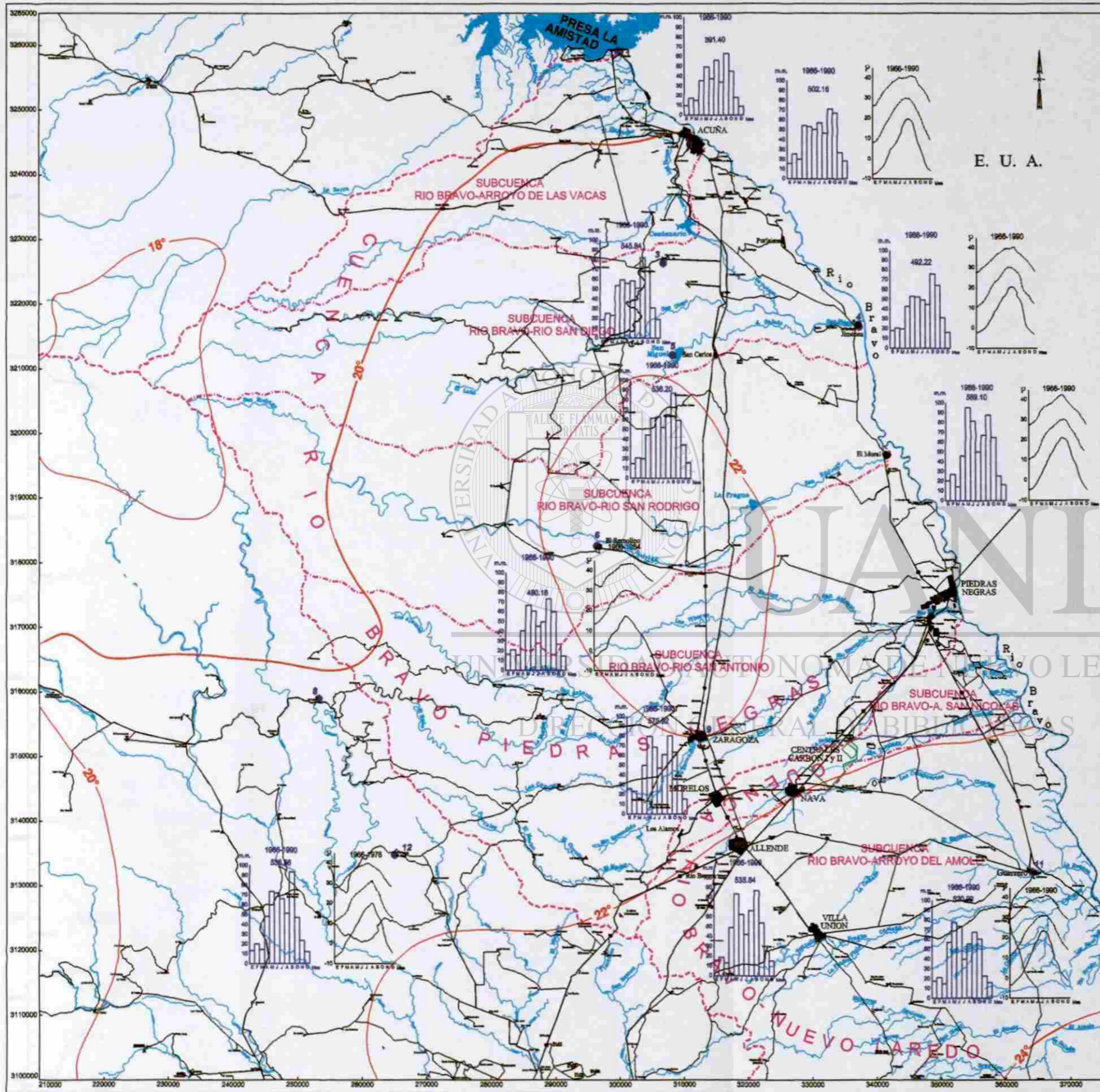
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
 MAESTRIA EN CIENCIAS
 (ESPECIALIDAD EN HIDROLOGIA SUBTERRANEA)

NOMBRE DE TESIS
 CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS Y ESTADO ACTUAL
 DEL ACUIFERO SABINAS - REYNOSA

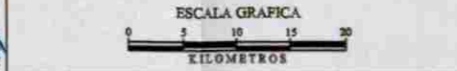
HIDROLOGIA SUPERFICIAL

TESISTA: JOSE A. CASTILLO AGUIÑAGA
 PLANO 2

CD. UNIVERSITARIA
 MONTERREY, N.L.
 DICIEMBRE 1999



- ### ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS
- 1.- PRESA LA AMISTAD (ABAJO)
 - 2.- CIUDAD ACUÑA
 - 3.- PALESTINA
 - 4.- JIMENEZ
 - 5.- PRESA SAN MIGUEL
 - 6.- EL REMOLIONO
 - 7.- PIEDRAS NEGRAS
 - 8.- EL TULE
 - 9.- ZARAGOZA
 - 10.- ALLENDE
 - 11.- GUERRERO
 - 12.- EL TREINTA

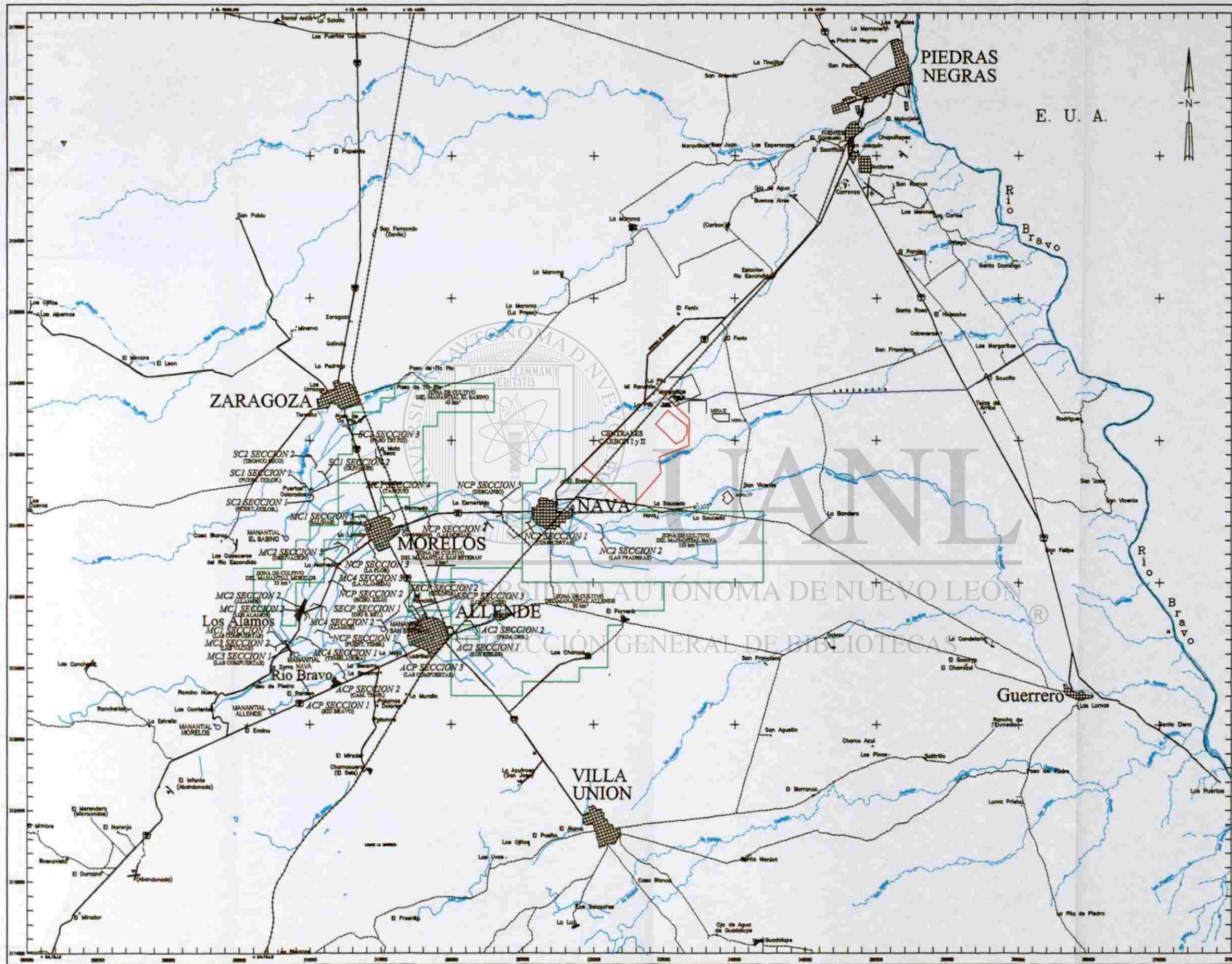


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
 MAESTRIA EN CIENCIAS
 (ESPECIALIDAD EN HIDROLOGIA SUBTERRANEA)

NOMBRE DE TESIS
CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS Y ESTADO ACTUAL DEL ACUIFERO SABINAS - REYNOSA

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL Y TEMPERATURAS

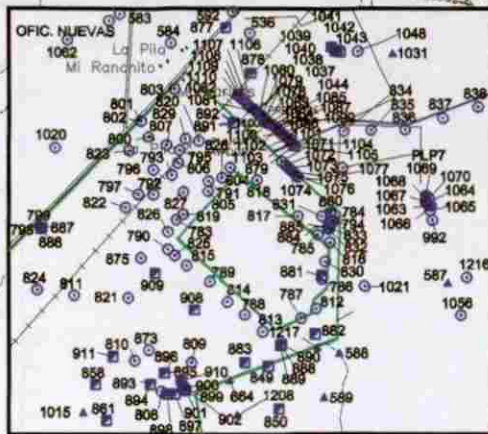
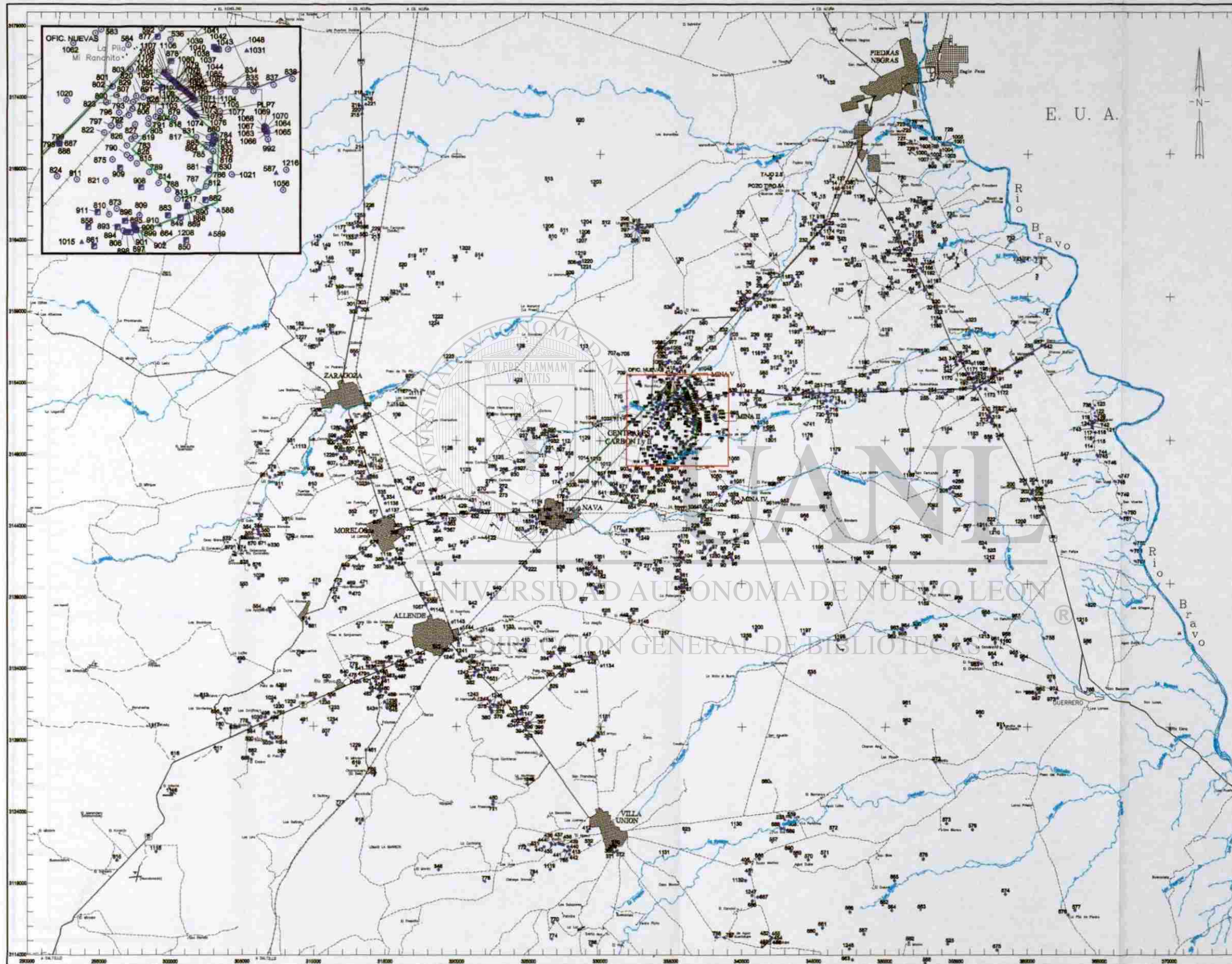
TESISTA: JOSE A. CASTILLO AGUIÑAGA CD. UNIVERSITARIA MONTERREY, N.L. DICIEMBRE 1999
 PLANO 3 HOJA UNICA



- SIMBOLOGIA**
- CUBAS O POBLADO
 - RANCHERIAS
 - CARRERA FEDERAL
 - CARRERA ESTATAL
 - TERRACERA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO
 - CARRERAS
 - FERROCARRIL
 - RISOS
 - CANALES DE RIEGO
 - PISTA DE TIERRA
 - AEROPUERTO LOCAL
 - ZONAS DE CULTIVO
 - SECCIONES DE AFORO
- ACP-SECCION 1
 ACP-SECCION 2
 ACP-SECCION 3
 ACP-SECCION 4
 ACP-SECCION 5
 ACP-SECCION 6
 ACP-SECCION 7
 ACP-SECCION 8
 ACP-SECCION 9
 ACP-SECCION 10
 ACP-SECCION 11
 ACP-SECCION 12
 ACP-SECCION 13
 ACP-SECCION 14
 ACP-SECCION 15
 ACP-SECCION 16
 ACP-SECCION 17
 ACP-SECCION 18
 ACP-SECCION 19
 ACP-SECCION 20
 ACP-SECCION 21
 ACP-SECCION 22
 ACP-SECCION 23
 ACP-SECCION 24
 ACP-SECCION 25
 ACP-SECCION 26
 ACP-SECCION 27
 ACP-SECCION 28
 ACP-SECCION 29
 ACP-SECCION 30
 ACP-SECCION 31
 ACP-SECCION 32
 ACP-SECCION 33
 ACP-SECCION 34
 ACP-SECCION 35
 ACP-SECCION 36
 ACP-SECCION 37
 ACP-SECCION 38
 ACP-SECCION 39
 ACP-SECCION 40
 ACP-SECCION 41
 ACP-SECCION 42
 ACP-SECCION 43
 ACP-SECCION 44
 ACP-SECCION 45
 ACP-SECCION 46
 ACP-SECCION 47
 ACP-SECCION 48
 ACP-SECCION 49
 ACP-SECCION 50
 ACP-SECCION 51
 ACP-SECCION 52
 ACP-SECCION 53
 ACP-SECCION 54
 ACP-SECCION 55
 ACP-SECCION 56
 ACP-SECCION 57
 ACP-SECCION 58
 ACP-SECCION 59
 ACP-SECCION 60
 ACP-SECCION 61
 ACP-SECCION 62
 ACP-SECCION 63
 ACP-SECCION 64
 ACP-SECCION 65
 ACP-SECCION 66
 ACP-SECCION 67
 ACP-SECCION 68
 ACP-SECCION 69
 ACP-SECCION 70
 ACP-SECCION 71
 ACP-SECCION 72
 ACP-SECCION 73
 ACP-SECCION 74
 ACP-SECCION 75
 ACP-SECCION 76
 ACP-SECCION 77
 ACP-SECCION 78
 ACP-SECCION 79
 ACP-SECCION 80
 ACP-SECCION 81
 ACP-SECCION 82
 ACP-SECCION 83
 ACP-SECCION 84
 ACP-SECCION 85
 ACP-SECCION 86
 ACP-SECCION 87
 ACP-SECCION 88
 ACP-SECCION 89
 ACP-SECCION 90
 ACP-SECCION 91
 ACP-SECCION 92
 ACP-SECCION 93
 ACP-SECCION 94
 ACP-SECCION 95
 ACP-SECCION 96
 ACP-SECCION 97
 ACP-SECCION 98
 ACP-SECCION 99
 ACP-SECCION 100



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
 MAESTRIA EN CIENCIAS
 (ESPECIALIDAD EN HIDROLOGIA SUBTERRANEA)
 NOMBRE DE TESIS
 CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS Y ESTADO ACTUAL
 DEL ACUIFERO SARINAS - KEVNOZA
SISTEMA DE CANALES DE RIEGO Y ZONAS DE CULTIVO
 TESIS: JOSE A. CASTILLO AGUIRAGA
 CO. UNIVERSITARIA MONTERREY, N.L.
 PLANO 4
 HOJA UNICA
 DICIEMBRE 1999



- SIMBOLOGIA**
- CIUDAD O POBLADO
 - RANCHERIAS
 - CARRETERA FEDERAL
 - CARRETERA ESTATAL
 - TERRACERIA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO
 - CAMINOS
 - FERROCARRIL
 - RIOS
 - PISTA DE TIERRA
 - AEROPUERTO LOCAL
 - POZOS
 - NORIAS
 - MANANTIALES
 - PIEZOMETROS
 - GALERIA FILTRANTE

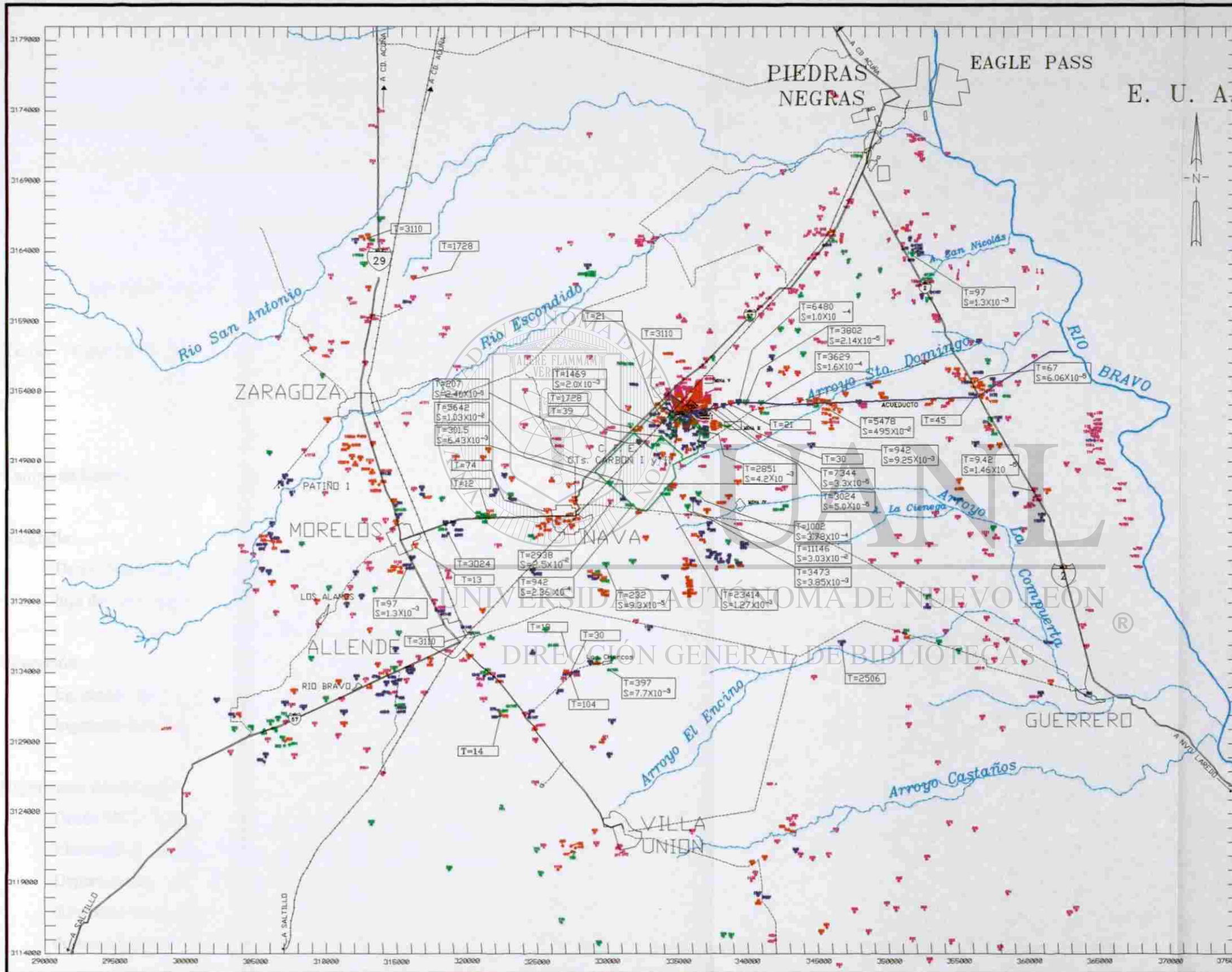


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
 MAESTRIA EN CIENCIAS
 (ESPECIALIDAD EN HIDROLOGIA SUBTERRANEA)

NOMBRE DE TESIS
CARACTERISTICAS GEOHIDROLÓGICAS Y ESTADO ACTUAL DEL ACUIFERO SABINAS - REYNOSA

CENSO DE APROVECHAMIENTOS

TESISTA: JOSE A. CASTILLO AGUINAGA CD. UNIVERSITARIA MONTERREY, N.L.
 PLANO 5 HOJA UNICA DICIEMBRE 1999



LOCALIZACION

E. U. A.
GOLFO DE MEXICO
OCEANO PACIFICO

SIMBOLOGIA

- CIUDAD O POBLADO
- CARRETERA FEDERAL
- CARRETERA ESTATAL
- FERROCARRIL
- RIOS O ARROYOS
- POZOS
- NORIAS
- MANANTIALES
- PIEZOMETROS
- GALERIAS

CAUDAL EN l/s	
0	4.0
4.1	16.0
16.1	36.0
MAYOR DE 36	

TRANSMISIVIDAD (m²/d) T=2506

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO S=1.46X10⁻⁵

ESCALA GRAFICA
0 1 2 3 4 5
KILOMETROS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
MAESTRIA EN CIENCIAS
(ESPECIALIDAD EN HIDROLOGIA SUBTERRANEA)

NOMBRE DE TESIS
**CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS Y ESTADO ACTUAL
DEL ACUIFERO SABINAS - REYNOSA**

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

TESISTA: JOSE A. CASTILLO AGUIÑAGA	CD. UNIVERSITARIA MONTERREY, N.L.
PLANO 6	HOJA UNICA
	DICIEMBRE 1999

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

José Antonio Castillo Aguiñaga

Candidato para el Grado de

Maestro en Ciencias con Especialidad en Hidrología Subterránea

**Tesis: CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS Y ESTADO ACTUAL DE
EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO SABINAS-REYNOSA EN LA
REGIÓN NORESTE DEL ESTADO DE COAHUILA**

Campo de Estudio: Ciencias de la Tierra

Biografía:

**Datos Personales: Nacido en San Luis Potosí, S.L.P., el 18 de Enero de 1959,
hijo de José Castillo Cerda y María Dolores Aguiñaga López.**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

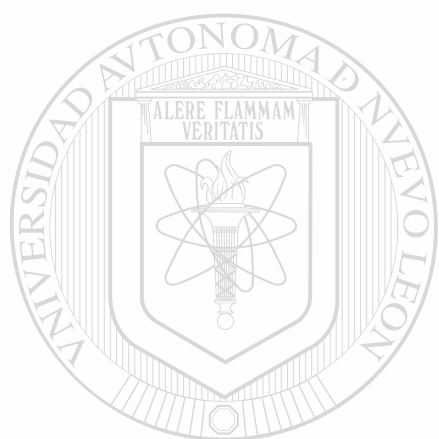
Educación:

**Egresado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Grado obtenido
Ingeniero Geólogo.**

Experiencia Profesional:

**Desde 1981, me he desarrollado profesionalmente en la Comisión Federal de
Electricidad, dentro de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil, en su
Departamento de Geohidrología. Institución en la cual he colaborado en
diferentes estudios geohidrológicos para el abastecimiento de agua subterránea a
diversos proyectos, centrales de generación y otras centrales relacionadas con la**

generación o distribución de energía eléctrica en distintas partes de la república, desempeñándome como ingeniero, jefe de proyecto o encargado del área de Geohidrología.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FE DE ERRATES

Página 9

En Hidrología Superficial: Dice; de aforo en dos ríos.... Debe decir; de aforo en el río Escondido...

Página 20

En los párrafos 3 y 4: Dice; De las subprovincias que integran las Grandes Llanuras de Norteamérica, sólo una queda comprendida dentro del territorio mexicano: la subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León; la cual limita al Norte y Este con el Río Bravo, al Oeste con la Sierra Madre Oriental y al Sureste con la Llanura Costera del Golfo Norte. Se caracteriza por la presencia de llanos interrumpidos por lomeríos dispersos, bajos, de pendientes suaves y formados principalmente por conglomerado. Esta subprovincia forma parte de la región conocida como llanura costera, la cual se comporta como un plano inclinado en dirección NW-SE. Esta subprovincia abarca una superficie de 25 665.89 Km² que incluye a los municipios de Allende, Hidalgo, Jiménez, Nava, Piedras Negras, Villa Unión, Zaragoza, etc.

Los sistemas topomorfos de esta subprovincia son: Sierras alargadas y separadas entre sí por amplios valles planos, que muestran el carácter geomorfológico de las rocas constituyentes, así como el tipo de deformación estructural. En general, las sierras están representadas por anticlinales alargados y dórmicos constituidos por rocas de edad Cretácica.

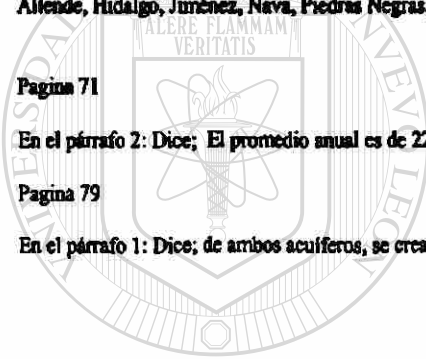
Debe decir; De las subprovincias que integran las Grandes Llanuras de Norteamérica, sólo una queda comprendida dentro del territorio mexicano: la subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León; la cual limita al Norte y Este con el Río Bravo, al Oeste con la Sierra Madre Oriental y al Sureste con la Llanura Costera del Golfo Norte. Esta subprovincia forma parte de la región conocida como llanura costera, la cual se comporta como un plano inclinado en dirección NW-SE. Esta subprovincia abarca una superficie de 25 665.89 Km² que incluye a los municipios de Allende, Hidalgo, Jiménez, Nava, Piedras Negras, Villa Unión, Zaragoza, etc.

Página 71

En el párrafo 2: Dice; El promedio anual es de 22.77 °C..... Debe decir; El promedio anual es de 21.4 °C .

Página 79

En el párrafo 1: Dice; de ambos acuíferos, se crearon Debe decir; del acuífero, se crearon.....



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

