

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



COMPORTAMIENTO HIDRAULICO Y GEOQUIMICO
DEL ACUIFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE
PAREDON-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE
NUEVO LEON Y COAHUILA, EN MEXICO

Por

EUGENIO HERNANDEZ RICO

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

Mayo, 1999

COMPORTAMIENTO HIDRAULICO Y GEOQUIMICO
DEL ACUIFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE
PAREDON-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE
NUEVO LEON Y COAHUILA, EN MEXICO

TM

GB1032

.N8

H42

c.1



1080087876

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



COMPORTAMIENTO HIDRAULICO Y GEOQUIMICO DEL ACUIFERO
COMPORTAMIENTO HIDRAULICO Y GEOQUIMICO DE LOS
DEL ACUIFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE
PAREDON-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE
NUEVO LEON Y COAHUILA, EN MEXICO

Por

EUGENIO HERNÁNDEZ RICO

EUGENIO HERNANDEZ RICO

Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Hidrología Subterránea

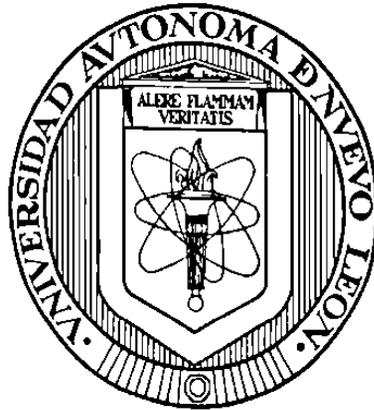
Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Hidrología Subterránea

Mayo, 1999

Mayo, 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO
GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS
ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO**

Por

EUGENIO HERNÁNDEZ RICO

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

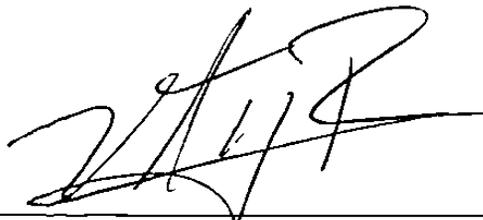
Mayo, 1999

BMU Raúl Rangel F
UANL
FONDO
TESIS

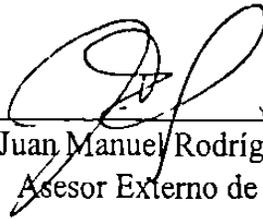
BUR Raúl Rando
F
TESIS.MAE

**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO
GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE,
ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN
Y COAHUILA, EN MÉXICO**

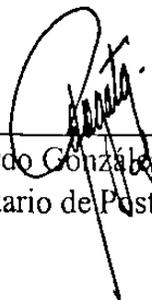
Aprobación de la Tesis:



M. C. Víctor Manuel Aguilera Reyes
Asesor Interno de la Tesis



Dr. Juan Manuel Rodríguez Martínez
Asesor Externo de la Tesis



Dr. Ricardo González Alcorta
Secretario de Postgrado

Monterrey, N. L. a 10 de febrero de 1999

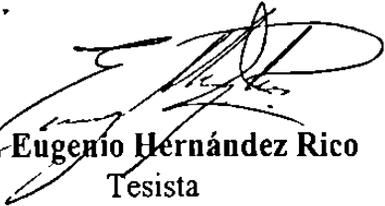
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
P R E S E N T E

Estimado Dr. González

Por medio de la siguiente y de la manera más atenta me dirijo a Usted, para solicitar la tramitación correspondiente, para sustentar mi examen de grado de Maestría en Ciencias, especialidad en Hidrología Subterránea, con la presentación del trabajo de tesis titulado "**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO**", lo anterior de acuerdo al reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución.

Sin más por el momento, quedo de Usted y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial y atento saludo.

Atentamente



Ing. Eugenio Hernández Rico
Tesisista

Monterrey, N. L. a 10 de febrero de 1999

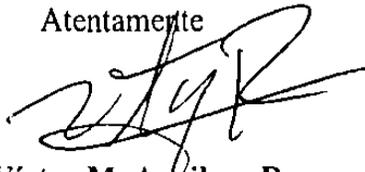
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
P R E S E N T E

Estimado Dr. González

Por este conducto me permito comunicar a Usted, que el Ing. Eugenio Hernández Rico, pasante de la Maestría en Ciencias, con especialidad en Hidrología Subterránea, ha concluido con su trabajo de tesis titulado "**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO**", por lo que no hay ningún inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución, he de agradecerle pasar las instrucciones necesarias para que le de tramite correspondiente en ese departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento, quedo de Usted agradeciendo de antemano su atención.

Atentamente



M. C. Víctor M. Aguilera Reyes
Asesor Interno de Tesis

Monterrey, N. L. a 10 de febrero de 1999

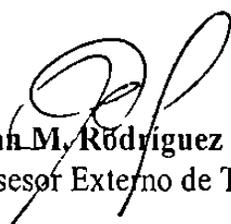
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
P R E S E N T E

Estimado Dr. González

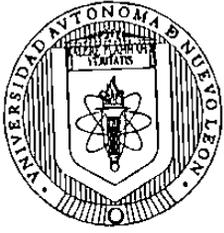
Por este conducto me permito comunicar a Usted, que el Ing. Eugenio Hernández Rico, pasante de la Maestría en Ciencias, con especialidad en Hidrología Subterránea, ha concluido con su trabajo de tesis titulado "**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO**", por lo que no hay ningún inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución, he de agradecerle pasar las instrucciones necesarias para que le de tramite correspondiente en ese departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento, quedo de Usted agradeciendo de antemano su atención.

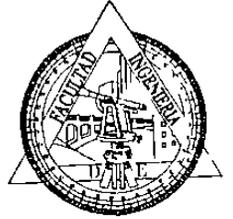
Atentamente



Dr. Juan M. Rodríguez Martínez
Asesor Externo de Tesis



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: EUGENIO HERNÁNDEZ RICO

Tema de la tesis: COMPORTAMIENTO HIDRAULICO Y GEOQUIMICO DEL ACUIFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN - ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEON Y COAHUILA, EN MEXICO.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(Ninguna)

Nombre y firma de quien corrigió:

Ramón Longoria
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Posgrado:

Ricardo González
 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 12 de febrero de 1999.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Señor

A **Tí, Dios** mío, por permitirme cumplir con algo que ya té debía, gracias por estar siempre conmigo, por escucharme y cuidar de mí donde quiera que me encuentre.

Gracias **Dios** mío, por haberme permitido conocer a todas aquellas personas buenas durante el desarrollo del presente trabajo.

A **La Universidad Autónoma de Nuevo León**, por la formación académica recibida durante la maestría, etapa de mi vida que nunca olvidaré, de igual forma agradezco a todos mis maestros del Instituto de Ingeniería Civil.

Al **Dr. Juan Manuel Rodríguez Martínez**, por brindarme su confianza, su asesoría e invaluables consejos tanto técnicos como personales, que me permitieron valorar lo bueno de contar con un amigo que es también mi maestro, lo que hizo posible llevar a buen término la presente tesis. De igual forma agradezco a su señora esposa, **Irina Pavlovna de Rodríguez**, por su gentil comprensión y amabilidad durante las consultas telefónicas y personales con el Dr.

Al **M. C. Víctor Manuel Aguilera Reyes**, por su apoyo y orientación recibida durante toda la maestría, como profesor y como amigo.

A la **Comisión Nacional del Agua**, en particular a las gerencias de las ciudades de Saltillo, Coahuila y Monterrey, Nuevo León, por las facilidades otorgadas para la obtención de información pluviométrica y meteorológica de la zona en estudio.

A las Ings. Químicas, **Martha Carrasco** y **Martha Herrejón**, catedráticas del I. I. de la UNAM y del I. I. Civil de la UANL, respectivamente, por su orientación y apoyo incondicional en el desarrollo del tema de Química del Agua.

Al Ing. **Alfonso Alvarez Manilla**, por su apoyo recibido en la caracterización físico-química del agua subterránea.

A la M. I. **Teresa López**, catedrática de la Facultad de Ingeniería de la UAQ, por su incondicional apoyo, consejos y buena disponibilidad para orientarme durante y después de la maestría.

A los Ingenieros **Eduardo Alvarez**, **Filiberto Zuñiga** y **Jorge Martínez**, catedráticos de la Facultad de Ingeniería de la UAQ, de quienes recibí siempre buenos consejos y un decidido apoyo para continuar con los estudios de postgrado.

A todo el personal del **Departamento de Hidráulica** de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE, por brindarme su confianza y apoyo durante el desarrollo de la presente tesis, en especial al Ing. **Alfredo Jiménez**, por su apoyo otorgado durante y después de mi estancia en el departamento que a su digno cargo tiene.

A los Ings. **Víctor Mata, Juan M. Nieto y Carlos Tejeda**, pertenecientes al Departamento de Geohidrología, de la CFE, por darme la oportunidad de integrarme a su grupo de trabajo y de igual forma, aprender y desarrollarme como profesional en el campo de mi especialidad.

A todo el personal del Departamento de Geotécnia del Instituto de ingeniería Civil de la UANL, por su confianza otorgada durante mi estancia en la maestría, en especial a los Ings. **Ignacio Rincón, Inés Fuentes, Santiago Salazar, Juan M. Rojas** y a mi gran compañero el Ing. **Fidel Sánchez** por su incondicional apoyo.

A mis compañeros de la maestría, **Rafael, Alvaro, Edgar, Braulio y Rogelio** por brindarme su apoyo durante mi estancia en el Instituto. Agradezco muy en especial a mi compañero **Francisco Torres**, por su ayuda recibida durante los trabajos de campo de la presente tesis.

A **mi familia**, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, primero en la licenciatura y posteriormente en la maestría. Gracias por darme la oportunidad de continuar estudiando, sin importar el que me aleje de ustedes aunque sea físicamente.

A la Familia **San Vicente Hernández**, por darme la confianza y su apoyo incondicional para sentirme uno más de la familia, en especial agradezco los buenos consejos otorgados por el Ing. **Jorge San Vicente** y su señora esposa **Feliza Hernández**, siempre con el fin de mejorar como profesional y como persona.

Un agradecimiento especial a la Familia Luna Pedraja, **Sra. Crucita, Melesio, Nanis, Lalo, Oscar, Lucí, Martina, Patí, Cinthi y Karin**, por brindarme su cariño, confianza y amistad, con la finalidad de alentarme siempre, en los momentos más difíciles de la maestría y de mi estancia en Monterrey, a todos los quiero mucho.

A todos mis **compañeros de trabajo**, de la Residencia de Geohidrología de la CFE, en Cd. Madero, Tamaulipas, ya que sin su apoyo no hubiese sido posible la culminación de la presente tesis. Agradecimientos especiales a la C. **Elvira Rosas** e Ing. **Mario Blancarte**, por su confianza, sus consejos y apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A todas aquellas personas que de alguna forma contribuyeron para la realización del presente trabajo.

DEDICATORIAS

A Tí Padre mío y Dios mío

Por darme la vida, por ser como soy, por cuidarme, cuidar a mi familia y a toda esa gente tan linda que quiero. Té dedico no solamente el presente trabajo, sino también mi vida y te agradezco infinitamente por todo el amor que me das cada día.

A mis Padres

Sr. Eugenio Hernández Llanito y Sra. Ma. Santos Rico de Hernández, porque en sus brazos aprendí las primeras letras de mi vida, sentí el amor de sus corazones y vi el ejemplo más claro de honestidad, sencillez, trabajo y humildad. Papá, Mamá, nunca tendré las suficientes palabras para agradecerles y decirles el amor tan grande que significan para mí, simplemente, el presente trabajo es una pequeña muestra de mi gratitud hacia ustedes.

A mis Hermanos

Verónica Hernández Rico, por que siempre he admirado tú fuerza y tenacidad para salir adelante, sin importar que tan grandes sean los problemas que pasen. Siempre haz sido y serás para mí, el ejemplo de lucha, responsabilidad y sobre todo de sabiduría para afrontar los problemas. Gracias Chatita por cuidarme, apoyarme y darme siempre buenos consejos cuando más los necesito.

Zenón Hernández Rico, a Tí hermano porque sabes cuanto té quiero, porque juntos desde pequeños hemos logrado muchas cosas y que este trabajo es una de ellas, realmente tú siempre estás conmigo apoyándome y orientándome para salir adelante. Gracias Muñe, por todo.

David Rico García, por que con tú llegada ha crecido no solamente la familia sino también la unión en ella, gracias por tú honestidad, amistad y apoyo incondicional que siempre me haz brindado.

A mi Vida

Teresa López Lara, a Tí que desde que te conocí, mi vida fue diferente, gracias al amor, cariño, cuidados y protección que me haz brindado, nosé que tanto he cambiado, solo sé que todo lo que haga siempre estará dedicado a ti con todo mi amor.

A mis Sobrinos

Arturito y Alex, por la alegría que han despertado en toda la familia con su llegada y principalmente porque con sus risas y juegos despiertan al niño interior que llevo dentro. Espero que algún día al leer las paginas de este trabajo, les sirva de motivación e interés para salir adelante.

A mis Abuelitos

Sra. Joaquína Flores de Rico y Silverio Hernández Martínez, a ustedes que siempre me han demostrados su cariño y que son para mi símbolo de honestidad, sabiduría y constancia en el trabajo, los quiero mucho.

A la memoria de mis Abuelitos

Sra. **Antonia Llanito** y **Gregorio Rico**, como agradecimiento a todo el cariño que me brindaron y al cuidado que siempre me han dado, porque yo sé que siempre están ahí conmigo donde quiera que voy y que le piden a Dios que cuide a toda la familia.

A mi primo **Juan Antonio Llanito**, porque siempre ha sido para mí, ejemplo de lucha y tenacidad para salir adelante. Gracias primo por tus consejos otorgados cuando los necesite y por darme el valor de afrontar los retos que significan un estudio universitario.

A mi tía **Alicia Rico Flores** y a su familia, como agradecimiento a todas sus muestras de cariño para conmigo. Siempre serás, tía, una persona capaz de dar mucho cariño y comprensión para los que té queremos.

A mis tíos, **Esthelita** y **Joel**, como agradecimiento a su apoyo incondicional que siempre me han brindado y como admiración al cariño y amor que tienen, tanto como pareja como en su familia. Espero que nunca deje de verlos sonreír como ustedes me han enseñado.

A mi tía **Rosita Hernández**, como agradecimiento a la dedicatoria que nos hizo a todos sus sobrinos en la tesis que presento para obtener su título de licenciada, nunca estaremos a mano tía, ya que tú me llevas varios años brindándome cariño y apoyo cuando más lo he necesitado.

A todos mis **sobrinos**, que empiezan el recorrido por el conocimiento en las aulas de sus escuelas, esperando que algún día este trabajo sea motivo de continua superación.

A todos mis **primos**, por su amistad y cariño que nos une en la familia.

A toda mi familia y personas, que de una u otra forma contribuyeron para la elaboración de la presente tesis.

Dedico este trabajo en una forma muy especial a todos los niños del mundo, esperando que algún día ese mismo mundo les pertenezca.

INDICE

Capítulo	Página
INDICE	i
RESUMEN	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Hipótesis	2
1.4 Generalidades	3
1.5 Descripción General del Área de Estudio	6
2. CLIMATOLOGÍA	10
2.1 Clima de la Región	10
2.2 Temperatura	10
2.3 Precipitación	12
2.4 Evaporación	15
3. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	16
3.1 Localización del Área	16
3.2 Red Hidrográfica	16
3.3 Hidrometría del Río Patos-Salinas	17
3.4 Balance Hidrológico	18
3.4.1 Precipitación	21
3.4.2 Evapotranspiración	25
3.4.3 Infiltración y Escurrimiento	26
3.4.4 Ecuación de Balance Hidrológico	32
4. GEOLOGÍA	36
4.1 Fisiografía	36
4.2 Geología Estructural	38
4.3 Estratigrafía	39
4.4 Unidades Hidrogeológicas	44
4.5 Fallamiento Regional Inferido	44

5. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	50
5.1 Censo de Aprovechamientos	50
5.2 Piezometría	51
5.3 Flujo Subterráneo y Abatimientos	54
5.4 Características Hidráulicas del Acuífero	56
5.5 Recarga y Descarga del Acuífero	58
6. QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA	63
6.1 Muestreo y Análisis del Agua	63
6.2 Distribución Espacial de Índices Geoquímicos	65
6.3 Interpretación Hidrogeoquímica	77
6.4 Diagrama de Schoeller	79
6.5 Clasificación del Agua Mediante el Diagrama de Piper	79
6.6 Clasificación del Agua en Relación con el Uso Agrícola	83
6.7 Calidad del Agua Subterránea	86
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
7.1 Conclusiones	87
7.2 Recomendaciones	89
BIBLIOGRAFIA.	92
ANEXOS.	96
Anexo A: Artículo de los Antecedentes de la Problemática Alimenticia, Originada por el Período de Sequía en México	98
Tablas de Resultados de Hidrología Superficial	101
Gráficas de Interpretación de Prueba de Bombeo	133
Anexo B: Análisis Físicoquímicos de Muestras de Agua	142
Norma Oficial Mexicana "NOM 127 SSA1-1996"	159
Anexo C: Planos	166

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Estados de la República Mexicana donde se localiza el área de estudio	8
1.1 Localización del área de estudio	9
2. Clasificación del clima en el área de estudio	11
3. Imagen típica del mes de enero del desarrollo meteorológico de la República mexicana	13
4. Desarrollo meteorológico en México, correspondiente al mes de mayo	13
5. Imagen meteorológica de México correspondiente al mes de septiembre	14
6. Imagen meteorológica correspondiente al mes de noviembre	14
7. División de cuencas consideradas para el análisis del balance hidrológico	20
8. Área de influencia de las estaciones pluviométricas en las cuencas analizadas para el balance hidrológico, mediante el uso de los polígonos de Thiessen	22
9. Configuración de isoyetas medias anuales en la región donde se localizan las cuencas analizadas para el balance hidrológico	24
10. Balance hidrológico en la Cuenca de Paredón-Icamole	35
11. Fisiografía de la Cuenca de Paredón-Icamole	37
12. Geología regional del área de estudio	41
13. Cortes litológicos de algunos pozos localizados en la cuenca	43
14. Localización de la falla regional de San Marcos	45
15. Esquema hipotético y representativo del posible graben formado por las estructuras geológicas a escala regional	46
16. Recarga y circulación del flujo subterráneo hacia la Cuenca de Paredón-Icamole	48
17. Bloque diagramático representando la posible correlación de la Falla de San Marcos y las fuentes de aguas termales y azufrosas en la Cuenca de Paredón-Icamole	49
18. Zonificación de abatimientos medios anuales en la Cuenca de Paredón-Icamole	61

19.	Recarga y descarga del acuífero granular de la Cuenca de Paredón-Icamole	62
20.	Diagrama de Schoeller	81
21.	Clasificación de la calidad del agua subterránea mediante el uso del diagrama de Piper	82
22.	Clasificación del agua según uso agrícola, mediante el diagrama de Wilcox	85

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Valores promedios de temperatura, evaporación y precipitación . . .	12
2.	Área de influencia de las estaciones en la Cuenca de Paredón-Icamole .	15
3.	Registro hidrométrico del río Patos-Salinas en la estación de Icamole .	17
4.	Volúmenes totales de precipitación en cada una de las cuencas . . .	21
5.	Volumen de evapotranspiración para las cuencas analizadas . . .	25
6.	Parámetros de la unidad hidrográfica de Clarck, para cada cuenca . . .	26
7.	Valores del Coeficiente de Clarck	27
8.	Valores del tiempo de concentración y de base del hidrograma de Clarck .	27
9.	Determinación del coeficiente de escurrimiento (N) en función del tipo de suelo que predomina en la cuenca	29
10.	Determinación del coeficiente de escurrimiento (N) en función del tipo de vegetación que predomina en la cuenca	30
11.	Valores de escurrimiento de una tormenta simulada mediante el modelo hidrológico	28
12.	Determinación del volumen de escurrimiento que aporta cada cuenca al valle donde se localiza el acuífero en estudio	31
13.	Valores de volúmenes de infiltración y escurrimiento en cada cuenca .	32
14.	Correlación estratigráfica del área de estudio con la existente a escala regional	40
15.	Censo de aprovechamientos	52
16.	Piezometría y registro de abatimientos	53
17.	Determinación del volumen de acuífero drenado	59
18.	Resultados de los análisis físicoquímicos del agua subterránea	64
19.	Clasificación del agua subterránea mediante el diagrama de Piper	80
20.	Clasificación del agua subterránea con relación al uso agrícola	84

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica	Página
1. Valores promedios de temperatura registrados en las estaciones climatológicas de Icamole y Chupaderos del Indio	10
2. Ciclo de las precipitaciones en la cuenca de Paredón-Icamole	12
3. Valores de evaporación media anual en la cuenca de Paredón-Icamole	15
4. Hidrometría del río Patos-Salinas	18
5. Registro del período de precipitación en la cuenca de Saltillo-Paredón	23
6. Variación del contenido de Calcio en los aprovechamientos del acuífero en estudio	66
7. Variación del contenido de Magnesio en los aprovechamientos del acuífero en estudio	67
8. Variación del contenido de Sodio en los aprovechamientos del acuífero en estudio	67
9. Variación del contenido de Bicarbonatos en los aprovechamientos del acuífero en estudio	69
10. Variación del contenido de Cloruros en los aprovechamientos del acuífero en estudio	70
11. Variación del contenido de Sulfatos en los aprovechamientos del acuífero en estudio	71
12. Variación del contenido de Nitratos en los aprovechamientos del acuífero en estudio	72
13. Variación del contenido de Sílice en los aprovechamientos del acuífero en estudio	73
14. Variación del contenido de STD en los aprovechamientos del acuífero en estudio	74
15. Variación en el valor de pH en los aprovechamientos del acuífero en estudio	75
16. Variación en el valor de la Conductividad Eléctrica en los aprovechamientos del acuífero en estudio	76
17. Variación en el valor de la Temperatura en los aprovechamientos del acuífero en estudio	77

LISTA DE PLANOS

Plano

1. Localización del área de estudio
2. Hidrología superficial
3. Tipo de vegetación en las cuencas analizadas para el balance hidrológico
4. Tipo de suelo en las cuencas analizadas para el balance hidrológico
5. Geología del área de estudio
6. Localización de aprovechamientos en la Cuenca de Paredón-Icamole
7. Configuración de la elevación del nivel estático correspondiente al mes de enero de 1996
8. Configuración de la elevación del nivel estático correspondiente al mes de diciembre de 1996
9. Configuración de los abatimientos registrados en el acuífero de la Cuenca de Paredón-Icamole, durante el periodo comprendido por los meses de enero a diciembre de 1996
10. Localización de aprovechamientos muestreados
11. Configuración de los valores de Calcio en los aprovechamientos de la Cuenca de Paredón-Icamole
12. Configuración de los valores de Magnesio en los aprovechamientos de la Cuenca de Paredón-Icamole
13. Configuración de los valores de Sodio en los aprovechamientos de la Cuenca de Paredón-Icamole
14. Configuración de los valores de Bicarbonatos
15. Configuración de los valores de Cloruros
16. Configuración de los valores de Sulfatos
17. Configuración de los valores de Nitratos
18. Configuración de los valores de Sílice
19. Configuración de los valores de STD
20. Configuración de los valores de pH
21. Configuración de los valores de Conductividad Eléctrica

RESUMEN

Eugenio Hernández Rico

Fecha de Obtención de Grado: Mayo, 1999

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título del Estudio: COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO.

Número de Páginas: 95

Candidato para el Grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Hidrología Subterránea

Área de Estudio: Ciencias de la Tierra

Propósito y Método del Estudio: La presente investigación, tuvo como objetivo principal: conocer el comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular que se aloja en el Valle de la Cuenca de Paredón-Icamole. Se realizó un censo de los aprovechamientos de agua subterránea localizados en el área, se registraron 32 obras; de las cuales 24 son pozos, 2 papalotes y 6 manantiales. Se seleccionaron aquellos que presentaron las condiciones adecuadas para tomar la profundidad del nivel estático, por lo cual se localizaron pozos piloto que se mantuvieron en observación. Mediante la piezometría realizada se trazaron configuraciones de las elevaciones del nivel estático correspondientes a los meses de enero y diciembre de 1996, lo cual permitió determinar los abatimientos medios anuales (de 0.35 a 1.2 m) que se originan en el acuífero mediante las descargas de los aprovechamientos registrados. También se determinó el esquema natural del flujo subterráneo, de igual forma se obtuvieron los parámetros hidráulicos del acuífero y una vez conocidos, se procedió a determinar el balance de aguas subterráneas.

Contribuciones y Conclusiones: El acuífero guarda un estado de equilibrio con respecto a la extracción y recarga (con tendencia a la sobreexplotación). El flujo subterráneo presenta una dirección preferencial de oeste a este. La calidad del agua que constituye al acuífero se determinó mediante el análisis fisico-químico de 16 muestras representativas del área en estudio. Mediante el diagrama de Shoeller se determinó que sólo un aprovechamiento (manantial El Antrisco) presenta concentraciones menores a los permitidos por la Secretaría de Salud (SS, México) y la Agencia Protectora del Medio Ambiente (EPA, Estados Unidos de América), y esta clasificada como agua de uso potable. En la clasificación según Piper, se determinaron tres tipos de agua, Mixta-Sulfatada-Clorurada, Mixta-Bicarbonatada-Calcica y Mixta-Clorurada. En la clasificación para uso agrícola, se empleó el diagrama de Wilcox, encontrándose tres principales grupos de agua, el C4-S1 el cual corresponde a un contenido muy alto de sales, pero bajo en sodio, el C4-S2 que representa muy alto contenido de sales y contenido medio de sodio y el C3-S1 con alto contenido de sales y bajo en sodio.

FIRMA DEL ASESOR INTERNO: _____

FIRMA DEL ASESOR EXTERNO: _____

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la agricultura de regadío desempeña un papel importante en la economía mundial. Casi tres cuartas partes de la superficie de la tierra carecen de la humedad adecuada para una producción agrícola óptima. Las tierras áridas y semiáridas ocupan aproximadamente el 50% de la superficie terrestre y gran parte de los países en vías de desarrollo se sitúan en estas regiones.

En México, las regiones más áridas se localizan en el Norte del país; particularmente en el Noreste, donde la mayor parte de la agricultura se limita a valles fluviales y áreas cercanas alimentadas por pequeños canales de irrigación. En esta zona los suelos residuales son poco profundos, gravosos y con afloramientos rocosos, los cuales constituyen los acuíferos en medios granulares.

1.1 Antecedentes

En la región comprendida por los municipios de García en el Estado de Nuevo León y de Ramos Arízpe, en el Estado de Coahuila, se localiza la zona denominada Cuenca de Paredón-Icamole; es en esta zona donde es factible el desarrollo de proyectos agropecuarios, los cuales requieren del apoyo de las aguas subterráneas para su realización, razón por la cual es importante conocer la magnitud del potencial del recurso hidráulico subterráneo.

Son varios los trabajos que se han realizado en el noreste del país, de carácter geohidrológico, algunos de ellos por parte de la secretaría de Recursos Hidráulicos. Cabe mencionar los del Dr. Paul Waitz en 1947, el del Ing. Lorenzo Torres Izabal en 1953, los de los Ingenieros Luis de la Peña Porth y Benjamín Navarro G. en 1954, y el realizado por la compañía INSISA en 1972, denominado "Estudio Geohidrológico del Estado de Nuevo León", el cual contempla la explotación del agua subterránea para el abastecimiento del área metropolitana de la ciudad de Monterrey y para regadío en la región. Desde los inicios de los ochenta y hasta la fecha, la Universidad Autónoma de Nuevo León a través de las Facultades de Ingeniería Civil y de Ciencias de la Tierra ha venido desarrollando una serie de importantes trabajos enfocados a la explotación,

contaminación y aprovechamiento del agua subterránea. Cabe hacer notar que hay algunos otros trabajos realizados en este tema que no se mencionan pero que no por ello dejan de ser importantes.

En los trabajos mencionados, destaca la gran importancia que representa conocer los parámetros que rigen al agua subterránea, para tener un uso adecuado y una explotación equilibrada de la misma, lo que permita la apertura de nuevas zonas de riego, para eficientar e impulsar la agricultura en la región (antecedentes en el anexo A).

1.2 Objetivos:

1. Conocer el comportamiento hidráulico del acuífero a nivel regional.
2. Estimar la magnitud de explotación y recarga del acuífero.
3. Determinar qué volumen se puede extraer sin inducir efectos desfavorables en el almacenamiento del acuífero, en el caso de no estar sobreexplotado.
4. Conocer la calidad del agua del acuífero.
5. Plantear una configuración general del comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero.

1.3 Hipótesis

Mediante la aplicación de métodos y técnicas que integran los estudios de hidrología superficial (balance hidrológico), geoquímica, geología, geohidrología (balance de aguas subterráneas) y de calidad del agua subterránea, al acuífero granular alojado en la Cuenca de Paredón-Icamole, se determinará el coeficiente de escurrimiento que rige a la cuenca, el comportamiento hidráulico del flujo subterráneo (la dirección del flujo, los parámetros hidráulicos, los abatimientos medios anuales debidos a la extracción, la recarga del acuífero y la posible explotación del mismo) y la calidad del agua (clasificación del agua para uso potable y uso agrícola, considerando las normas oficiales mexicanas y las de organismos internacionales).

Los resultados obtenidos permitirán tener un mejor conocimiento del agua subterránea, para un aprovechamiento racional y ecológico de este recurso natural y para beneficio de la comunidad y la patria.

1.4 Generalidades

En la República Mexicana, la zona Noreste tiene una gran importancia en el desarrollo global del país, ya que dicha región, formada por los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, constituye una unidad económica muy completa. Para el desarrollo de las actividades principales que se practican en cada uno de estos Estados, ganadería, industria, agricultura y pesca, es de gran importancia el abastecimiento de agua, así como la creación de infraestructuras que permitan un mejor aprovechamiento de dicho recurso.

Nuevo León

El Estado de Nuevo León se localiza en la parte nororiental de la República Mexicana, dentro de las coordenadas 23° 6' a 27° 50' de latitud Norte y en los 98° 17' a 101° 07' de longitud Oeste. Limita al norte con el Estado de Coahuila, los Estados Unidos de América -en la angosta zona fronteriza de Colombia- y el estado de Tamaulipas. Hacia el poniente limita con Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas (en el vértice de los límites de los cuatro estados). Al Sur limita con San Luis Potosí y con Tamaulipas, con este último comparte todo su límite oriental. El Estado de Nuevo León se extiende de forma irregular más sobre su eje norte-sur (excede los 500 Km) que en el sentido este-oeste. Su superficie abarca 64 081.94 Km² (figura N° 1).

La división municipal del estado no ha sufrido grandes variaciones, pues desde 1940 hasta 1978 estuvo constituido por 52 municipios y sólo se registró el cambio de nombre del de Pesquería Chica por el de Pesquería. El primero de Enero de 1979 el municipio de Colombia se anexó al de Anáhuac, por lo que la entidad quedó integrada por 51 municipios. La ciudad de Monterrey es la capital del estado, la cual, en pocos años, ha experimentado un crecimiento poblacional e industrial acelerado, por lo cual se considera una de las tres ciudades más importantes del país e influye grandemente en el progreso de la región.

Las vías de comunicación, que incluyen carreteras, vías ferreas y aeropuertos con que cuenta el Estado, han jugado un papel importante en el desarrollo histórico de la entidad y siguen siendo vitales para el funcionamiento de la economía estatal.

En el estado se localizan tres de las grandes provincias fisiográficas del país. La Sierra Madre Oriental, que domina todo el panorama occidental y meridional del Estado y cuyas sierras alargadas de calizas están alternadas con los valles amplios, figura como una cordillera de cumbres muy abruptas. La Gran Llanura de Norteamérica, que comienza en Nuevo León y se extiende por toda la parte central de los Estados Unidos de América se caracteriza por los abundantes lomeríos suaves que dominan el paisaje en su porción nororiental, a lo largo de una amplia franja paralela al río Bravo. La Llanura Costera del Golfo Norte abarca las tierras más bajas de Nuevo León y que por su morfología de llanuras aluviales extensas, es la zona del Estado llamada "plano inclinado".

En Nuevo León predominan los climas semisecos extremosos. La distribución de los climas secos y semisecos se aprecia principalmente en la región nororiental, la cual forma parte de la Gran Llanura de Norteamérica. En áreas menores de la región de la sierra, en la zona del Centro y Sur de la entidad se registran los climas semicálidos, templados y semifríos. La precipitación pluvial, cuenta con regiones que registran lluvias anuales mayores de 800 mm, por ello es importante la creación de infraestructuras que permitan un mejor aprovechamiento del agua.

Coahuila

El Estado de Coahuila de Zaragoza ocupa la parte central de la franja de entidades continentales que hacen frontera, en el norte del país, con los Estados Unidos de América. Cuenta con una extensión territorial de 151, 578.37 Km², el 7.8 % del total nacional. Se localiza entre los 24° 32' 13" y los 29° 52'47" de latitud norte; y entre los 99° 50'30" y los 103° 57' 03" de longitud oeste. Limita al norte con los Estados Unidos, por el oriente con Nuevo León; por el sur con Zacatecas y en un vértice, al sureste de la entidad, con el estado de San Luis Potosí; por el suroeste colinda con Durango y por el poniente con Chihuahua (figura N° 1).

Desde 1940 hasta la fecha, el estado de Coahuila ha sido estable en su división municipal. Actualmente cuenta con 38 municipios. La ciudad de Saltillo es la capital de la entidad, en donde se concentra gran parte de la industria de la región, que es actualmente una de las principales actividades que mayor relevancia económica tiene Coahuila; también está la ciudad de Monclova, la cual destaca por la importancia de su industria siderúrgica. Hacia el suroeste se ubica Torreón, ciudad que es el centro de las

operaciones comerciales y financieras de las ciudades conurbadas de la Comarca Lagunera. Actualmente esta región posee gran importancia por su agricultura, además de otras actividades como la avicultura y la fabricación de herramientas agrícolas.

El Estado de Coahuila está bien integrado a la red caminera del país, pues la entidad se comunica con la ciudad de México a través de la carretera federal No. 57. Con el noroeste, por medio de la carretera Saltillo-Torreón; y con Monterrey, por dos vías, la de Saltillo y la de Monclova. También posee una buena comunicación hacia el exterior del país, tanto en la frontera coahuilense, a través de Piedras Negras y Ciudad Acuña; como por Nuevo Laredo y Reynosa, Tamaulipas. En el Estado, es grande la extracción de minerales pesados, por lo que la infraestructura de ferrocarriles es de vital importancia para su desarrollo. Los principales centros ferroviarios convergen en Saltillo, Torreón y Monclova. La comunicación aérea también juega un papel importante en el desarrollo de la entidad; sus principales centros de operación son Torreón y Saltillo.

En la entidad, componen el paisaje las sierras alargadas y los extensos bolsones, o llanuras desérticas; figuran en este estado tres provincias fisiográficas; buena parte de su territorio se encuentra en la provincia de Sierras y Llanuras del Norte. La Sierra Madre Oriental penetra al estado por el sureste en dos ramales que son: los Pliegues Saltillo-Parras y las Sierras Transversales. Finalmente, al noreste, se localizan los terrenos predominantemente llanos de la Gran Llanura Norteamericana.

El estado de Coahuila está situado, en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada desierto de Chihuahua o desierto del Norte de México. Esta región, que fisiográficamente abarca extensas áreas de la Sierra Madre Oriental y la totalidad de la provincia de las Sierras y Llanuras del Norte, se extiende desde las Sierras Transversales de la Sierra Madre Oriental por todo el centro y oeste de Coahuila. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde los semicálidos, predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las más septentrionales.

Coahuila es una identidad con terrenos fundamentalmente áridos: los climas secos que predominan sobre la mayor parte de su superficie, son un factor determinante de muchas características del medio físico y, consecuentemente, de la geografía humana. El clima seco, los suelos muchas veces salinos, la escasez de aguas superficiales y

subterráneas, han condicionado el establecimiento de las poblaciones y formas peculiares de aprovechamiento de las tierras, que van desde la minería y el pastoreo de caprinos hasta la agricultura de riego. El factor que limita el crecimiento y progreso de la entidad ha sido siempre el agua. Muchísimos terrenos llanos son aptos para la agricultura y la ganadería intensiva, los cuales fueron desiertos salinos y a través del riego pudo lograrse su aprovechamiento. En este sentido, mientras no se encuentren nuevas fuentes acuíferas su aprovechamiento será muy restringido.

1.5 Descripción General del Área de Estudio

Localización

La zona de estudio (Cuenca Paredón-Icamole) se encuentra localizada en un área comprendida entre los 25° 48' y 25° 57' de latitud Norte y los 100° 42' y 100° 55' de longitud Oeste, con una extensión aproximada de 171.30 km². Dicha zona queda dentro de la Región Hidrológica N° 24, denominada "Centro Norte Río Bravo", de la República Mexicana (plano N° 1).

Principales Localidades

Las principales localidades comprendidas dentro de la Cuenca de Paredón-Icamole son las rancherías de la Azufrosa, San Joaquín y las Cuatas, pertenecientes al municipio de Ramos Arízpe en el estado de Coahuila y la ranchería el Milagro en el municipio de García, Nuevo León; cabe señalar que el poblado de Paredón, se localiza al noroeste de la cuenca en estudio, en la entrada del escurrimiento del río Patos, hacia la misma y el poblado de Icamole en el sureste, a la salida del escurrimiento (cambiado a río Salinas) de la cuenca, el primero formando parte del municipio de Ramos Arízpe, Coahuila y el otro de García, Nuevo León.

Colindancias

La Cuenca de Paredón-Icamole, colinda hacia el poniente con el valle de Paredón, teniendo como parteaguas la sierra de la Azufrosa, la cual también define la colindancia en el lado sur, con el valle que forma la sierra de Chupaderos del Indio; en el

oriente limita con los cerros de la Cruz y el Coyote, en lado norte con las sierras el Maneadero y el Colorado.

Vías de comunicación

La cercanía del área de estudio con la ciudad de Monterrey, N. L., la cual cuenta con diversos medios de comunicación aéreos y terrestres la hacen de fácil acceso. En particular, la vía más rápida es a través de la carretera estatal N° 16, que une la ciudad de Monterrey con la población de Villa de García y de ahí continua hacia la localidad de Icamole, en el mismo municipio de García. El otro acceso es por medio de la carretera Federal N° 40, la cual une la ciudad de Monterrey con la de Ramos Arízpe, Coahuila; de ésta continua un camino vecinal pavimentado hacia la localidad de Paredón; ya dentro de la cuenca en estudio, las diferentes rancherías se comunican por medio de caminos de terracería, los cuales presentan cierta dificultad de tránsito en época de lluvias. Es importante señalar que el ferrocarril que enlaza las ciudades de Monterrey y Torreón atraviesa la cuenca de oriente a poniente, teniendo como estación de paso la localidad de Paredón, plano N° 1.

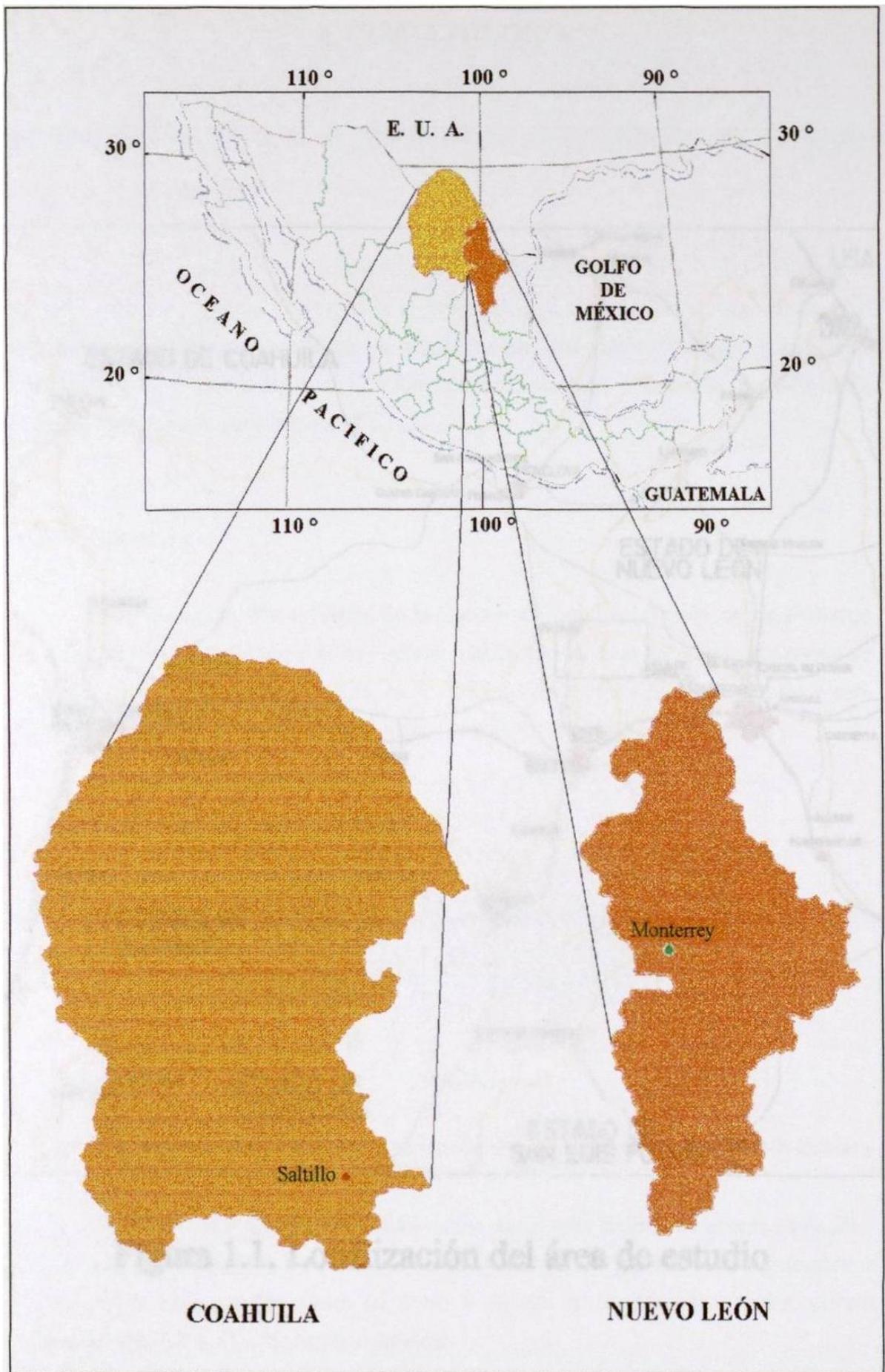


Figura N° 1. Estados de la República Mexicana en los que se localiza el área de estudio



Figura 1.1. Localización del área de estudio

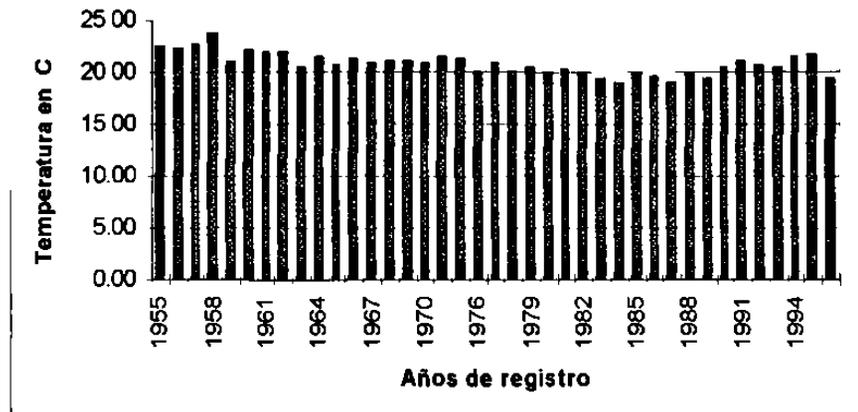
2. CLIMATOLOGIA

2.1 Clima de la Región

Considerando la clasificación climática de Koeppen (Campos A. D., 1992), en el área de estudio, el clima corresponde al grupo Bw, que se caracteriza por clima seco desértico; también se consideró la clasificación que hace Thornth Waite, que corresponde a un clima del tipo E, árido, tomando en cuenta su grado de humedad y cálido por su temperatura (figura N° 2).

2.2 Temperatura

Para el análisis climatológico de la Cuenca de Paredón-Icamole, se consideraron dos estaciones climatológicas: la de Icamole y la de Chupaderos del Indio. El período de registro en el caso de la temperatura, es de 1955 a 1996, para la primera estación y para la complementaria es de 1981 a 1995, como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica N° 1. Valores promedios de temperatura. registrados en las estaciones climatológicas de Icamole y Chupaderos del Indio

El valor promedio de temperatura media anual para la zona de interés es de 20.3 °C, se registran temperaturas mínimas de 6.8 y 9.1 °C en los meses de Diciembre y Enero; en cambio, en los meses de Junio y Agosto la temperatura alcanza valores promedio de 30.6 y 31.2 °C respectivamente.

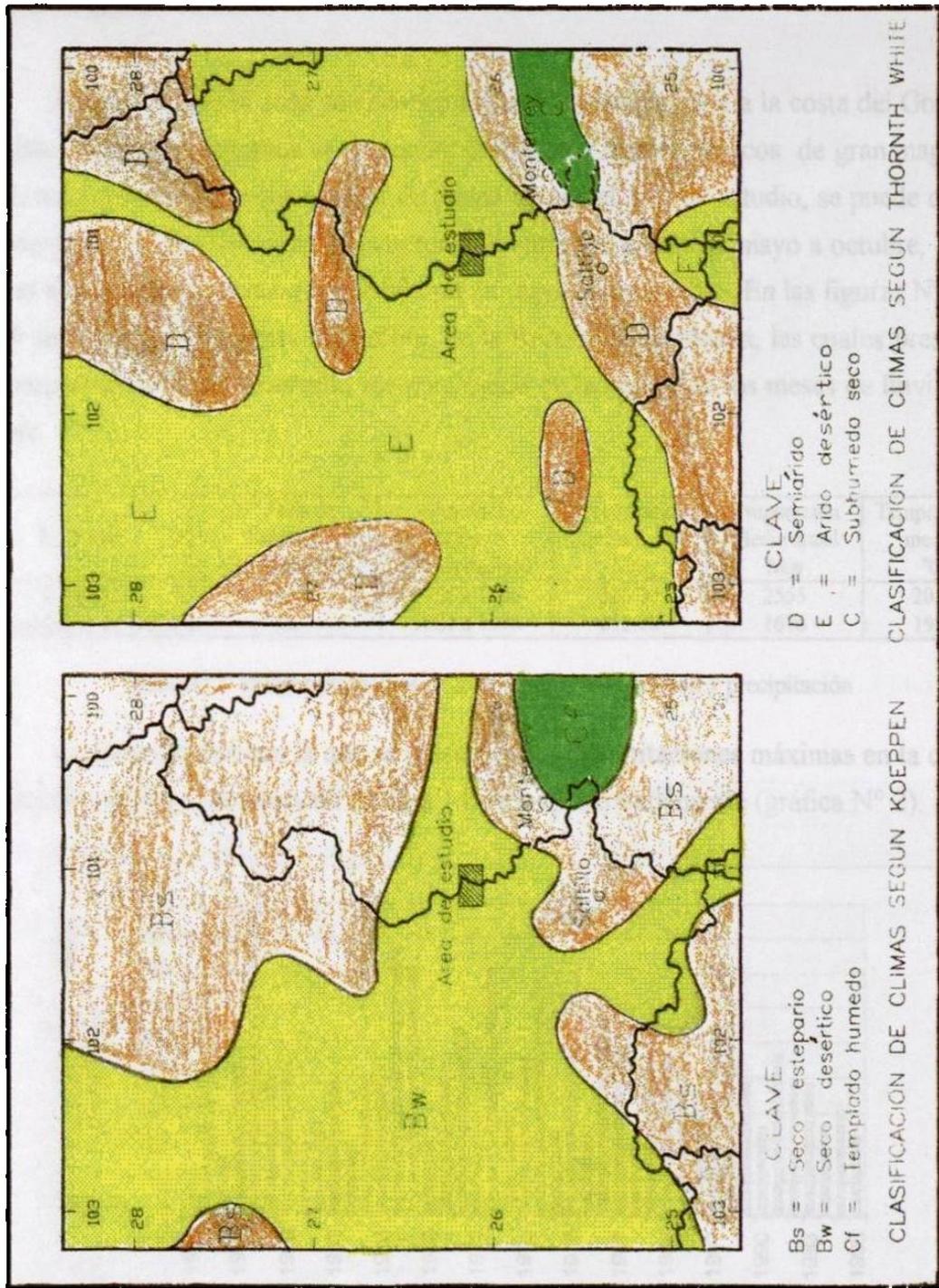


Figura N° 2. Clasificación del clima en el área de estudio

2.3 Precipitación

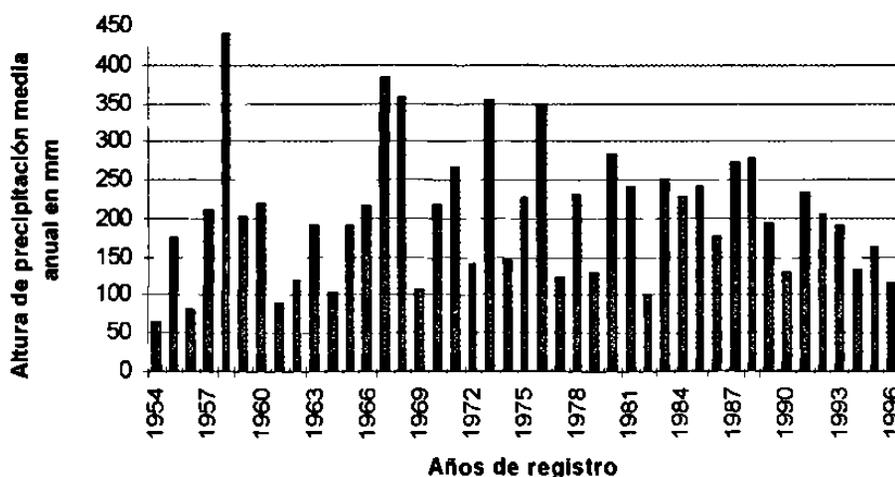
La precipitación media anual registrada en el área de estudio es de 205 mm en la estación Icamole y 212 mm en la de Chupaderos del Indio (tabla N° 1) con un valor mínimo de 89 mm en el año de 1961 y máximo de 442.4 mm en 1958, registrados en la estación Icamole.

A pesar de que la zona se encuentra relativamente cercana a la costa del Golfo de México, donde generalmente se presentan fenómenos meteorológicos de gran magnitud (ciclones y tormentas) y que afectan de forma parcial el área de estudio, se puede definir la temporada de lluvias como la comprendida entre los meses de mayo a octubre, en los que se alcanza un valor máximo de 80 mm en mayo y septiembre. En las figuras N° 3, 4, 5 y 6 se presentan imágenes de satélite, de la República Mexicana, las cuales presentan el comportamiento del desarrollo meteorológico de la región en los meses de lluvia y de estiaje.

Estación	N° Años de Registro (Precipitación)	Periodo de Registro (Precipitación)	Precipitación media anual Mm	Evaporación Media anual Mm	Temperatura media °C
Icamole	41	1955 a 1996	205.00	2555	20.9
Chupaderos de Indio	16	1981 a 1996	212.00	1676	19.8

Tabla N° 1. valores promedios de temperatura, evaporación y precipitación

La periodicidad con la que se presentan las precipitaciones máximas en la cuenca en estudio, varía en un intervalo de 12 a 14 años aproximadamente (gráfica N° 2).



Gráfica N° 2. Ciclo de las precipitaciones en la cuenca de Paredón-Icamole

En la siguiente imagen se presenta el desarrollo meteorológico que comúnmente se aprecia durante el mes de enero en el norte de la República mexicana. En particular, el noreste del país registra frentes fríos provenientes del hemisferio norte, los cuales originan un descenso en las temperaturas de la región (Boletín Meteorológico, CFE).

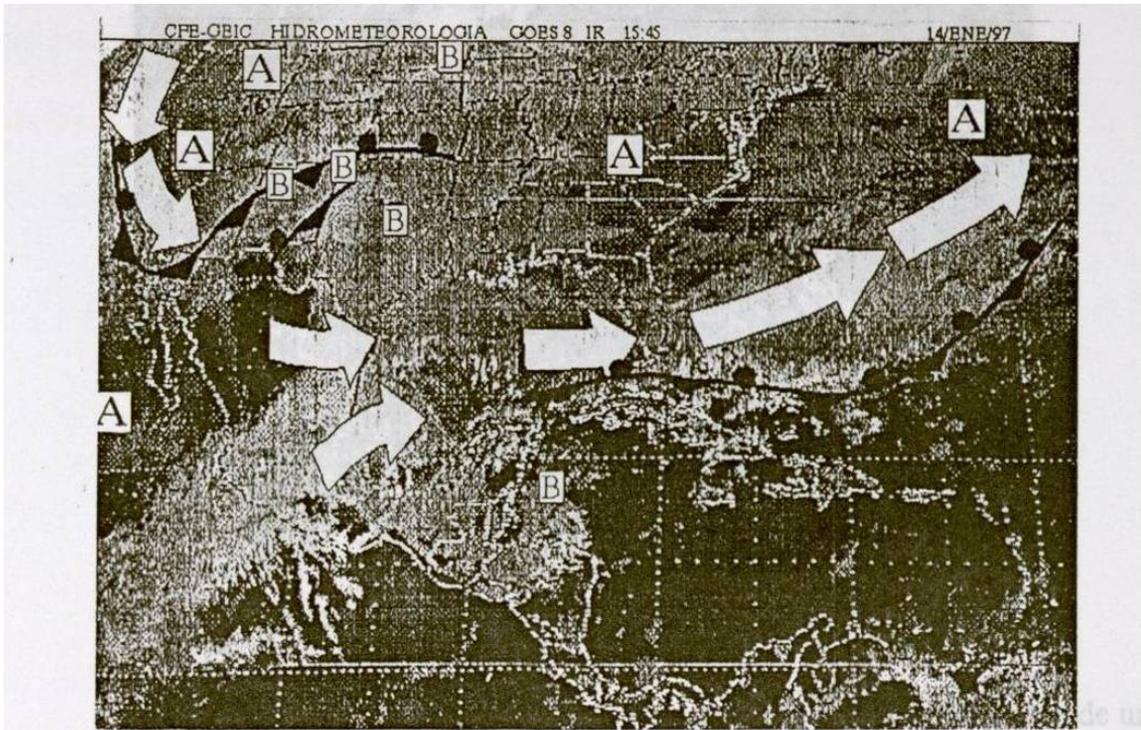


Figura N° 3. Imagen típica del mes de enero del desarrollo meteorológico de la República Mexicana

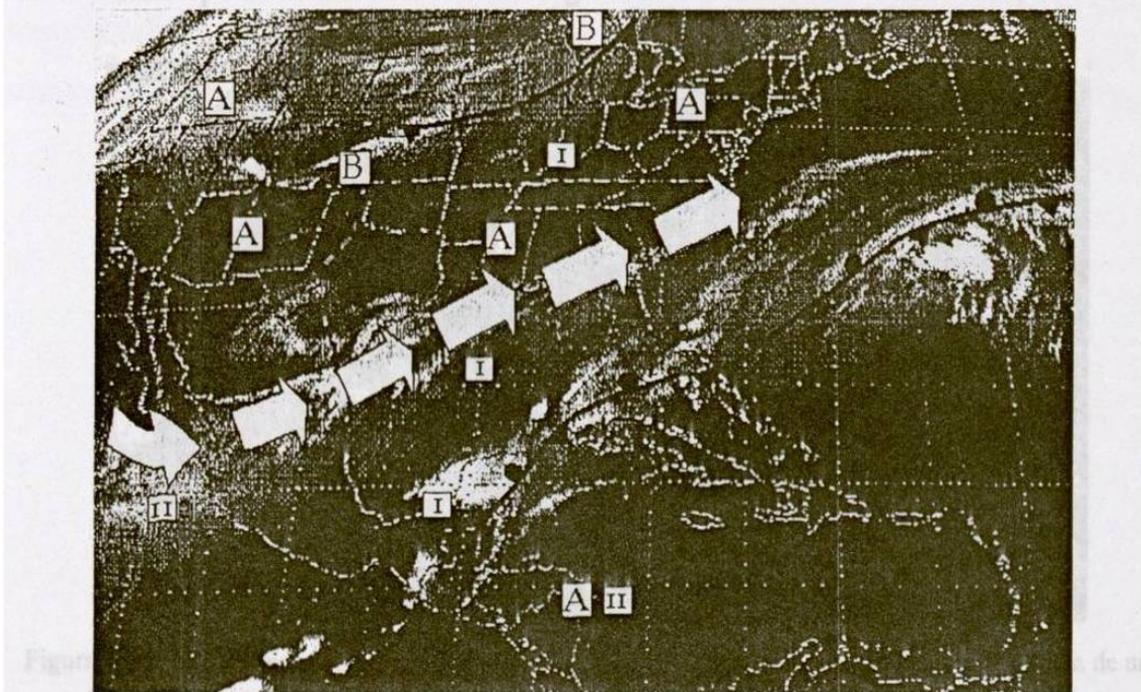


Figura N° 4. Desarrollo meteorológico en México, correspondiente al mes de mayo

En la figura anterior se aprecia una masa de aire frío que interacciona con la afluencia de aire húmedo tropical; dichos sistemas se debilitan con la corriente en chorro sobre la misma región, ocasionando aumentos de nublados con lluvias de moderadas a fuertes aisladas, en la parte noreste del país (Boletín Meteorológico, CFE).

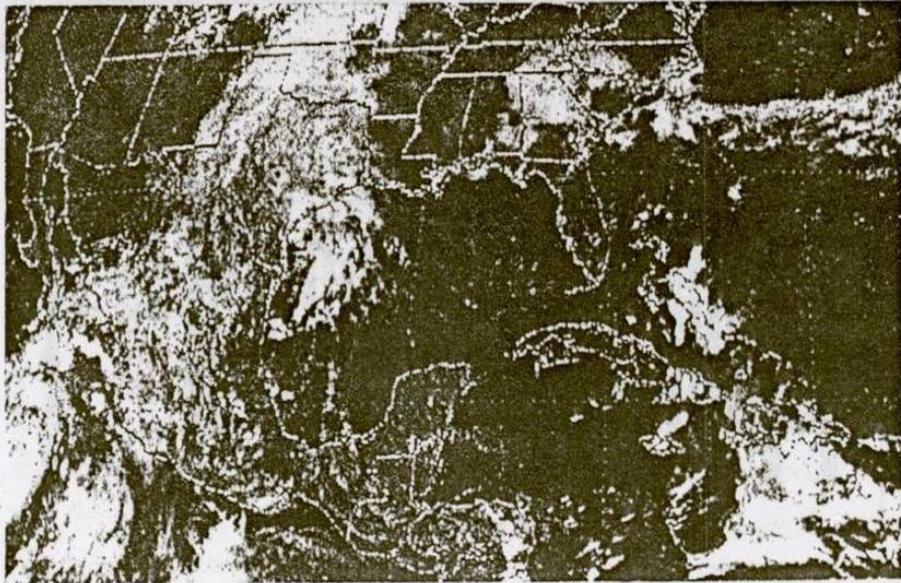


Figura N° 5. Imagen meteorológica de México correspondiente al mes de septiembre

La figura N° 5, muestra la presencia de un frente frío que se extiende desde una baja presión localizada en el centro del río Mississippi, hasta la parte media de Tamaulipas; dicho sistema favorece los nublados y precipitaciones en el noreste de México. Este tipo de fenómenos meteorológicos son comunes en el mes de septiembre.

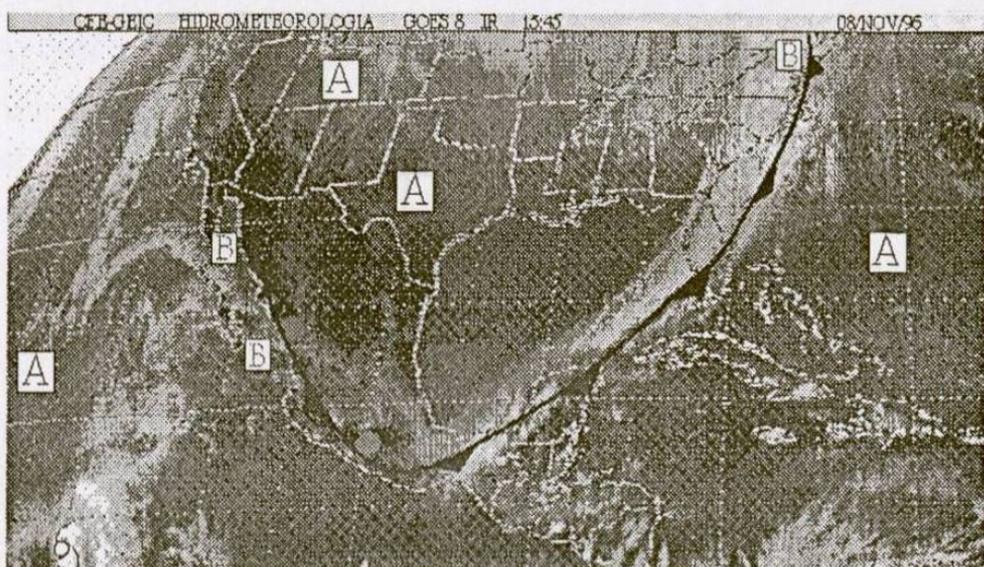
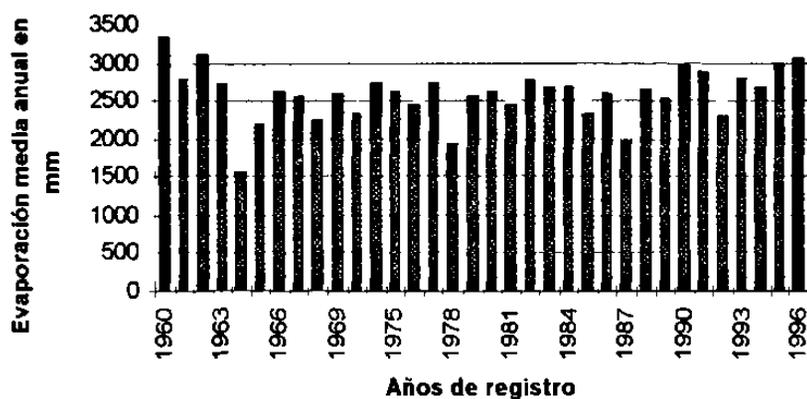


Figura N° 6. Imagen meteorológica correspondiente al mes de noviembre, se aprecia la presencia de un frente frío desarrollado en el pacífico y en el Golfo de México, nótese gran parte del país sin presencia de lluvias

2.4 Evaporación

Considerando la localización del área en estudio, en la región, la evaporación es alta y alcanza valores medios anuales de 2,555 mm en la estación de Icamole y 1,676 mm en la de Chupaderos del Indio, con un valor mínimo de 1,562 mm en 1964 y uno máximo de 3,300 mm, en 1960, registrados en la estación de Icamole (gráfica N° 3)



Gráfica N° 3. Valores de la evaporación media anual en la cuenca de Paredón-Icamole

En general, la evaporación se concentra durante los meses de abril a agosto; los valores típicos medios mensuales son de 50 mm, en enero y 397 mm, en agosto.

Por medio de la aplicación de los polígonos de Thiessen se determinaron las áreas de influencia para cada estación, dentro del área de estudio (tabla N° 2).

ESTACIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA km ²	%
Icamole	38.5	22.5
Chupaderos del Indio	132.8	77.5
Área total de la cuenca	171.3	100

Tabla N° 2. Área de influencia de las estaciones en la cuenca de Paredón-Icamole

3. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

3.1 Localización del Área

Regionalmente, el área en estudio se localiza dentro de la Región Hidrológica N° 24 (División de las Regiones Hidrológicas de la República Mexicana, CNA) que tiene salida del drenaje hacia el Golfo de México (plano N° 2). Esta región es drenada por el río San Juan, el cual es un escurrimiento muy importante en el noreste del país, debido a las zonas urbanas ubicadas en la cuenca; desemboca a 58 Km, aguas abajo, de la Presa Falcón. Dada su ubicación, la cuenca del río San Juan está expuesta a las frecuentes perturbaciones ciclónicas del Golfo de México. El régimen del río es irregular y está formado por los siguientes afluentes: Salinas, Pesquería, Santa Catarina, Ramos, Pilon y Mohino; de éstos, el primero tiene gran influencia en la recarga del acuífero en estudio.

3.2 Red Hidrográfica

En particular, el área de estudio se definió con base en las estructuras geológicas existentes en la zona, las cuales presentan una orientación E-W y permiten la formación de un parteaguas hidrográfico constituido por varios y pequeños escurrimientos de curso intermitente, los cuales se originan en las partes altas de las sierras, labrando su cauce hasta penetrar en el aluvión e integrarse a otras corrientes superficiales de mayor magnitud; creando así la red de drenaje principal (de tipo dendrítico) de la cuenca, de tercer orden (véase plano N° 2), formada por el río Patos, que entra por el lado noroeste hacia la cuenca, en el estado de Coahuila, y después de un recorrido de 8 km dentro de la misma, el escurrimiento cambia de nombre por el de río Salinas, en el estado de Nuevo León, el cual drena hasta la salida de la cuenca, no sin antes alimentar un pequeño embalse denominado las Trancas. Este escurrimiento recibe las aportaciones del arroyo Carrizos, por su margen izquierda y el arroyo Los Ranchos, por su margen derecha, los dos localizados ya dentro del Estado de Nuevo León.

Es importante señalar que en la zona existen varias manifestaciones superficiales, como es el caso de los manantiales de la Azufrosa, San Joaquín y Las Cuatas, otros se localizan en partes altas donde termina de aflorar la lutita-arenisca; por ejemplo, los

manantiales de El Antrisco y La Virgen; una pequeña parte de los escurrimientos generados por estas emanaciones se utilizan para el consumo humano y lo restante en la irrigación de raquílicas parcelas cerca de dichos alumbramientos. Se establece con ello la urgente necesidad de un estudio de calidad del agua, que se contempla en el presente trabajo (plano N° 2).

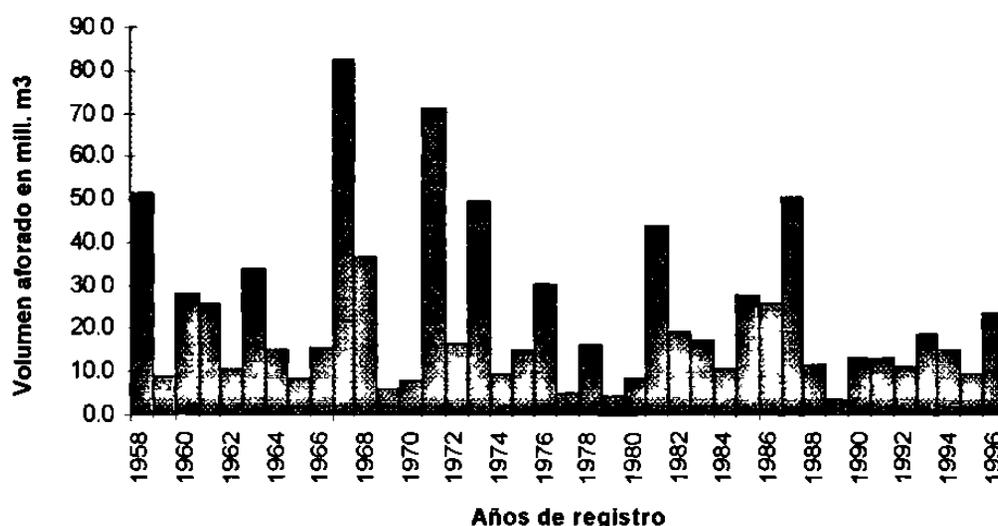
3.3 Hidrometría del Río Patos-Salinas

Referente a la hidrometría del río Patos-Salinas, que drena la cuenca en estudio, es importante señalar que los volúmenes de aportaciones de los diferentes escurrimientos de la zona, son muy pequeños, esto debido a que un gran número de ellos se disgregan por evaporación e infiltración, contribuyendo a que se tengan volúmenes mínimos de escurrimiento.

ESTACION HIDROMETRICA DE ICAMOLE			
Año	Volumen aforado mill. m ³	Año	Volumen aforado mill. m ³
1958	51 651	1978	16 215
1959	8 930	1979	4.641
1960	28.472	1980	8 514
1961	25.832	1981	44 228
1962	10.845	1982	18 992
1963	34 046	1983	17 049
1964	15 259	1984	10 630
1965	8 567	1985	27 842
1966	15 791	1986	25 735
1967	82.574	1987	50.800
1968	36 680	1988	11 689
1969	6 133	1989	3 424
1970	7 955	1990	13 067
1971	71.455	1991	12.917
1972	16 723	1992	11.041
1973	49 539	1993	18.734
1974	9.797	1994	15.088
1975	15.319	1995	9.697
1976	30.331	1996	24.00
1977	5.258	Sumatoria -	875 46
Volumen medio anual aforado en millones de m ³ = 22.447			

Tabla N° 3. Registro hidrométrico del río Patos-Salinas en la estación de Icamole

El río Patos-Salinas, es aforado a la salida de la cuenca por la estación hidrométrica de Icamole. Se cuenta con un período de registro de 39 años, desde 1958 a 1996, en el cual se puede observar un volumen medio anual de escurrimiento de 22.447 millones de m³. Los mayores escurrimientos se originan durante los meses de mayo a octubre y se registran valores mínimos y máximos medios anuales de 3.424 millones de m³, en 1989 y de 82.574 millones de m³, en 1967, respectivamente (Gráfica N° 4).



Gráfica N° 4. Hidrometria del río Patos-Salinas

3.4 Balance Hidrológico

Regionalmente, la cuenca estudiada para el análisis del escurrimiento superficial, se localiza en la Región Hidrológica N° 24 (Regiones hidrológicas de la Republica Mexicana, CNA) cuenta con un área total de 10,312.4 Km². Debido a la ubicación del acuífero en estudio y a la ramificación de los diferentes escurrimientos que contribuyen a la recarga del mismo, se dividió la cuenca inicial en cuatro subcuencas (figura N° 7).

Subcuenca 1, denominada Cuenca de Paredón-Icamole, cuenta con una área de 1713 Km², es en esta cuenca donde se localiza el acuífero en estudio, la principal corriente que drena el área es el río Patos, el cual cambia de nombre por el de río Salinas a la mitad de la cuenca, presenta una longitud aproximada de 26.3 Km, desde la entrada a la cuenca, en la parte norte del poblado de Paredón, hasta la estación hidrométrica de Icamole; esta cuenca recibe las aportaciones de los escurrimientos generados por las tres cuencas adyacentes.

Subcuenca 2, o Cuenca Chupaderos del Indio. Esta cubre un área de 133.4 Km², su corriente principal es el arroyo Los Ranchos, con una longitud aproximada de 17.5

Km; al Sureste de la cuenca se localiza la estación climatológica de Chupadero del Indio, la cual cubre los registros de precipitación de dicha región.

Subcuenca 3, o Cuenca Carrizos. Abarca un área de 82.6 Km², tiene como corriente principal el arroyo los Carrizos, de una longitud aproximada de 13.50 Km. Esta cuenca forma parte del área de influencia de la estación climatológica de Icamole.

Subcuenca 4, denominada Cuenca Saltillo-Paredón. Aunque esta cuenca por sus dimensiones y su morfología que define una serie de cuencas endorréicas pequeñas, que pudieran considerarse independientes entre sí en el aspecto de la hidrología superficial, no así ocurre en el análisis de la hidrología subterránea, ya que es de esperarse que dichas cuencas endorréicas se comuniquen entre sí por medio de los flujos subterráneos, originados por las filtraciones de los escurrimientos superficiales; por lo tanto, queda justificado el porqué se analizó toda esta cuenca para el balance hidrológico. Esta cuenca comprende un área de 9,925.1 Km², su corriente principal, el río Patos, alcanza una longitud de 143.0 Km y desemboca en la parte norponiente de la Cuenca de Paredón-Icamole.

Es importante mencionar que en toda esta longitud -río Patos- no se cuenta con ninguna estación de aforo, considerando que en 1949 se instalaron dos estaciones hidrométricas en el suroeste de Saltillo: Vaquería y San Juan. La primera se instaló en el arroyo Vaquería y en un período corto registró un gasto máximo de 5.35 m³/s y un mínimo de 0.014 m³/s. La estación San Juan se instaló en el arroyo del mismo nombre y registró gastos máximo y mínimo de 1.81 y 0.010 m³/s. Ambas estaciones se suspendieron en 1953 y por el corto tiempo de funcionamiento, no fue posible calcular el volumen medio anual del río en los dos afluentes (CNA, 1996), contribuyendo así al análisis hidrológico global de toda la cuenca. Los registros de precipitación que se originan en toda el área de esta cuenca son cubiertos por 17 estaciones climatológicas; de las cuales, la estación que presenta un registro mayor es la de Saltillo, Coahuila.

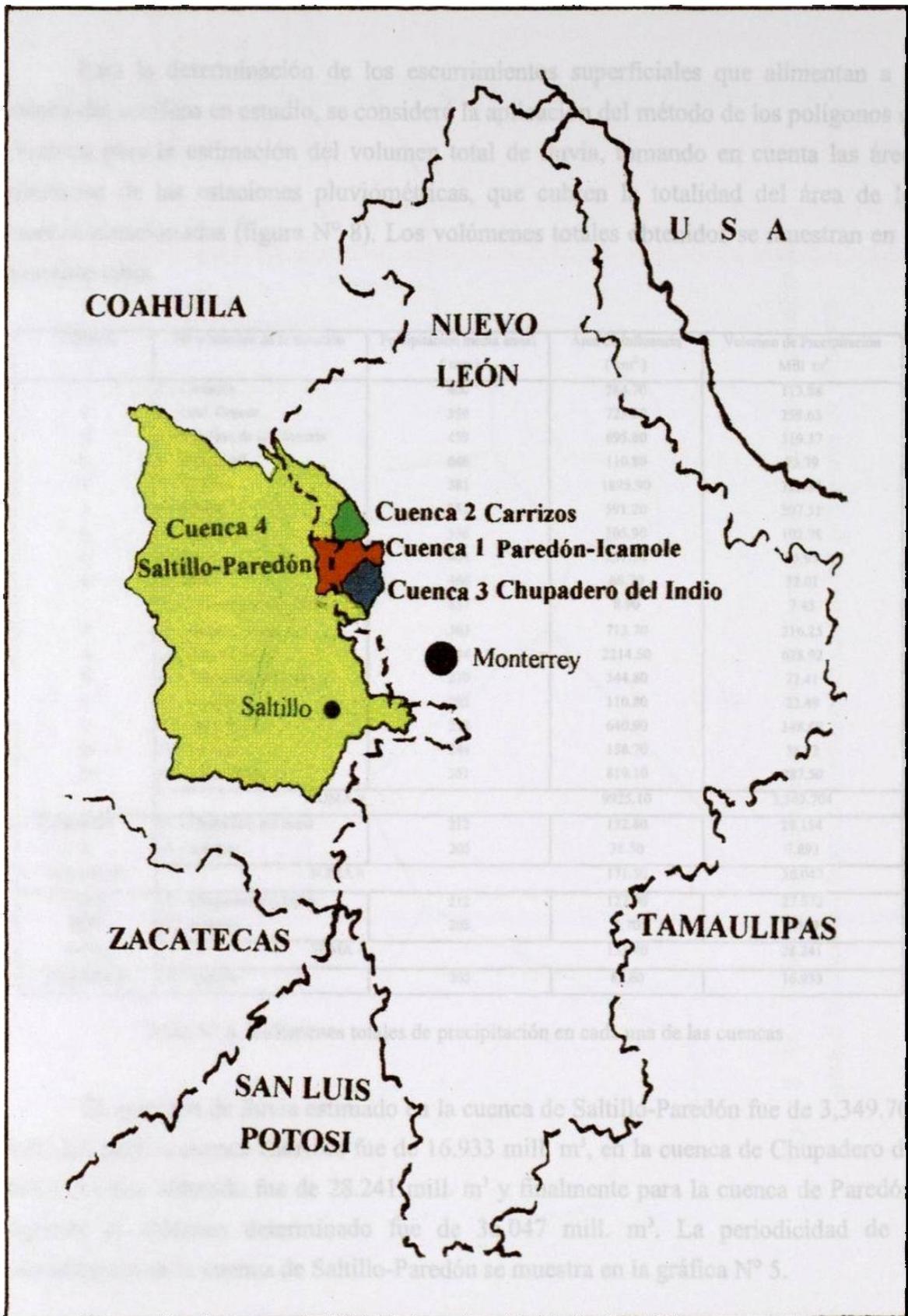


Figura N° 7. División de cuencas consideradas para el análisis del balance hidrológico

3.4.1 Precipitación

Para la determinación de los escurrimientos superficiales que alimentan a la cuenca del acuífero en estudio, se consideró la aplicación del método de los polígonos de Thiessen para la estimación del volumen total de lluvia, tomando en cuenta las áreas tributarias de las estaciones pluviométricas, que cubren la totalidad del área de las cuencas mencionadas (figura N° 8). Los volúmenes totales obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

CUENCA	N y Nombre de la Estacion	Precipitación media anual (mm)	Área de influencia (km ²)	Volumen de Precipitación Mill m ³
S A L T I L L O	1. - Cameros	400	284.70	113.88
	2. - Gral. Cepeda	359	723.20	259.63
	3. - San Juan de la Vaquera	459	695.80	319.37
	4. - Huachichil	666	110.80	73.79
	5. - La Rosa	381	1895.90	722.34
	6. - Saltillo	351	591.20	207.51
	7. - Arteaga	336	305.90	102.78
	8. - Tunal	404	237.50	95.95
	9. - Jame	466	68.70	32.01
	10. - Ciénega de la Punsima	837	8.90	7.45
	11. - Ramos Arzpe	303	713.70	216.25
	12. - Alto de Nonas	284	2214.50	628.92
	13. - Chupadero del Indio	210	344.80	72.41
	14. - Icamole	203	110.80	22.49
	15. - Ejido Reata	232	640.90	148.69
	16. - La Popa	244	158.70	38.72
	17. - Santa Teresa	351	819.10	287.50
SUMA			9925.10	3.349.704
PAREDÓN E	13. - Chupadero del Indio	212	132.80	28.154
	14. - Icamole	205	38.50	7.893
ICAMOLE			171.30	36.047
CHUP. DEL INDIO	13. - Chupadero del Indio	212	127.70	27.072
	14. - Icamole	205	5.70	1.169
INDIO			133.40	28.241
CARRIZOS	14. - Icamole	205	82.60	16.933

Tabla N° 4. Volúmenes totales de precipitación en cada una de las cuencas

El volumen de lluvia estimado en la cuenca de Saltillo-Paredón fue de 3,349.704 mill. m³, para la cuenca Carrizos fue de 16.933 mill. m³, en la cuenca de Chupadero del Indio el valor obtenido fue de 28.241 mill. m³ y finalmente para la cuenca de Paredón-Icamole el volumen determinado fue de 36.047 mill. m³. La periodicidad de la precipitación en la cuenca de Saltillo-Paredón se muestra en la gráfica N° 5.

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS Y PLUVIOMÉTRICAS

N° y Nombre de la Estación	Localización (coordenadas geográficas)		Área de influencia (km ²)	Localización Municipio y Estado
	Latitud	Longitud		
Cuenca 4, Saltillo-Paredón				
1.- Cameros	25° 07' 20"	101° 06' 36"	284 70	Saltillo, Coahuila
2.- Gral Cepeda	25° 22' 41"	101° 28' 30"	723 20	Gral. Cepeda, Coahuila
3.- San Juan de la Vaquería	25° 15' 09"	101° 15' 58"	695 80	Saltillo, Coahuila
4.- Huachichil	25° 12' 37"	100° 49' 27"	110 80	Arteaga, Coahuila
5.- La Rosa	25° 31' 05"	101° 23' 17"	1895 90	Gral Cepeda, Coahuila
6.- Saltillo	25° 26' 07"	100° 54' 43"	591 20	Saltillo, Coahuila
7.- Arteaga	25° 26' 41"	100° 50' 11"	305 90	Arteaga, Coahuila
8.- Tunal	25° 25' 13"	100° 38' 03"	237 50	Arteaga, Coahuila
9.- Jame	25° 21' 59"	100° 37' 11"	68 70	Arteaga, Coahuila
10.- Ciénega de la Purísima	25° 20' 15"	100° 31' 49"	8 90	Arteaga, Coahuila
11.- Ramos Arizpe	25° 32' 26"	100° 57' 02"	713 70	Ramos Arizpe, Coahuila
12.- Alto de Norias	25° 58' 37"	101° 14' 44"	2214 50	Ramos Arizpe, Coahuila
13.- Chupadero del Indio	25° 48' 50"	100° 47' 15"	344 80	García, Nuevo León
14.- Icamole	25° 55' 31"	100° 41' 15"	110 80	García, Nuevo León
15.- Ejido Reata	26° 07' 42"	101° 04' 33"	640 90	Ramos Arizpe, Coahuila
16.- La Popa	26° 09' 10"	100° 49' 40"	158 70	Mina, Nuevo León
17.- Santa Teresa	26° 23' 45"	101° 21' 13"	819 10	Castaños, Coahuila
Cuenca 1, Paredón-Icamole				
Est. Chupadero del Indio	25° 48' 50"	100° 47' 15"	132 80	García, Nuevo León
Est. Icamole	25° 55' 31"	100° 41' 15"	38 50	García, Nuevo León
Cuenca 2, Chup. del Indio				
Est. Chupadero del Indio	25° 48' 50"	100° 47' 15"	127 70	García, Nuevo León
Est. Icamole	25° 55' 31"	100° 41' 15"	5 70	García, Nuevo León
Cuenca 3, Carrizos				
Est. Icamole	25° 55' 31"	100° 41' 15"	82 60	García, Nuevo León

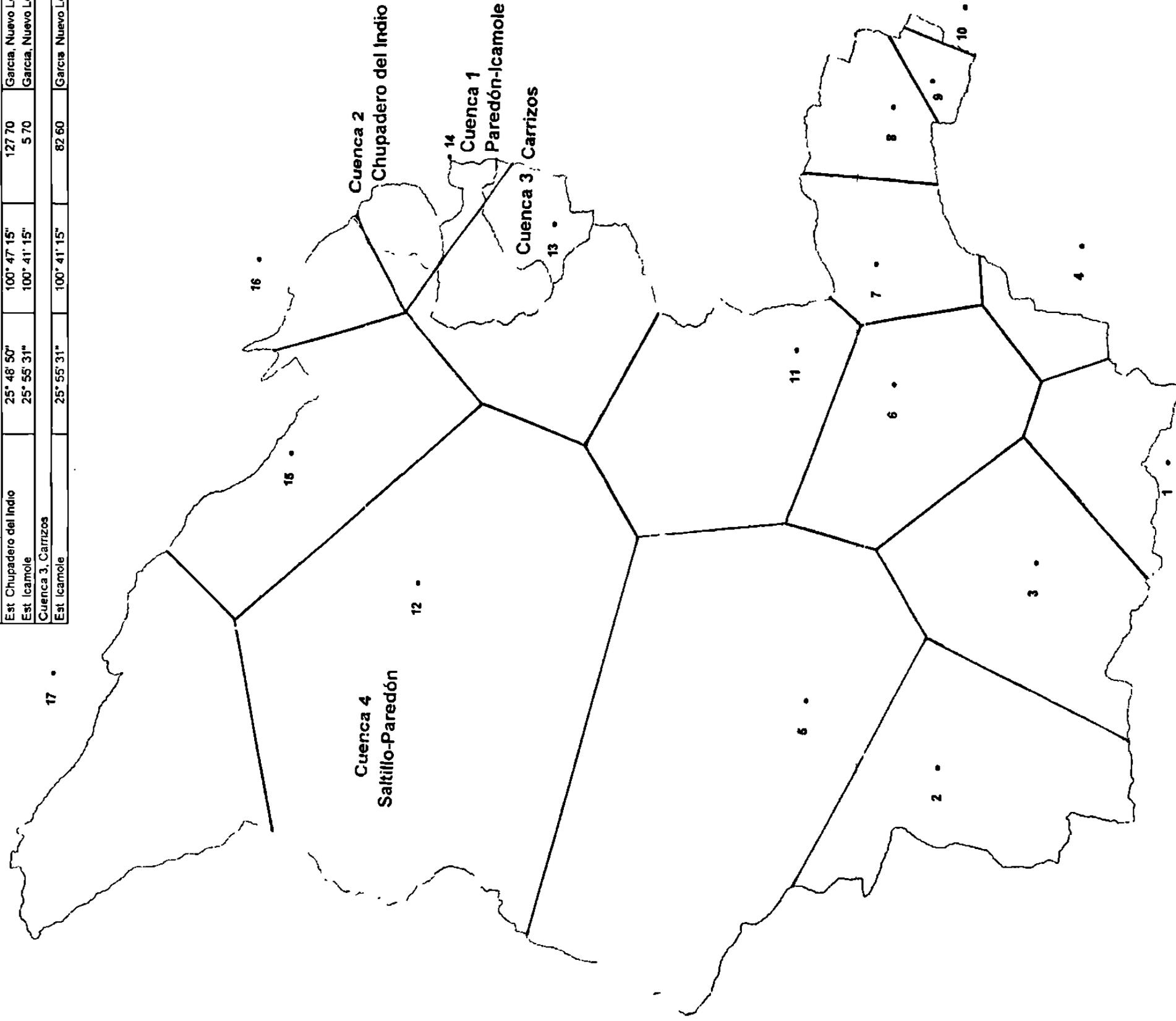
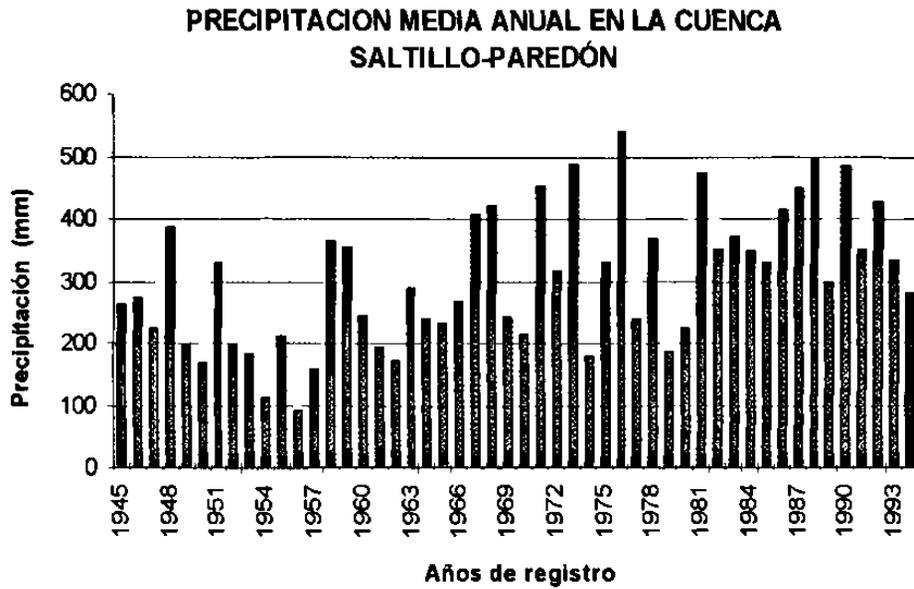


Figura 8. Área de influencia de las estaciones pluviométricas en las cuencas analizadas para el balance hidrológico, mediante el uso de los polígonos de Thiessen



Gráfica N° 5. Registro del período de precipitación en la cuenca de Saltillo-Paredón

Mediante la configuración de isoyetas medias anuales en la región analizada para el balance hidrológico, se pueden apreciar tres zonas claras de precipitación, una de éstas se define por los valores altos de precipitación (hasta 1000 mm anuales) los cuales se ubican paralelos a la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León. Se aprecia también una zona de precipitación con valores intermedios, de 250 a 500 mm anuales, la cual comprende los municipios de General Cepeda, Saltillo, Ramos Arizpe, Arteaga y Mina. La zona que presenta valores mínimos de precipitación abarca en su totalidad la cuenca de Paredón-Icamole, en la que se registran valores de 200 y 225 mm anuales; dicha zona se extiende hacia el centro del estado de Coahuila influyendo de manera directa en los valores mínimos de escurrimiento del río Patos. En la figura N° 9 se muestra la configuración de isoyetas medias anuales, que cubren la región comprendida por las cuatro cuencas.

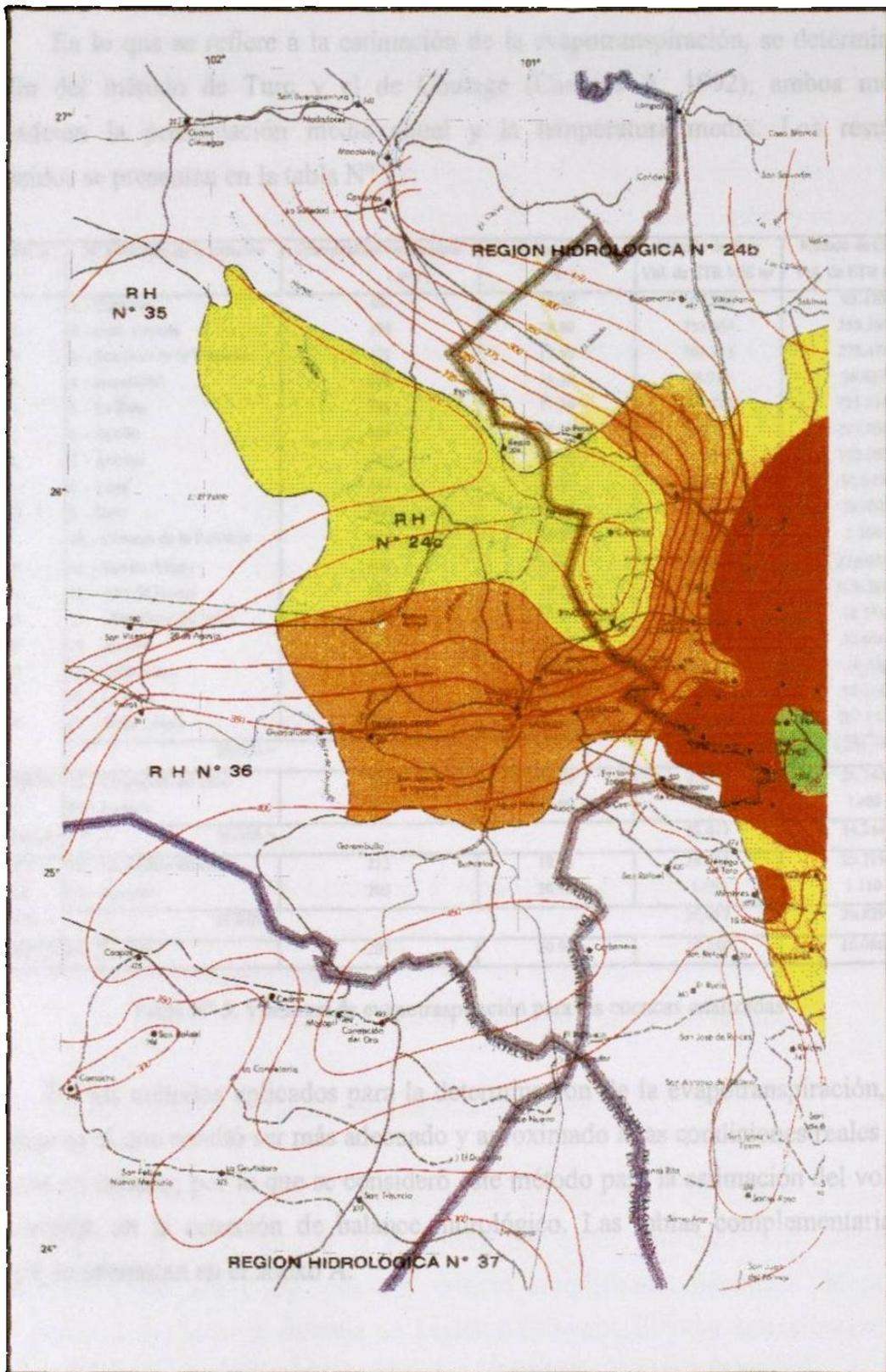


Figura N 9. Configuración de isoyetas medias anuales en la región donde se localizan las cuencas analizadas para el balance hidrológico.

3.4.2 Evapotranspiración

En lo que se refiere a la estimación de la evapotranspiración, se determinó por medio del método de Turc y el de Coutage (Campos A. 1992), ambos métodos consideran la precipitación media anual y la temperatura media. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla N° 5.

CUENCA	N y Nombre de la Estación	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media (°C)	Método de Turc Vol. de ETR Mill m ³	Metodo de Coutage Vol. de ETR Mill m ³
S A L T I L L O O P A R R I Z O S	1 - Cameros	400	15.40	107.966	98.470
	2. - Gral Cepeda	359	18.80	233.666	259.369
	3 - San Juan de la Vaqueria	459	17.10	301.713	273.476
	4. - Huacinchil	666	14.50	58.913	56.427
	5. - La Rosa	381	17.50	707.093	721.616
	6. - Saltillo	351	18.10	206.281	207.304
	7 - Arteaga	336	17.10	101.862	102.680
	8. - Tunal	404	15.10	90.419	82.647
	9. - Jame	466	12.10	27.506	26.032
	10. - Cienega de la Punsima	837	15.50	5.525	5.350
	11 - Ramos Arizpe	303	22.40	194.626	216.035
	12. - Alto de Norras	284	18.80	566.026	628.289
	13. - Chupadero del Indio	210	19.80	65.167	72.336
	14. - Icamole	203	20.90	20.243	22.470
	15 - Ejido Reata	232	20.30	133.820	148.540
	16. - La Popa	244	20.90	34.851	38.684
	17 Santa Teresa	351	20.20	258.754	287.217
SUMA =				3.114.449	3.246.942
PAREDÓN E	13 - Chupadero del Indio	212	19.80	25.338	26.746
	14. - Icamole	205	20.90	7.103	7.498
ICAMOLE	SUMA			32.441	34.244
CHUP. DEL INDIO	13. - Chupadero del Indio	212	19.80	24.365	25.719
	14. - Icamole	205	20.90	1.052	1.110
	SUMA			25.417	26.829
CARRIZOS	14 - Icamole	205	20.90	15.240	16.086

Tabla N° 5. Volumen de evapotranspiración para las cuencas analizadas

De los métodos aplicados para la determinación de la evapotranspiración, el de Coutage es el que resultó ser más adecuado y aproximado a las condiciones reales de las cuencas en estudio; por lo que se consideró este método para la estimación del volumen de pérdidas en la ecuación de balance hidrológico. Las tablas complementarias del cálculo se presentan en el anexo A.

3.4.3 Infiltración y Esgurrimiento

Para estimar la infiltración en cada una de las cuencas que contribuyen al escurrimiento superficial de la cuenca donde se localiza el acuífero en estudio, se empleó el modelo matemático, propuesto por la U. S. Army Corps of Engineers Hidrologic, denominado (Hec-1) Flood Hydrograph Package. Básicamente, se utilizó este modelo, ya que considera el mayor número de variables hidrológicas y se ajusta a la información pluviométrica con que se cuenta en la región.

Los parámetros utilizados para la aplicación de este modelo, fueron determinados en cada una de las cuencas, considerando la unidad hidrográfica de Clarck. En la tabla N° 6, se muestran los valores calculados.

N° y Nombre de la Cuenca	Area km ²	Lcp km	Lca Km	S %	Cl	N	DU %	QS
1 - Paredón e Icamole	171.3	26.30	13.15	0.383	3.79	79.46	0.0	100
2 - Chupaderos del Indio	133.4	17.20	8.75	2.349	5.12	86.75	0.0	100
3 - Carrizos	82.6	13.50	6.75	1.617	5.12	85.40	0.0	100
4 - Saltillo-Paredón	9925.1	143.00	71.50	0.719	3.79	79.63	0.2	100

Tabla N° 6. Parámetros de la unidad hidrográfica de Clarck, para cada cuenca

Donde:

Lcp=Longitud del cauce principal

Lca=Longitud del cauce principal al centroide de la cuenca

S=Pendiente del cauce principal

Cl=Coeficiente de clark

N=Coeficiente de escurrimiento en función del tipo y uso del suelo

DU=Desarrollo urbano en la cuenca

QS=Porcentaje de caudal aportado por la cuenca

Una vez determinados los tres primeros parámetros (Lcp, Lca y el área de la cuenca) se procedió a calcular la pendiente del cauce principal (So) mediante la aplicación de los siguientes métodos: criterio simplificado, pendiente de la recta equivalente y mediante la formula de Taylor y Schwarz. El valor seleccionado fue el que presentó un valor medio de los obtenidos (método de Taylor y Schwarz).

Para la obtención del coeficiente de Clarck, se consideró el porcentaje de desarrollo urbano existente en la cuenca, así como también la pendiente del cauce

principal. En la siguiente tabla se muestra el nivel de los valores que puede tomar el coeficiente.

So (ft/milla)	Área urbanizada (% desarrollo = DU)	Coef. Clarck C1
> 40	0	5.12
20<S<40	0	3.79
<20	0	2.46
>40	100	1.95
<20	100	0.94
C = 7.25, si el % de desarrollo es <18		

Tabla N° 7. Valores del Coeficiente de Clarck

Para el caso particular del presente estudio, el valor de DU en las cuatro cuencas resultó ser menor al 18 %, por lo que el coeficiente "C" fue de 7.25 y a partir de estos valores, se obtuvo el tiempo de concentración (Tc) y el tiempo base del hidrograma de Clarck (R) en hrs. En la tabla N° 8, se enlistan los valores obtenidos.

N° Cuenca	C	Tc	R
1	7.25	7.145	10.893
2	7.25	2.395	4.735
3	7.25	2.217	4.556
4	7.25	30.778	16.941

Tabla N° 8. Valores del tiempo de concentración y de base del hidrograma de Clarck

El coeficiente de escurrimiento (N) se determinó mediante la zonificación del tipo de suelo y de vegetación existente en cada cuenca (planos Nos. 3 y 4) considerando la clasificación de los cuatro grupos hidrológicos de suelos que establece el Soil Conservation Service (Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América), la descripción de cada grupo así como las tablas para la obtención del coeficiente de escurrimiento para los complejos hidrológicos suelo-cobertura, en zonas agrícolas y cuencas rurales se presentan en el anexo A.

Los valores obtenidos de N, correspondientes a las cuencas analizadas se presentan en las tablas Nos. 9 y 10.

Una vez conocidos los parámetros de la unidad hidrográfica de Clarck, se procedió a determinar el comportamiento de la precipitación en la región, mediante el cálculo de las curvas intensidad-duración-periodo de retorno (I-D-Tr) de las estaciones

pluviométricas que se localizan en cada una de las cuencas analizadas, tomando en cuenta el valor estimado del tiempo de concentración de Clarck. Las tablas con los valores que conforman las curvas mencionadas se presentan en el anexo A.

Básicamente, los resultados obtenidos al aplicar el modelo hidrológico HEC-1, fueron: la altura de lluvia en exceso (escurrimiento) y la correspondiente a la altura efectiva de la tormenta simulada, en un año cualquiera; esta última considera la lámina de escurrimiento producida por la precipitación, menos la originada por la evapotranspiración, la cual tiende a tener un valor muy pequeño (se desprecia) y generalmente no se presenta cuando se origina el escurrimiento, ya que inicialmente, se debe satisfacer la demanda de agua hacia la atmósfera, la requerida por las plantas y la que absorbe el subsuelo, para que una vez cubiertas estas demandas se origine el escurrimiento. En la tabla N° 11 se presenta un resumen de los valores obtenidos al aplicar el modelo y en el anexo A se enlista el desarrollo global del mismo.

No. y Nombre de Cuenca	Altura efectiva de tormenta simulada en mm	Altura de escurrimiento mm	Escurrimiento %
1. - Paredón e Icamole	60.69	19.98	32.92
2. - Chupadero del Indio	60.69	30.54	50.32
3. - Carrizos	39.51	12.92	32.70
4. - Saltillo-Paredón	78.84	22.09	28.02

Tabla N° 11. Valores de escurrimiento de una tormenta simulada mediante el modelo hidrológico

Una vez obtenido el porcentaje de escurrimiento correspondiente a la altura efectiva de tormenta en cada cuenca, se procedió a determinar su volumen medio anual y el coeficiente con respecto a la altura total de precipitación, considerando ahora los valores de evapotranspiración registrados en las cuencas estudiadas. En la tabla N° 12 se presentan los volúmenes de escurrimiento calculados.

No. y nombre de cuenca	Clasificación geológica	Área km ²	Área en %	Tipo de vegetación	Área km ²	Área en %	Coeficiente de escurrimiento		
							Tabla A* (N)	Tabla B* (N)	
1.- Paredón-Icamole	Lut-Arenisca	82.70	48.30	Matorral	82.70	100	89	91	
		13.50	7.90	Chaparral	1.35	10	79	78	
	Conglomerado			Matorral	12.15	90	86	86	
	sumas -							prom. 85.30	prom. 85.20
	Aluvión	75.1	43.8	Agricultura	2.25	3	35	67	
				Chaparral	72.85	97	69	68	
sumas -		171.30	100				prom. 67.90	prom. 67.97	
2.- Chupadero del Indio	Lut-Arenisca	95.60	71.70	Matorral	95.60	100	89	91	
		18.10	13.60	Agricultura	0.54	3	75	81	
	Conglomerado			Matorral	17.56	97	86	86	
	sumas -							prom. 85.67	prom. 85.90
	Aluvión	19.70	14.70	Agricultura	0.99	5	35	67	
				Chaparral	18.72	95	79	75	
sumas -		133.40	100				prom. 76.80	prom. 74.60	
3.- Carrizos	Lut-Arenisca	54.50	65.90	Matorral	54.50	100	89	91	
		1.40	1.70	Matorral	1.40	100	86	86	
	Conglomerado		26.70	32.4	Matorral	26.70	100	79	75
	Aluvión								
	sumas -		82.60	100				N prom. 85.40	N prom. 85.70
	sumas -							N prom. 86.75	N prom. 87.90

* Las tablas A y B se presentan en el anexo A

Tabla N° 9. Determinación del coeficiente de escurrimiento (N) en función del tipo de suelo que predomina en la cuenca

CUENCA (4) SALTILLO-PAREDÓN									
Clasificación geológica	Área km ²	Área en %	Tipo de vegetación	Área en km ²	Área en %	Coeficiente de escurrimiento			
						Tabla A* (N)	Tabla B* (N)		
Riolita	11.1	0.11	Matorral	11.1	100	89	91		
Pavimento	23.8	0.22	-	23.8	100	100	96		
Travertino	102.40	1.17	Bosque	102.40	100	55	60		
Lut-Arenisca	3170.40	31.9	Matorral	3170.40	100	89	91		
Caliza	2205.30	22.20	Bosque	1653.98	75	73	70		
			Matorral	485.17	22	86	86		
			Pastizal	66.16	3	79	81		
			suma= 2205.30	suma- 100		prom. 76	prom. 73.90		
Aluvión	3436.2	34.6	Agricultura	274.90	8	35	67		
			Pastizal	103.09	3	69	79		
			Chaparral	687.24	20	69	68		
			Matorral	2370.98	69	79	75		
			suma- 3436.20	suma- 100		prom. 73.18	prom. 73.10		
Conglomerado	975.9	9.8	Bosque	146.39	15	70	70		
			Agricultura	48.80	5	75	81		
			Pastizal	29.28	3	79	86		
			Matorral	751.44	77	86	86		
			suma- 975.90	suma 100		prom. 82.80	prom. 83.40		
sumas =	9925.1	100				N prom. 79.63	N prom. 79.90		

* Las tablas A y B se presentan en el anexo A

Tabla N° 10. Determinación del coeficiente de escurrimiento (N) en función del tipo de suelo que predomina en la cuenca

No. y nombre de cueca	Volumen de precipitación (Vp) Mill m ³	Volumen de evapotranspiración (Vetr) Mill m ³	Volumen de lamina efectiva (Vp - Vetr) Mill m ³	Escurrimiento de lamina efectiva %	Volumen de escurrimiento (% Esc) (Vp - Vetr) Mill m ³	Coefficiente de escurrimiento (Vesc X 100 / Vp) %
1.- Paredón e Icamole	36.047	34.244	1.803	32.92	0.594	1.6
2.- Chupadero del Indio	28.241	26.829	1.412	50.32	0.711	2.5
3.- Carrizos	16.933	16.086	0.847	32.70	0.277	1.6
4.- Saltillo-Paredón	3349.704	3246.942	102.762	28.02	28.794	0.9

Tabla N° 12. Determinación del volumen de escurrimiento que aporta cada cueca al valle donde se localiza el acuífero en estudio

3.4.4 Ecuación de Balance Hidrológico

Para la obtención del volumen de infiltración que se genera hacia el acuífero en estudio, se determinó el volumen de escurrimientos superficiales que aportan las cuencas adyacentes a la cuenca que encierra dicho acuífero. Inicialmente se calcularon los volúmenes de infiltración en cada cuenca, mediante la ecuación de balance hidrológico.

$$V_e = V_p + V_s$$

Donde:

V_e , es el volumen de entrada, compuesto por la precipitación total en el área (V_i) y la aportación de escurrimientos superficiales que se comunican con la cuenca y que contribuyen a tener una mayor volumen de recarga (V_a)

V_p , es el volumen de pérdidas originado por la evapotranspiración (V_{etr}) y la infiltración (V_{inf})

V_s , es el volumen de excedencias o de escurrimiento

Para el caso particular del presente trabajo, no se tienen volúmenes de aportación (V_a) en las cuencas estudiadas, debido a que se toma el análisis completo de cada una de ellas, sin entradas de escurrimientos superficiales. Al sustituir la precipitación, infiltración y la evapotranspiración la ecuación queda:

$$V_i = V_{etr} + V_{inf} + V_s$$

Despejando la infiltración, la cual se quiere conocer

$$V_{inf} = V_i - V_s - V_{etr}$$

Al sustituir los valores de los volúmenes de evapotranspiración, precipitación y de escurrimiento para cada cuenca se tiene:

No. y nombre de cueca	Volumen de precipitación (V_p) Mill m ³	Volumen de evapotranspiración (V_{etr}) Mill m ³	Volumen de escurrimiento (V_i) Mill m ³	Volumen de infiltración (V_{inf}) Mill m ³
1. - Paredón e Icamole	36.047	34.244	0.594	1.209
2. - Chupadero del Indio	28.241	26.829	0.711	0.701
3. - Carrizos	16.933	16.086	0.277	0.570
4. - Saltillo-Paredón	3349.704	3246.942	28.794	73.968

Tabla N° 13. Valores de volúmenes de infiltración y escurrimiento en cada cuenca

Con los valores anteriores, se determinó el volumen de recarga por medio de la infiltración, hacia el acuífero localizado en la cuenca de Paredón-Icamole.

Aplicando nuevamente la ecuación de balance hidrológico se tiene:

$$V_e = V_s + V_p$$

Donde :

V_e , es el volumen de entradas, el cual es igual al volumen de escurrimiento que entra a la cuenca, donde se localiza el acuífero en estudio.

V_s , es el volumen de salida, para el caso en cuestión será el volumen de escurrimiento aforado por la estación hidrométrica de Icamole sobre el río Salinas, a la salida de la cuenca.

V_p , es el volumen de pérdidas, el cual equivale al volumen de infiltración (V_{inf}), debido a que el generado por la evapotranspiración ya está considerado en el análisis del escurrimiento superficial anterior.

El volumen de escurrimiento que aporta cada cuenca en millones de m^3 es:

CUENCA	APORTE
Chupadero del Indio	0.711
Carrizos	0.277
Saltillo-Paredón	28.794
Paredón e Icamole (aporte propio)	<u>0.594</u>
	suma (V_e) = 30.376

El volumen de escurrimiento medio anual aforado sobre el río Salinas en millones de m^3 es:

$$(V_s) = 22.447$$

Despejando (V_{inf}) y sustituyendo valores en la ecuación se tiene:

$$V_{inf} = V_e - V_s$$

$$V_{inf} = 30.376 - 22.447$$

$$V_{inf} = 7.929$$

A este valor se le sumará el volumen de infiltración de 1.209 mill m³ el cual es generado por la propia cuenca, entonces se tiene:

$$V \text{ total de inf} = 7.929 + 1.209 = 9.138$$

Por lo tanto, el volumen medio anual aproximado de recarga del acuífero por medio de infiltración será de 9.138 millones de m³ (figura N° 10).

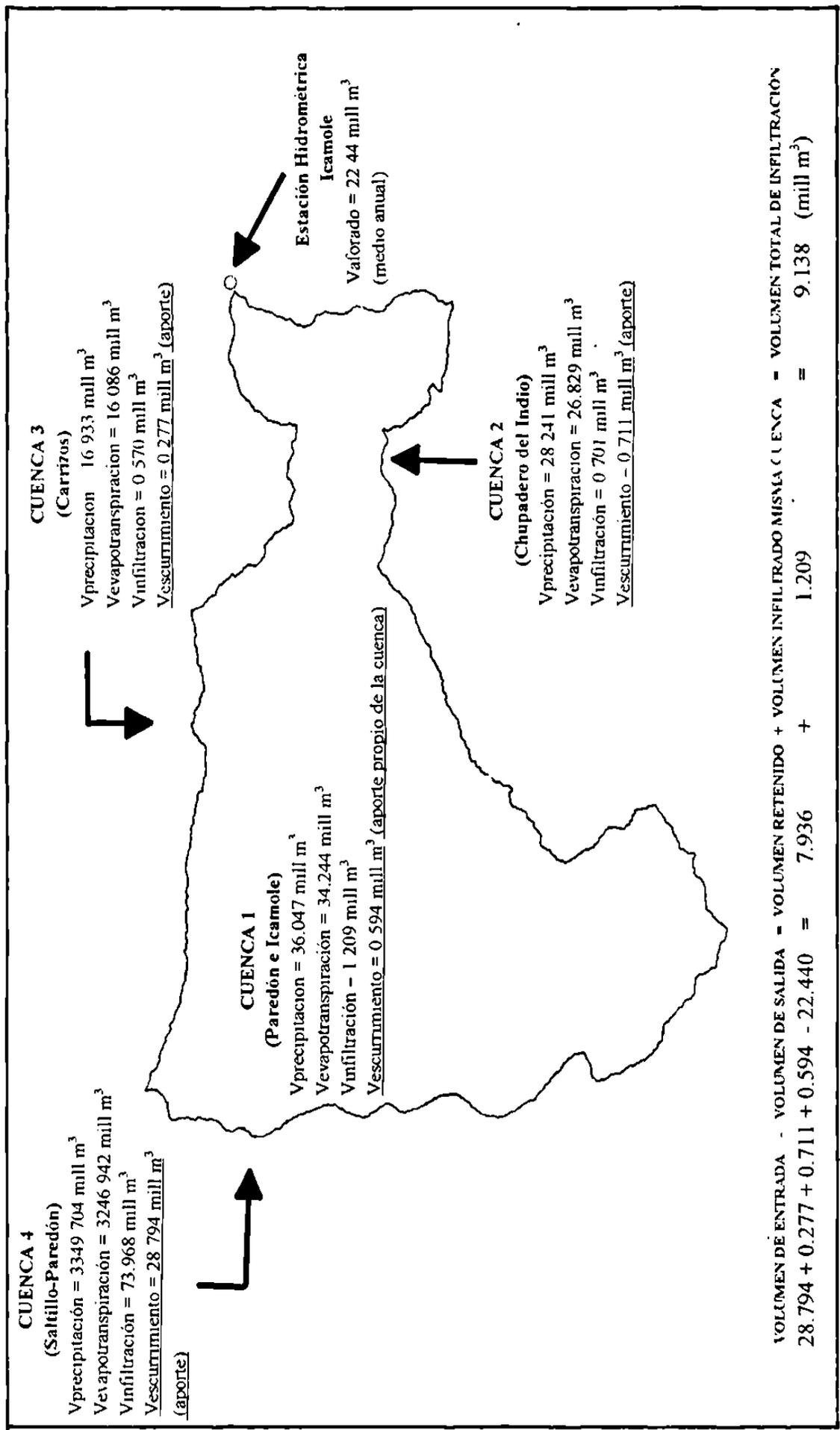


Figura 10. Balance hidrológico en la cuenca de Paredón e Icamole

4. GEOLOGÍA

4.1 Fisiografía

La zona en estudio se localiza dentro de la Provincia Geológica de la Sierra Madre Oriental, formando parte de la subprovincia fisiográfica Cuenca de Parras, la cual se caracteriza por la presencia de sierras y valles con una orientación Este-Oeste. La sierra más importante de esta subprovincia es la de Parras, la cual alcanza una altura de 3000 msnm y se extiende a lo largo de los municipios de Parras de la Fuente, Saltillo y parte de Ramos Arízpe en el estado de Coahuila (INSISA, 1972).

En particular, la Cuenca de Paredón e Icamole presenta una morfología bien definida. Limita al norte con la Sierra el Maneadero, con una altura de 1000 msnm y la Sierra el Colorado, con una altura de 1200 msnm respectivamente; en el lado oriente limita con el Cerro de la Cruz, el cual alcanza una altura de 1200 msnm, en el sur y el poniente limita con la Sierra la Azufrosa, la cual se extiende en forma de arco, definiendo en su mayoría el parte aguas de la cuenca y alcanzando una altura de 1500 msnm (figura N° 11).

El valle que forma la cuenca en estudio, presenta un relieve constituido por lomeríos y suelos con pendiente suave; estos últimos de origen aluvial, producto de la erosión de las lutitas-areniscas que conforman las sierras que limitan la cuenca. Dichos suelos, están formados por depósitos no consolidados de gravas, arenas, limos y arcillas, las cuales presentan diversos espesores según su localización y distribución dentro del valle.

La disponibilidad de agua superficial, en el área de interés, es muy reducida y se limita al escurrimiento del río Patos, el cual recibe las aportaciones de los arroyos: el Coyote, la Mula y el río San Lorenzo; dichos escurrimientos son captados antes de iniciar el drenado de la cuenca, en el lado oeste de la misma (municipio de Ramos Arízpe, Coahuila). Después de un recorrido de 8 km, aproximadamente, dentro de la cuenca, y desde este punto hasta la salida de la misma, el escurrimiento toma el nombre de río Salinas (municipio de García, Nuevo León); teniendo como principal aportación el arroyo Carrizos, por su margen izquierda, dentro de la cuenca.



Figura N° 11. Fisiografía de la Cuenca de Paredón-Icamole

4.2 Geología Estructural

Respecto a la geología, el área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia de la Cuenca de Parras, denominada así porque corresponde a una antigua cuenca marina, que tuvo hundimiento continuo con relleno de sedimentos durante el Cretácico Superior (Gary y Chris, 1995). Esta cuenca se desarrolló al sur de la contemporánea Península de Coahuila, que era un elemento más estable y de la cual recibió los aportes clásticos.

Hacia fines del cretácico se depositó en la antefosa, junto con lodos calcáreos, una enorme cantidad de arena, a la vez que la antefosa se hundía rápidamente, dando así origen a la acumulación de grandes espesores de sedimentos que dieron lugar a las formaciones Parras y Difunta (Gary y Chris, 1995).

Las estructuras actualmente existentes tuvieron su origen en la emersión del entonces fondo marino ocurrida a finales del Cretácico y principios del Terciario. A estos movimientos de la corteza terrestre se les ha llamado Orogenia Laramide. Los esfuerzos compresionales que originaron a la emersión actuaban de sur a norte encontrando una barrera en la Península de Coahuila, de ahí que los plegamientos se hayan desarrollado con una dirección predominantemente este-oeste, al igual que en las sierras transversales de la Sierra Madre Oriental, localizadas al sur (figura N° 12).

Posterior a la etapa de esfuerzos orogénicos compresionales, la región entró en un período de ajuste isostático, lo que motivó el fracturamiento y fallamiento normal al rumbo de las estructuras (Tardy et al., 1975).

En esta forma, el área en estudio se extiende ocupando parte de las unidades geotectónicas de la provincia de la cuenca sedimentaria de Parras, la cual se distribuye entre el frente de los pliegues de la cordillera y plataforma de Coahuila; en su estructura general se caracteriza por encontrarse atravesada de oriente a poniente por una serie de pliegues sinuosos orientados al oeste-noreste, mismos que presentan un flanco norte más inclinado y están generalmente recostados al norte (Gary y Chris, 1995).

Respecto a las estructuras que forman la Cuenca de Paredón e Icamole, se puede apreciar que se dio origen a dicha cuenca mediante el proceso de erosión e intemperismo que atacó el anticlinal que se extendía desde el valle de Paredón hasta el anticlinal El

Fraile, conformando la topografía de las sierras: La Azufrosa, El Maneadero y El Colorado; con una orientación este-oeste y compuesto por las rocas que integran el grupo Difunta. La inclinación de las capas en los flancos de dichas sierras varía de 20° a 30° y, ocasionalmente, son mayores. Las altitudes máximas alcanzadas son de 1200 y 1500 msnm, mientras que las partes bajas alcanzan los 750 msnm (plano N° 5).

4.3 Estratigrafía

Las rocas encontradas en el área son rocas sedimentarias correspondientes a un delta progradante de edad del Cretácico Superior (Rodríguez M., 1996) y consisten en un fuerte espesor de lutitas y areniscas dispuestas en alternancia, con lentes locales de conglomerado y relleno del valle con depósitos aluviales del Cuaternario.

Para la clasificación litológica de la cuenca, se diferenciaron dos sistemas geológicos considerando la etapa del desarrollo evolutivo de las mismas.

SISTEMA CRETÁCICO SUPERIOR

Está compuesto por las estructuras actuales en el área, sierras labradas en las formaciones del grupo Difunta, debido a la erosión y al intemperismo. Dicho grupo se ha diferenciado en una serie de miembros que litológicamente consiste en una secuencia de lutitas y areniscas diferenciando las formaciones por el color al intemperismo, predominancia de lutitas o areniscas (Cerro del Pueblo, Cerro Huerta, Cañón del Tule, Las Imágenes, Cerro Grande, Las Encinas, Rancho Nuevo y El Tanque) y ocasionalmente conglomerados, por lo que se pueden considerar geomorfológicamente como una sola unidad en la que los horizontes arcillosos forman puertos o depresiones debido a que son menos resistentes a la erosión, mientras que las capas de arenisca y conglomerado son horizontes de roca más resistentes que forman salientes de delgado espesor; consecuentemente, el resultado de la erosión es una alternancia de puertos y salientes que se observa desde las partes altas hasta la base de las serranías (Gary y Chris, 1995). Esta alternancia se hace más notable en donde la inclinación de las capas es más pronunciada.

Los espesores registrados para estos miembros varían de los 200 a los 1200 m, dependiendo de la localización en la región (Gary y Chris, 1995). En la tabla N° 14 se

presenta una correlación de la estratigrafía de la zona en estudio, con la que existe regionalmente.

EUROPA		AREA PARADOX	SIERRA DE SAN MARCOS	POTRERO DE LA VIRGEN	SIERRA DE LA MADRE	SIERRA DE SACRAMENTO	SIERRA DE LA PURISIMA	POTRERO DE GUALLOS	SIERRA DE LOS MUERTOS	
CRETACICO SUP.	MAESTRICHTIANO	GPO.						F. ESCONDIDO	F. DIFUNTA	
	CAMPARIANO	DIFUNTA						F. BLUOS	2000m	
	SANTONIANO	LTAS. PARRAS	LTAS. PARRAS					F. SAN MIGUEL	LTAS. PARRAS	
	CONIACIANO	PARRAS	PARRAS					F. UPSON	1370m	
	TURONIANO	GPO. EAGLE FORD	GPO. EAGLE FORD			GPO. EAGLE FORD	GPO. EAGLE FORD	GPO. EAGLE FORD	FORM. INDIDURA	
CRETACICO INF.	CENOMANIANO	GPO. WASHITA	GPO. WASHITA	GPO. WASHITA	GPO. WASHITA	GPO. WASHITA	GPO. WASHITA	GPO. WASHITA	FORM. CUESTA DEL CURA	
	SUPERIOR	WASHITA	WASHITA 300 m	WASHITA 278 m	WASHITA	WASHITA	WASHITA	WASHITA 240 m	140 m	
	ALBIANO	MEDIO	FORM. AURORA	FORM. AURORA	FORM. AURORA	FORM. AURORA	FORM. AURORA	FORM. AURORA	FORM. AURORA	FORM. AURORA
		INFERIOR	AURORA	FORM. AURORA	AURORA	AURORA	AURORA	AURORA	AURORA	AURORA
				FORM. ACATITA	650 m		500±m		349 m	450 m
	CRETACICO SUP.	SARASBIANO	FORM. LA PEÑA	FORM. LA PEÑA	FORM. LA PEÑA	FORM. LA PEÑA	FORM. LA PEÑA	FORM. LA PEÑA	FORM. LA PEÑA	FORM. LA PEÑA
		BEODULIANO	FORM. CUPIDO	FORM. CUPIDO	FORM. CUPIDO	FORM. CUPIDO	FORM. CUPIDO	FORM. CUPIDO	FORM. CUPIDO	FORM. CUPIDO
		BARENMIANO			F. LA VIRGEN					
		HAUTERVIANO		ARK.						
		VILANNOVIANO		SAN MARCOS						
BERMANSIANO			600±m							
PORTLANCIANO			GPO. LA CASITA	GPO. LA CASITA						
JURASICO SUP.	KIMMERIDGIANO		295 m							
	ARBORVIANO		GPO. ZULOAGA							
	DIVESIANO		400 m							
	OXFORDIANO									
	CALLOVIANO									

Tabla N° 14. Correlación estratigráfica del área de estudio con la existente a escala regional (tabla tomada del estudio de CASSA, 1981)

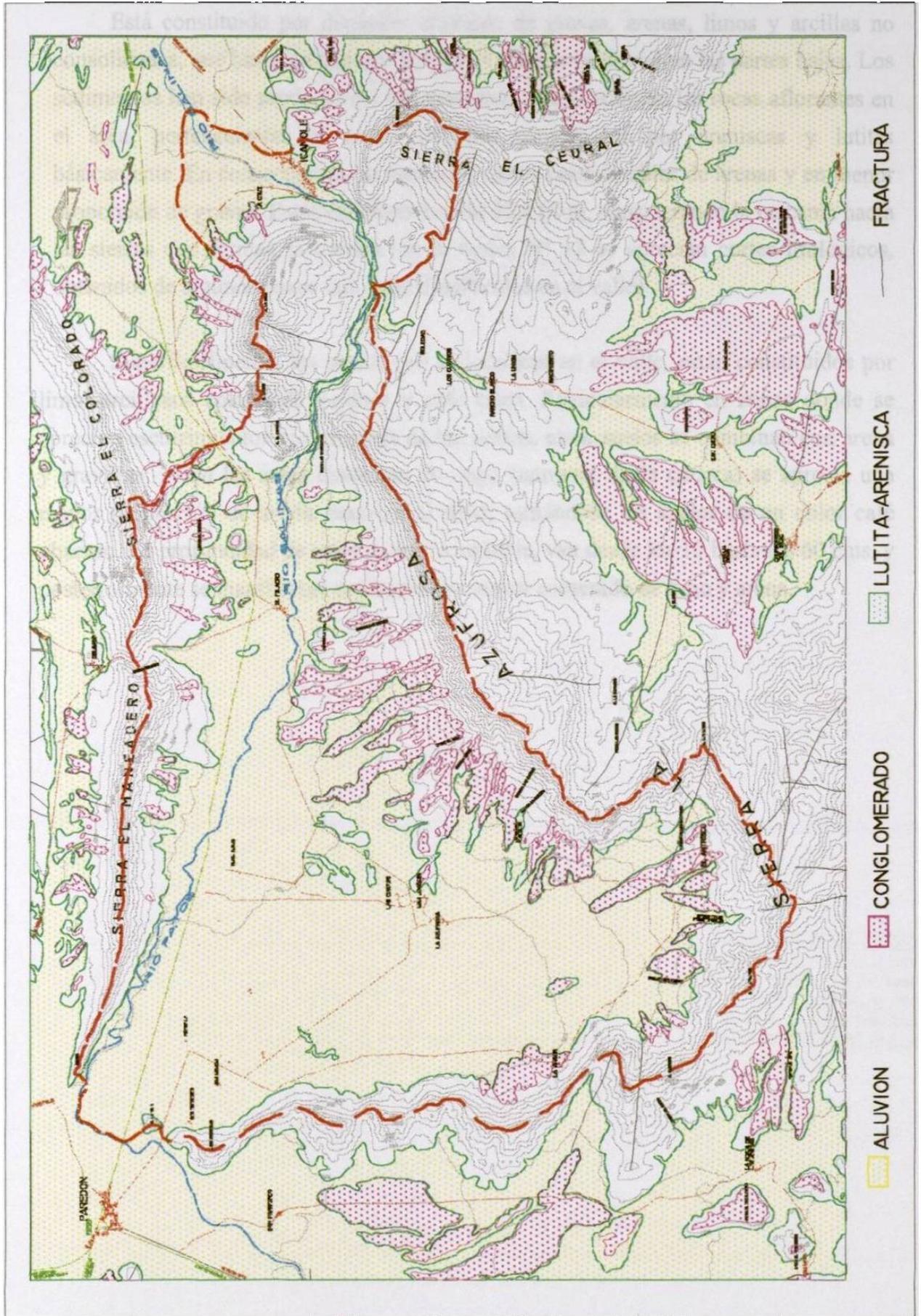


Figura No. 12. Geología regional del área de estudio

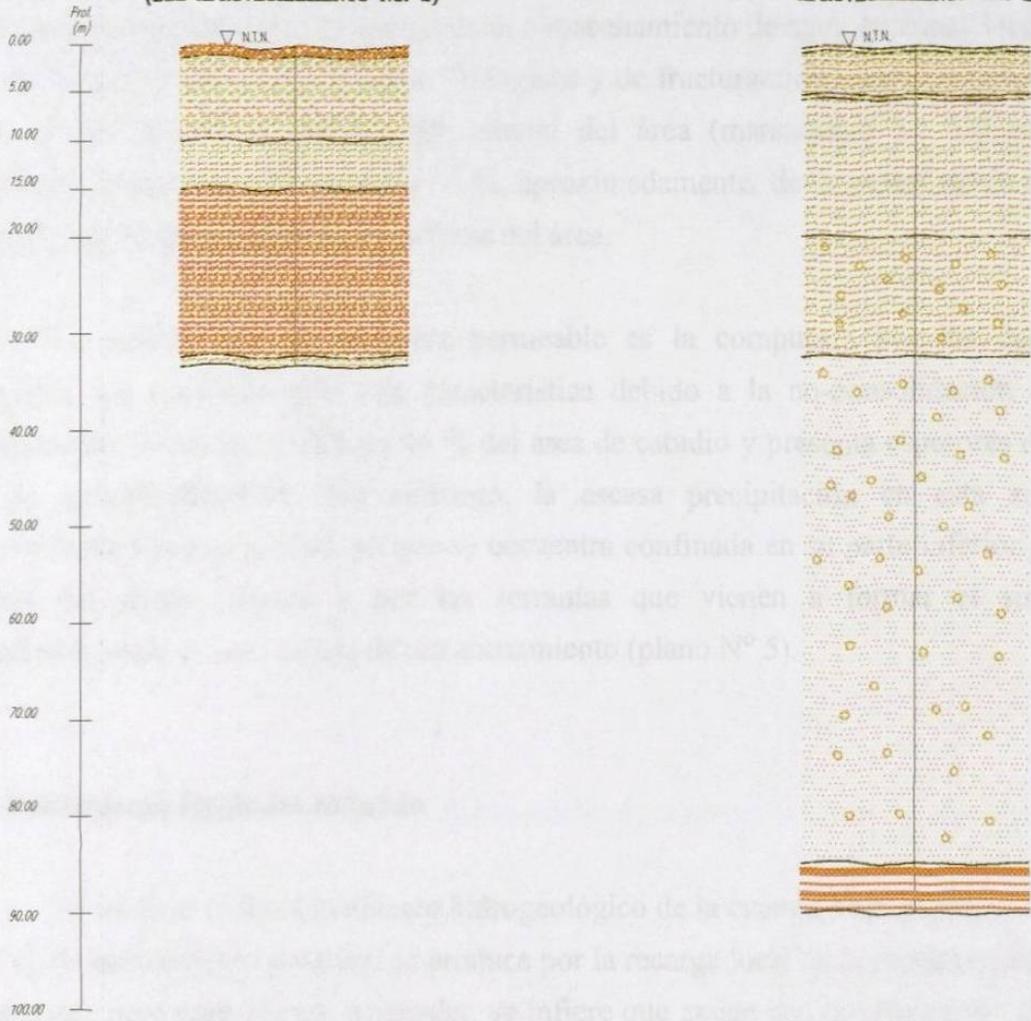
SISTEMA CUATERNARIO

Está constituido por depósitos clásticos de gravas, arenas, limos y arcillas no consolidadas, que han sido depositados por el transporte fluvial en las partes bajas. Los sedimentos han sido producto del intemperismo y la erosión de las rocas aflorantes en el área, pertenecientes al grupo Difunta, constituidas por areniscas y lutitas básicamente. En consecuencia, se tienen espesores considerables de arenas y en menor proporción de gravas. Estos espesores van de 20 a 60 m, considerando la cercanía hacia las sierras que forman la cuenca (en la figura N° 13 se aprecian cortes litológicos, obtenidos de algunos pozos que están distribuidos en el valle).

Superficialmente, los suelos que se localizan en el valle, están constituidos por limos-arcillosos color café verdoso y café claro. Particularmente en zonas donde se aprecian escurrimientos provenientes de las sierras, estos suelos se combinan con arena y gravillas; y en las áreas existentes de riego (noroeste de la cuenca) se aprecia una mayor proporción de arcilla respecto al limo, tornándose los suelos de un color café oscuro. La profundidad de estos suelos es variable, van desde los 10 hasta los 60 cms, y posteriormente se manifiestan espesores con mayor contenido de limo y arena.

**POZO DE OBSERVACIÓN
(DEL APROVECHAMIENTO No. 2)**

APROVECHAMIENTO No. 2



ORTES LITOLÓGICOS

APROVECHAMIENTO No. 1



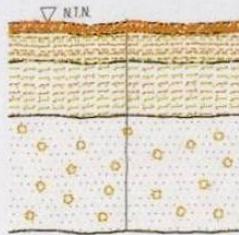
POZO DE OBSERVACIÓN
(POZO RANCHO TRINIDAD)



APROVECHAMIENTO No. 29



APROVECHAMIENTO No. 32



SIMBOLOGIA

-  Arcilla
-  Limo
-  Arcilla limosa con materia organica
-  Arena
-  Arena limosa
-  Gravos
-  Lutitas

COMPORTAMIENTO HIDRAULICO Y GEOQUIMICO
DEL ACUIFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE
PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE
NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO

FIGURA No. 13. CORTES LITOLÓGICOS DE
ALGUNOS POZOS LOCALIZADOS EN LA CUENCA

4.4 Unidades Hidrogeológicas

Al igual que en la estratigrafía, se tienen sólo dos unidades hidrogeológicas compuestas por la litología del grupo Difunta y la unidad integrada por los depósitos aluviales.

La unidad del grupo Difunta se considera impermeable por su constitución predominantemente arcillosa. Sin embargo, el plegamiento de las rocas produjo un intenso fracturamiento que ha permitido el almacenamiento de agua en zonas locales, en donde las condiciones estructurales, litológicas y de fracturamiento han sido favorables para retener la escasa precipitación pluvial del área (manantiales La Virgen y El Antrisco). Esta unidad aflora en un 56 %, aproximadamente, de la superficie de estudio y constituye la mayoría de las estructuras del área.

La unidad que se considera permeable es la compuesta por los depósitos aluviales, los cuales poseen esta característica debido a la no-consolidación de sus componentes clásticos. Cubre un 44 % del área de estudio y presenta espesores de 20 a 60 m aproximadamente. Sin embargo, la escasa precipitación en esta zona es aprovechada por esta unidad, ya que se encuentra confinada en su parte inferior por las lutitas del grupo Difunta y por las serranías que vienen a formar el sinclinal, transformándolo en una cubeta de almacenamiento (plano N° 5).

4.5 Fallamiento Regional Inferido

Al analizar el funcionamiento hidrogeológico de la cuenca, todo pareciera indicar que el almacenamiento principal se produce por la recarga local de la precipitación hacia el aluvión; pero para el caso particular, se infiere que existe una comunicación de flujo subterráneo con otras cuencas, esto debido a la presencia de fallas y fracturas de dimensiones regionales que influyen de manera directa en la circulación y recarga del flujo subterráneo.

Una de las fallas regionales identificadas es la de San Marcos, la cual se localiza en la parte norte del bloque de Coahuila, dividiendo las cuencas de Parras y de La Popa (figura N° 14). El deslizamiento en estas estructuras es postulado o se manifiesta por

tener un acomodamiento proporcional de la abertura del Golfo de México durante la separación de Pangea (Gary y Chris, 1995).



Figura N° 14. Localización de la falla regional de San Marcos

Esta falla tuvo actividad en el Jurásico Tardío, como un estado previo, éste representó un cambio en el tipo o modelo estructural transversal a esta falla, con un pliegue apretado separado por estructuras contraídas hacia el sur y característicos pliegues gruesos de sal retraídos hacia el norte (Gary y Chris, 1995). El movimiento oscilatorio de sube y baja en esta falla, al mismo tiempo que cuando se depositaron evaporitas, en escala regional, pudo explicar porqué fue preferencialmente depositada la sal en la cuenca de la Popa, considerando también que la presencia o registro de rocas basálticas del bloque de Coahuila pudo tener una importante participación en determinar la forma de las cuencas de Parras y La Popa (figura N° 15).

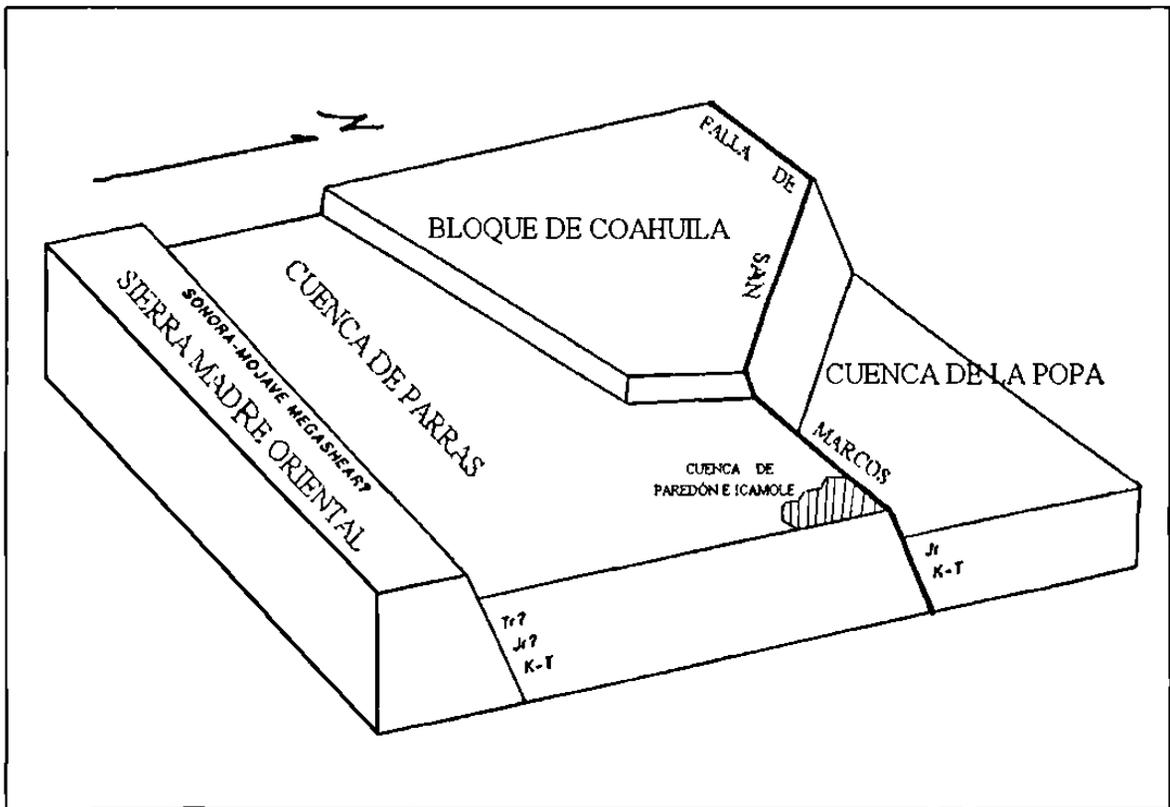


Figura N° 15. Esquema hipotético y representativo del posible graben formado por las estructuras geológicas a escala regional

Conocido el esquema general del desarrollo de la falla en la región, se realizó la interpretación geohidrológica correspondiente, la cual presume que la falla puede influir de manera directa en la recarga del acuífero que se aloja en la Cuenca de Paredón-Icamole, infiriendo una posible recarga paralela a dicha falla, en las cuencas aledañas por donde pasa, lo cual indicaría que se origina recarga en las estribaciones de las sierras La Paila, La Gavia, San Marcos y Sierra Pinta (figura N° 16).

Considerando lo anterior, queda establecido que una parte de la recarga subterránea del acuífero alojado en la Cuenca de Paredón-Icamole está en función del volumen de precipitación, escurrimiento e infiltración que se origine en las sierras paralelas a la falla de San Marcos.

Una de las observaciones realizadas en el campo y que ratifican la influencia de la recarga subterránea del acuífero, debido a la probable existencia de la falla, es la rápida recuperación del nivel estático registrado en los pozos de extracción ubicados en la franja de influencia inferida por donde pasa la falla, a pesar de la cercanía del río Salinas, con los pozos observados, los niveles registrados así como su recuperación han sido tomados en época de sequía cuando el río no registra ningún escurrimiento y aun así la recuperación del nivel estático en los pozos es en pocos minutos.

Es importante mencionar que debido a la presencia de manantiales con aguas azufrosas y termales, en el área de estudio, es muy probable que parte del agua que se infiltra y circula por la falla de San Marcos llegue a grandes profundidades (considerando que pueda haber otras fuentes y no únicamente esta falla) donde tenga contacto con temperaturas muy altas, originadas por la presencia de intrusivos que probablemente, su hipófisis esta vinculada a una cámara magmática (Rodríguez M. 1996), la cual hace que al circular el agua hacia la cámara, esta se transforme en vapor y al ascender provoque un intercambio de temperatura con las recargas superficiales, donde se registran temperaturas de 45 °C (figura N° 17).

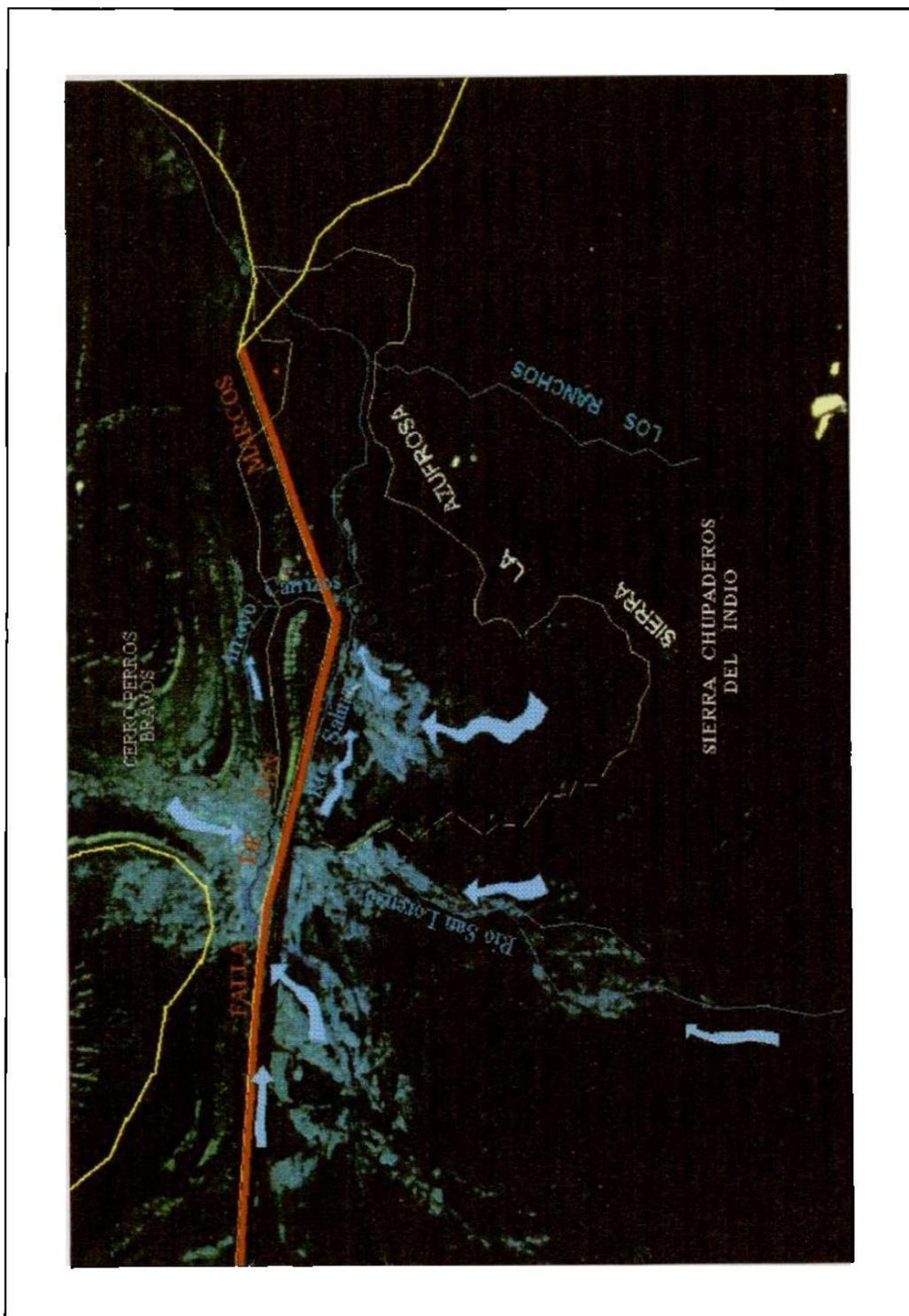


Figura N° 16. Recarga y circulación del flujo subterráneo hacia la Cuenca de Paredón-Icamole

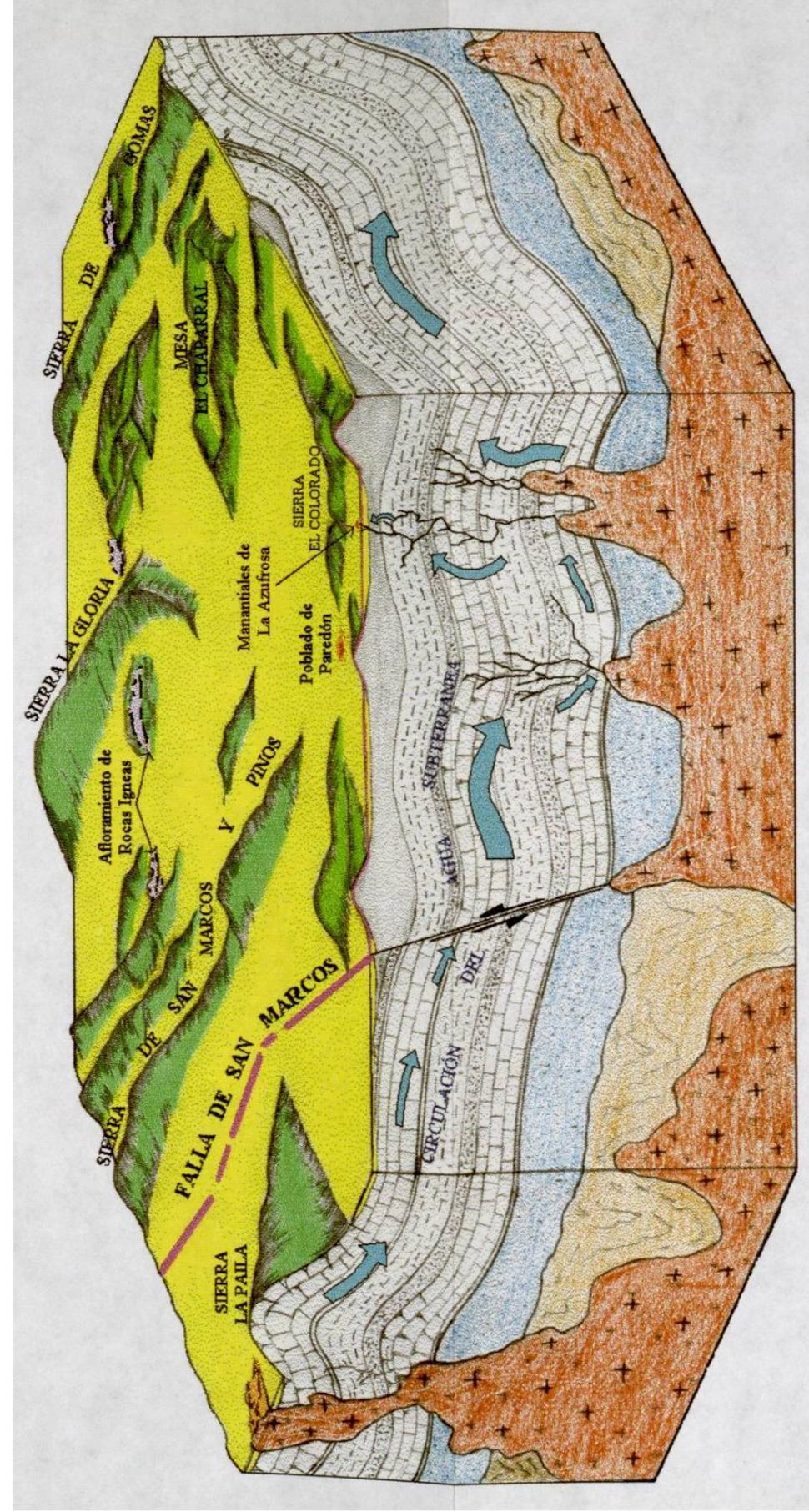
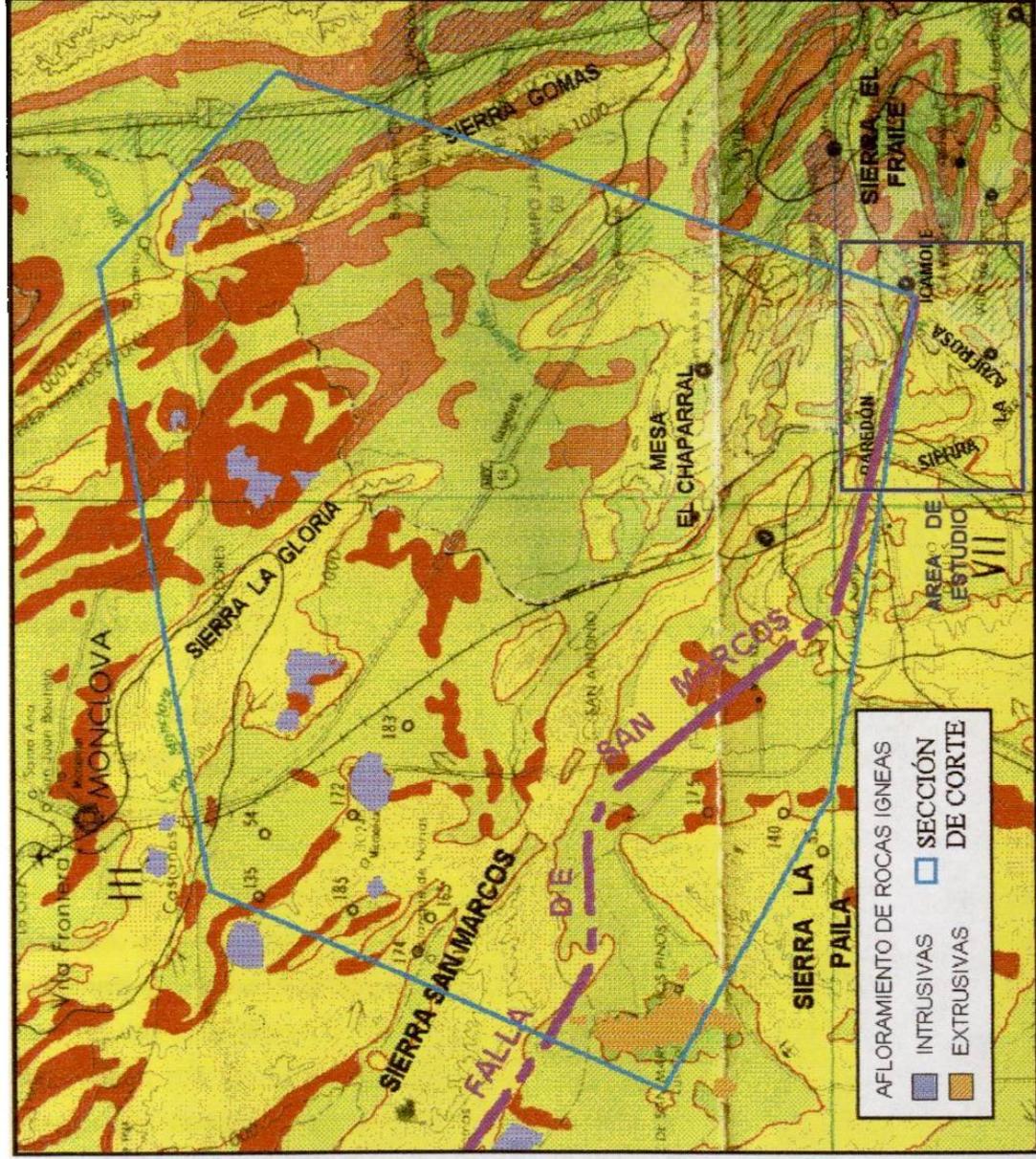


Figura N° 17. Bloque diagramático representando la posible correlación de la Falla de San Marcos y las fuentes de aguas termales y azufrosas en la Cuenca de Paredón-Icamole

5. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

5.1 Censo de Aprovechamientos

Dentro de las actividades del estudio geohidrológico de la cuenca de Paredón-Icamole, se realizó un censo de aprovechamientos de agua subterránea localizados en el área. Se registraron 32 obras; de las cuales 24 son pozos, 2 papalotes y 6 manantiales. De la totalidad de los pozos, 7 no se explotan y 1 se encuentra en proceso de construcción; en su mayoría, este tipo de obras se localizan en la porción noroeste del área en estudio. Referente a los manantiales, éstos se alojan en el lado suroeste de la cuenca; en el plano N° 6 se puede apreciar la distribución de los diferentes aprovechamientos en la cuenca. La información más detallada de cada uno de los aprovechamientos se encuentra en la tabla N° 15.

En la mayoría de los aprovechamientos censados, el uso del agua extraída del acuífero se emplea en actividades agropecuarias, aproximadamente un 92 %, solamente un pozo y un manantial tienen uso doméstico.

Con relación a la profundidad de los pozos, éstos no rebasan los 150 m, generalmente fluctúan entre los 50 y los 100 m. Es importante mencionar que todos están emplazados en aluvión y areniscas.

Para el aforo de los gastos generados por los pozos se utilizó el método de la escuadra, en el caso de los manantiales se contempló el método de sección-velocidad y se complementó con el consumo generado por el número de personas beneficiadas en el caso de uso doméstico, así como también el generado por el ganado, para el caso de abrevadero; una vez determinados los gastos de extracción en cada aprovechamiento, se consideró el tiempo de operación de los pozos, así como el de emanación del agua en los manantiales y se calculó el volumen anual de explotación. En algunos pozos no fue posible medir directamente el gasto, debido a que en éstos la tubería de descarga se encuentra conectada a la red de riego, por lo que el gasto se determinó considerando las características de la bomba, del motor y tomando como base el caudal aforado en otros pozos que presentan las mismas condiciones que los ya mencionados.

Referente a los caudales de extracción de los pozos; se tienen 10 obras con un caudal de 50 a 51 lt/s, que representan el 59 % del total de pozos en explotación; 4 obras tienen un caudal de 32 lt/s que representan el 23 %; las tres obras restantes tienen caudales de 11, 6.5 y 1.5 lt/s, representando así el 18 % del total. En lo que se refiere a los manantiales, éstos presentan caudales de 1 a 4 lt/s.

5.2 Piezometría

Simultáneamente a la realización del censo de aprovechamientos, se seleccionaron aquellos que presentaron las condiciones adecuadas para tomar la lectura del nivel estático (no estar bombeando, tener acceso al pozo, tener orificio en el cabezal para introducir la sonda y no estar junto a otro aprovechamiento en explotación) por lo cual se localizaron pozos piloto que se mantuvieron en observación. En el plano N° 6, se muestra la localización de los pozos mencionados.

La obtención de las lecturas piezométricas, se realizó en dos etapas, la primera comprendió lecturas tomadas en enero de 1996, la etapa complementaria se llevó a cabo en el mes de diciembre del mismo año. Mediante la obtención de estas lecturas se trazaron las configuraciones piezométricas correspondientes a cada etapa.

Los datos de piezometría se muestran en la tabla N° 16 (se presentan los abatimientos) la cual contiene también las cotas de elevación de brocal de los pozos que se mantuvieron en observación.

En el plano N° 7 se muestra la configuración de la elevación del nivel estático, correspondientes a enero de 1996, mediante la cual se aprecia que en la zona noroeste donde se concentran la mayoría de los aprovechamientos, se registran los valores más grandes de profundidad del nivel estático, estos valores varían de 25 a 35 m. Los aprovechamientos localizados al noreste, presentan valores medios de 15 a 18 m y los valores mínimos de 0 a 3 m, se registran en los manantiales ubicados hacia el sur de la cuenca.

En lo referente a las elevaciones, de los niveles, registradas en diciembre de 1996 (plano N° 8), éstas presentaron fluctuaciones que no afectaron el esquema general (dirección del flujo) de la configuración del nivel estático, realizado en la primera etapa.

CENSO											
N° Aprovechamiento	Nombre del Propietario	Localidad o Ranchería	Municipio y Estado	Tipo de Obra	Diám. o Secc. de Perforación (pulg)	Diám. o Secc. del Ademe (pulg)	Diámetro de Succión (pulg)	Diámetro de Descarga (pulg)	Tipo de Bomba	Tiene Motor	Tipo de Motor
1	Clemente Garibay	San Francisco	Ramos Arizpe, Coahuila	Pozo	16	14	3 1/2	3	Pozo Profundo	Sí	Sumergible
2	Francisco García C.	San Fernando	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
3	Rosendo Valdes	San Ignacio	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
4	Rosendo Valdes	San Ignacio	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
5	Rosendo Valdes	San Ignacio	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
6	Lorenzo Fdez.	Rcho. Estrella	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
7	Lorenzo Fdez.	Rcho. Estrella	"	Pozo	18	14	6	6	Pozo Profundo	Sí	Superficial
8	Lorenzo Fdez.	Rcho. Estrella	"	Pozo	18	14	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	Pozo Profundo	No	
9	Lorenzo Fdez.	Rcho. Estrella	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
10	Lorenzo Fdez.	Rcho. Estrella	"	Pozo	18	14	6	6	Pozo Profundo	Sí	Superficial
11	Rosendo Valdes	San Ignacio	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
12	Rosendo Valdes	San Ignacio	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
13	Armando Rivera	Sta. Herminia	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
14	Armando Rivera	Sta. Herminia	"	Pozo	18	14	8	8	Pozo Profundo	Sí	Superficial
15	Armando Rivera	Sta. Herminia	"	Pozo	18	14	6	6	Pozo Profundo	Sí	Superficial
16	Armando Rivera	Sta. Herminia	"	Pozo	18	14	6	6	Pozo Profundo	Sí	Superficial
17	Armando Rivera	Sta. Herminia	"	Pozo	18	14	4	4	Pozo Profundo	Sí	Superficial
18	Ejido La Virgen	La Virgen	"	Manantial	2 m X 2 m	Sin recubrimiento	2	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
19	Teofilo Ramirez	El Antrisco	"	Manantial	3 m X 2.7 m	Sin recubrimiento	2 y 1	1 1/2 y 1	No Tiene	No	
20	Ejido Azufrosa	Cañada Piloncillos	"	Pozo	18	16	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
21	Ejido Azufrosa	La Azufrosa	"	Manantial	4 m X 4 m	4 m X 4 m	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
22	Ofelia Carreón	La Azufrosa	"	Manantial	4 m X 4 m	4 m X 4 m	Sin Succión	1 1/2	No Tiene	No	
23	Salvador Magallanes	San Joaquín	"	Manantial	4 m X 3.5 m	4 m X 3.5 m	Sin Succión	2 1/2	No Tiene	No	
24	Salvador Magallanes	San Joaquín	"	Papalote	1.2 m X 1.6 m	1.2 m X 1.6 m	2	1 1/2	Papalote	No	
25	Amador Delgadillo	Las Cuatas	"	Manantial	Diamero de 5 m	Sin recubrimiento	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
26	Manuel García C	Los Barriales	"	Pozo	18	No Tiene	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
27	Manuel García C	Los Barriales	"	Pozo	14	No Tiene	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
28	Manuel García C	Los Barriales	"	Pozo	14	No Tiene	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
29	Ejido El Milagro	El Milagro	García, Nuevo León	Pozo	16	14	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
30	Ejido El Milagro	El Milagro	García, Nuevo León	Pozo	16	14	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
31	Ejido El Milagro	El Milagro	García, Nuevo León	Pozo	16	14	Sin Succión	Sin Sec. Desc.	No Tiene	No	
32	Ejido El Milagro	El Milagro	García, Nuevo León	Papalote	16	14	2	1 1/2	Papalote	No	

Tabla 15. Censo

DE APROVECHAMIENTOS															
Caballaje H. P.	Uso del Agua	N° Hras. Regadas	N° Cabezas Ganado	N° Personas	Gasto Lts/seg	Extracción m ³		Volúmen Anual m ³	Ni el (m)		Altitud mnsnm	Coordenadas Geograficas		Fecha del Censo	Observaciones
						hrs/día	días/año		Estático	Dinámico		Latitud	Longitud		
	Agrícola	6	95	0	6.5	12	270	07.6E+04	38.50	42 80	770.30	25° 56' 07"	100° 54' 45"	18-Ene-96	Riego por medio de aspersión
75	Agrícola	50	0	3	51	22	260	01.050E+06	32.15		763.15	25° 55' 44"	100° 54' 28"	18-Ene-96	Se realizo prueba de bombeo en julio de 1997
75	Agrícola y Abrevadero	44	240	3	50	22	260	01.030E+06			762.90	25° 55' 22"	100 54' 15"	18-Ene-96	Riego por medio de aspersión
75	Agrícola y Abrevadero	44	240	5	50	20	240	86.400E+04			763.30	25° 55' 46"	100 54' 04"	18-Ene-96	Riego por medio de aspersión
75	Agrícola y Abrevadero	44	240	5	50	20	240	86.400E+04	26.00		763.40	25° 55' 58"	100° 53' 58"	18-Ene-96	Riego por medio de aspersión
75	Agrícola	45	0	0	51	22	270	01.091E+06	26.40		759.90	25° 55' 05"	100° 54' 14"	18-Ene-96	Riego por medio de aspersión
50	Agrícola	45	0	3	32	20	240	55.296E+04	26.50		759.75	25° 54' 59"	100° 54' 03"	18-Ene-96	Riego por medio de aspersión
	Agrícola								28.00		759.95	25 55' 03"	100 53' 50"	18-Ene-96	Pendiente instalar motor y bomba
50	Agrícola	45	0	6	50	22	240	95.040E+04			760.10	25° 55' 20"	100° 53' 43"	18-Ene-96	Cabezal sellado
50	Agrícola	45	0	2	32	20	270	62.208E+04	28.30		759.85	25° 55' 24"	100° 53' 39"	22-Ene-96	
75	Agrícola y Abrevadero	44	240	5	51	20	260	95.472E+04			759.80	25° 55' 28"	100° 53' 36"	22-Ene-96	No se registro N. E.
75	Agrícola y Abrevadero	44	240	0	51	22	260	01.050E+06			759.50	25° 55' 40"	100° 53' 31"	22-Ene-96	No se registro N. E.
50	Agrícola	32	0	0	50	22	240	95.040E+04	23.85		757.30	25° 55' 03"	100° 53' 26"	22-Ene-96	
50	Agrícola	32	0	0	50	22	270	01.069E+06			757.10	25° 55' 06"	100 53' 24"	22-Ene-96	No se registro N. E.
50	Agrícola	32	4	2	32	20	260	59.904E+04		31 15	757.15	25° 55' 11"	100° 53' 21"	22-Ene-96	No se registro N. E.
50	Agrícola	32	0	0	32	20	240	55.296E+04			751.80	25° 55' 41"	100° 52' 39"	22-Ene-96	No se registro N. E.
50	Agrícola	32	0	0	11	22	260	22.651E+04	17.35		748.85	25° 55' 33"	100° 52' 24"	23-Ene-96	
	Domestico y Abrevadero	0	70	1	1	24	365	03.154E+04	0.00		849.70	25° 51' 23"	100° 54' 13"	23-Ene-96	Abrevadero del rancho la Virgen
	Domestico y Abrevadero	0	200	81	4	24	365	12.614E+04	0.00		1010.60	25° 49' 38"	100° 51' 32"	23-Ene-96	Abastece a la comunidad de la Azufrosa
	Sin Explotar								44.40		884.80	25° 51' 49"	100° 51' 10"	23-Ene-96	Pozo con 3 m de ademe, abandonado
	Sin Explotar								3.10		773.65	25° 52' 45"	100° 52' 09"	23-Ene-96	Proyecto para baños termales
	Recreación y Agrícola	5	100	2	2	24	365	06.307E+04	0.30		770.65	25° 52' 48"	100° 52' 10"	23-Ene-96	El agua de los baños se utiliza para riego
	Recreación y Agrícola	5	60	1	4	24	365	12.614E+04	3.00		774.95	25° 53' 03"	100 51' 54"	23-Ene-96	El agua de los baños se utiliza para riego
	Sin Explotar								3.45		775.70	25° 53' 02"	100° 51' 53"	23-Ene-96	Actualmente sin uso, papalote descompuesto
	Domestico y Abrevadero	0	330	5	2	24	365	06.307E+04	0.00		759.80	25 53' 28"	100 51' 52"	23-Ene-96	Manantial para abrevadero, muy contaminado
	Sin Explotar								12.90		749.10	25° 54' 54"	100° 51' 49"	23-Ene-96	Pozo sin explotación
	Sin Explotar								12.60		749.20	25° 54' 59"	100° 51' 46"	23-Ene-96	Pozo sin explotación
	Sin Explotar								12.70		745.75	25 55' 20"	100 51' 42"	23-Ene-96	Pozo sin explotación
	Sin Explotar								16.50		726.50	25° 55' 03"	100° 49' 07"	18-Ene-96	Pozo sin equipo (abandonado) sin explotar
	Sin Explotar								17.80		728.20	25° 55' 09"	100° 48' 48"	18-Ene-96	Pozo sin equipo (abandonado) sin explotar
	Sin Explotar								14.95		710.40	25 54' 47"	100° 48' 37"	18-Ene-96	Pozo sin equipo (abandonado) sin explotar
	Domestico y Abrevadero	0	0	50	1.5	8	325	01.404E+04	14.70	20.70	724.80	25° 54' 59"	100° 48' 25"	18-Ene-96	Papalote llena una pila, para uso de la comunidad

de aprovechamientos subterráneos

CUENCA PAREDON-ICAMOLE									
N° de Aprovechamiento	Nivel Estático (m)	Elevación Brocal msnm	Elevación del N. E. msnm	Fecha de Lectura	Nivel Estático (m)	Elevación Brocal msnm	Elevación del N. E. msnm	Fecha de Lectura	Abatimiento m (*)
1	38.50	773.50	735.00	18-Ene-96	39.30	773.50	734.20	27-Dic-96	-0.80
2	32.15	766.70	734.55	18-Ene-96	33.00	766.70	733.70	27-Dic-96	-0.85
3		762.80		18-Ene-96		762.80			
4		764.40		18-Ene-96		764.40			
5	26.00	764.60	738.60	18-Ene-96	27.10	764.60	737.50	27-Dic-96	-1.10
6	26.40	759.90		18-Ene-96		759.90			
7	26.50	759.60		18-Ene-96		759.60			
8	28.00	759.95	731.95	18-Ene-96	29.15	759.95	730.80	27-Dic-96	-1.15
9		760.10		18-Ene-96		760.10			
10	28.30	759.85	731.55	22-Ene-96	29.50	759.85	730.35	27-Dic-96	-1.20
11		759.80		22-Ene-96		759.80			
12		759.50		22-Ene-96		759.50			
13	23.85	757.30	733.45	22-Ene-96	24.25	757.30	733.05	27-Dic-96	-0.40
14		757.10		22-Ene-96		757.10			
15		757.15		22-Ene-96	23.60	757.15	733.55	27-Dic-96	
16		751.80		22-Ene-96	19.00	751.80	732.80	27-Dic-96	
17	17.35	748.85	731.50	23-Ene-96	18.10	748.85	730.75	27-Dic-96	-0.75
18	0.00	849.70	849.70	23-Ene-96	0.00	849.70	849.70	27-Dic-96	0.00
19	0.00	1010.60	1010.60	23-Ene-96	0.00	1010.60	1010.60	27-Dic-96	0.00
20	44.40	884.80	840.40	23-Ene-96	44.40	884.80	840.40	28-Dic-96	0.00
21	3.10	773.65	770.55	23-Ene-96	3.10	773.65	770.55	28-Dic-96	0.00
22	0.30	770.65	770.35	23-Ene-96	0.30	770.65	770.35	28-Dic-96	0.00
23	3.00	774.95	771.95	23-Ene-96	3.00	774.95	771.95	28-Dic-96	0.00
24	3.45	775.70	772.25	23-Ene-96	3.50	775.70	772.20	28-Dic-96	-0.05
25	0.00	759.80	759.80	23-Ene-96	0.00	759.80	759.80	28-Dic-96	0.00
26	12.90	749.10	736.20	23-Ene-96	13.30	749.10	735.80	27-Dic-96	-0.40
27	12.60	749.20	736.60	23-Ene-96	13.00	749.20	736.20	27-Dic-96	-0.40
28	12.70	745.75	733.05	23-Ene-96	13.05	745.75	732.70	27-Dic-96	-0.35
29	16.50	726.50	710.00	18-Ene-96	16.90	726.50	709.60	28-Dic-96	-0.40
30	17.80	728.20	710.40	18-Ene-96	18.30	728.20	709.90	28-Dic-96	-0.50
31	14.95	710.40	695.45	18-Ene-96	15.30	710.40	695.10	27-Dic-96	-0.35
32	14.70	724.80	710.10	18-Ene-96	15.25	724.80	709.55	28-Dic-96	-0.55

* El signo "-" (menos) significa que el nivel estático (N. E.) presenta un nivel más bajo que el registrado en la primera etapa de lecturas (enero de 1996).

Tabla 16. Piezometría y registro de abatimientos

5.3 Flujo Subterráneo y Abatimientos

Para conocer la forma del esquema general del flujo subterráneo, así como los gradientes con los cuales fluye el agua subterránea, se elaboraron los planos N° 7 y N° 8, en los cuales se presentan las configuraciones de elevaciones del nivel estático, referidas al nivel medio del mar, correspondientes a enero y diciembre de 1996. Básicamente, para la realización de estas configuraciones se consideraron las condiciones en las que ocurre el flujo subterráneo, en cuanto a las características topográficas, geológicas e hidrológicas del área de estudio, formando con esto un sistema de control del flujo.

De igual forma que en la piezometría, las configuraciones obtenidas de las fechas mencionadas son semejantes y muestran una dirección del flujo subterráneo de sur a norte, de los manantiales La Virgen, La Azufrosa, Las Cuatas y San Joaquín, hacia el río Salinas, cambiando de rumbo para confluir con el flujo que tiene una dirección preferencial de oeste a este, de los ranchos San Francisco, San Ignacio y Rancho Nuevo, hacia la ranchería El Milagro, circulando toda el agua hacia la salida de la cuenca (Boca Las Tranquitas).

Lo anterior permite inferir y clasificar la presencia de los distintos flujos subterráneos que alimentan al acuífero en estudio. A continuación se menciona la descripción de la ocurrencia de estos flujos:

Inicialmente, se tiene el flujo proveniente de una infiltración reciente, el cual se origina en las partes altas de la sierra que forman el parteaguas del valle así como también en las sierras de las cuencas adyacentes, esta agua circula por un medio fracturado existente en la formación de la lutita arenisca, lo que origina que dicho escurrimiento subterráneo aflore a la superficie en las partes altas de los abanicos aluviales formando varios manantiales, de los cuales sólo unos cuantos presentan un escurrimiento permanente. Un ejemplo de esto son los manantiales de El Antrisco y La Virgen, los cuales contribuyen con su escurrimiento a la infiltración del agua en el aluvión y por consiguiente una recarga en el acuífero. Esta recarga no es muy grande ya que la mayoría se pierde por efecto de la evaporación.

Otra forma de recarga, considerable, hacia el acuífero es mediante la infiltración directa hacia el aluvión, que se realiza sólo en época de lluvias y que tiene su origen en el lecho del río Patos-Salinas, el cual atraviesa el valle con una dirección de flujo de

oeste a este, y que influye de forma directa en la recuperación de niveles piezométricos paralelos a dicho escurrimiento.

En cuanto a la presencia de aguas termales y azufrosas, registradas en los manantiales de San Joaquín y La Azufrosa, se infiere que estas aguas tienen su origen o que circulan a grandes profundidades bajo presiones y temperaturas muy altas, así como en medios de fallas y fracturas profundas que se comunican con alguna cámara magmática, lo que origina que el agua presente una composición química muy concentrada en sulfatos y adquiera una temperatura muy elevada; todo este conjunto de factores propicia la presencia de artesianismo en estos aprovechamientos. Una vez que aflora el escurrimiento hacia la superficie, éste sufre una variación drástica en su temperatura y composición química con relación al tiempo de circulación por el terreno. Estos escurrimientos permanentes propician una infiltración y adicionalmente una recarga del acuífero en el aluvión.

Una recarga que influye de forma directa en el acuífero es la originada por la entrada del agua subterránea proveniente del valle de Paredón, la cual es aprovechada por los pozos localizados en el noroeste de la cuenca, donde el nivel estático presenta una recuperación muy rápida; en combinación con lo anterior, es muy probable que exista una recarga adicional, que se origine por una recarga vertical subterránea proveniente de un medio fracturado, el cual se infiere esté localizado en la parte norte de la cuenca y que corre paralelo a las sierras de EL Maneadero y El Colorado. Según estudios geológicos previos (Gary y Chris, 1995), este fracturamiento puede ser la continuación de uno localizado a nivel regional, denominado "Falla de San Marcos", el cual se extiende desde la plataforma de Coahuila hasta la cuenca de la Popa. Es muy probable que por medio de esta falla circule un flujo subterráneo que es alimentado en diferentes cuencas y, por consiguiente, también presente varias descargas, haciendo énfasis en que una de ellas contribuya a la recarga del acuífero en estudio.

En la figura N° 16 se presenta la zonificación de los diferentes flujos subterráneos que alimentan al acuífero del valle.

Una vez identificadas las recargas del acuífero, se procedió a determinar los gradientes de flujo, los cuales presentan valores variables que van desde 0.09 a 0.4, correspondiendo los más altos a la zona noroeste, donde se concentra la mayor cantidad

de aprovechamientos en explotación y los más bajos correspondientes a la zona noreste, donde los aprovechamientos registran muy poco abatimiento.

Las fluctuaciones de los niveles del agua subterránea, permiten estimar cuantitativamente la relación entre la magnitud de la recarga y la descarga, y revelan objetivamente los efectos de la explotación. Además, su conocimiento es necesario para calcular la variación del almacenamiento subterráneo.

En el plano N° 9, se presenta la configuración de los abatimientos originados en el intervalo de enero a diciembre de 1996. De igual forma se aprecia que el bombeo ha provocado ciertas variaciones en los niveles del acuífero, y que los abatimientos mayores en este período se localizan en las áreas de concentración de pozos.

Los abatimientos medios anuales registrados en el período analizado fluctúan entre los 0.70 y 1.0 m, dependiendo de la concentración de aprovechamientos en el área.

Es importante mencionar que el intervalo de tiempo analizado corresponde a un período de lluvia escasa como lo muestra la gráfica N° 2 (gráfica con los registros de precipitación, capítulo 2) y que el registro de piezometría se realizó en los meses de sequía, por lo que deben de considerarse estos aspectos en toda interpretación derivada de esta información.

5.4 Características Hidráulicas del Acuífero

Para determinar las características hidráulicas del acuífero, inicialmente se realizó una clasificación del mismo, se determinó que se trata de un acuífero semiconfinado, considerando las características geológicas que predominan en los materiales en los que se aloja (superficialmente se aprecia una capa de arcilla con limo, otra de arena y grava, y lutita como capa limitante, figura N° 13, capítulo 4).

Una vez determinado el tipo de acuífero, se realizó una prueba de bombeo en el aprovechamiento número 2, localizado en el rancho San Fernando, en la parte noroeste de la cuenca. Se realizó en esta zona considerando la cercanía con el área donde se ubican la mayoría de los aprovechamientos y a la entrada de una posible recarga subterránea proveniente del valle de Paredón.

Adicional a lo anterior, también se consideró que el aprovechamiento donde se desarrolló la prueba está emplazado en materiales geológicos que en su mayoría predominan y constituyen el acuífero estudiado, por lo que se puede considerar que exista una variación aceptable, en la distribución de parámetros hidráulicos en toda la extensión del mismo.

La duración de la prueba consideró un tiempo de observación de 7 horas, período en el cual se apreció una estabilización del nivel dinámico en el pozo de observación, los valores registrados se presentan en las tablas contenidas en el anexo A. Para la interpretación de dicha prueba se utilizaron los métodos de análisis más comunes que fueron los siguientes:

Método	Transmisividad (m ² /seg)	Coefficiente de almacenamiento
Jacob	0.1080	0.00744
Theis	0.0874	0.01446
Hantush	0.0834	0.01544

De estos métodos analizados se tomaron los valores obtenidos según el criterio de Jacob, ya que es el que considera la mayoría de características que rigen el comportamiento del flujo subterráneo en un acuífero semiconfinado.

Al analizar los valores obtenidos de transmisividad ($T = 0.1080 \text{ m}^2/\text{seg}$) y coeficiente de almacenamiento ($S = 0.007$) se tiene que el valor inicial representa una capacidad buena del medio para transmitir el agua por consiguiente el acuífero posee una permeabilidad alta la cual caracteriza a los materiales granulares que constituyen el acuífero en aluvión; el segundo parámetro presenta un valor típico de acuífero semiconfinado, lo que refuerza el criterio utilizado para su clasificación.

Los valores promedio de los parámetros mencionados, considerando los métodos adicionales anteriores, son: $T = 0.0929 \text{ m}^2/\text{seg}$ y $S = 0.012$, esto indica que se continúan conservando valores altos de permeabilidad y de las condiciones que rigen al flujo subterráneo en el acuífero.

Al considerar la composición geológica, de los materiales en los que se encuentra el acuífero, la cual es muy similar en toda la extensión del mismo, se puede inferir que los parámetros hidráulicos que lo rigen tendrán valores muy semejantes, de esta forma se reduce la obtención de parámetros en los aprovechamientos localizados en todo el valle y permite una confiable aplicación de los valores obtenidos en la prueba de bombeo.

5.5 Recarga y Descarga del Acuífero

La descarga en el acuífero se realiza a través de los manantiales que afloran al pie de las sierras y en forma artificial, por medio de las captaciones de agua subterránea; los volúmenes extraídos se estimaron a partir de los caudales aforados y del tiempo de operación de dichas captaciones (tabla N° 15).

De acuerdo con el censo de aprovechamientos, se cuenta con 22 captaciones en explotación; de las cuales, 11 se emplean para uso agrícola exclusivamente, 5 para agrícola y abrevadero, 4 para uso doméstico y abrevadero y 2 para recreación y uso agrícola.

Referente a la recarga, se tiene una distribución amplia en el área, son sus fuentes principales: el flujo subterráneo y la infiltración de escurrimientos en las estribaciones de las sierras, en combinación con los que entran y drenan a la cuenca en la época de lluvias (río Patos-Salinas).

Para la determinación de la recarga del acuífero, se definieron los términos que componen la ecuación de balance de agua subterránea:

$$R - D = + V$$

Siendo R la recarga, D la descarga y V el cambio de almacenamiento en un intervalo de tiempo seleccionado.

Conocidos los volúmenes de descarga del acuífero y su cambio de almacenamiento en un lapso dado, la recarga puede deducirse despejándola de la expresión anterior.

$$R = D + V$$

En el caso particular del presente estudio, la descarga se origina a través de los aprovechamientos subterráneos (registrados en el censo de aprovechamientos) cuyo volumen es de 12.927 mill m³ anuales.

La variación del volumen almacenado se determinó, mediante la evolución de los niveles estáticos registrados en un año de observación (de enero a diciembre de 1996) y el valor obtenido se calculó con la zonificación del acuífero, de acuerdo con los abatimientos medios anuales registrados y al área de balance correspondiente a cada uno de ellos (figura N° 18). En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos.

Zona	Abatimiento medio anual m	Area de balance km ²	Area de balance 1X10 ⁶ m ²	Volumen drenado 1X10 ⁶ m ³ /año
A	0.85	25.70	25.70	21.845
B	0.40	13.90	13.90	5.560
C	0.15	18.80	18.80	2.820
Totales -			58.40	30.225

Tabla N° 17. Determinación del volumen de acuífero drenado

Con la información existente, la ecuación de balance de agua subterránea puede expresarse como:

$$R1 + R2 = D - V \times S$$

Donde:

D = Descarga del acuífero por medio de los aprovechamientos de agua subterránea

R1 = Recarga por medio del flujo subterráneo

R2 = Recarga por medio de la infiltración de escurrimientos superficiales

V = Volumen de acuífero drenado

S = Coeficiente de almacenamiento del acuífero

Para la obtención del valor de recarga por medio de la infiltración de escurrimientos superficiales (R2), se realizó el balance hidrológico presentado en el capítulo anterior. El valor estimado del volumen de recarga que anualmente alimenta al acuífero fue de 9.138 mill m³.

Despejando la recarga de flujo subterráneo queda:

$$R1 = D - R2 - VXS$$

Sustituyendo valores en la ecuación se obtiene:

$$R1 = 12.927 - 9.138 - 30.225 X S$$

De acuerdo con los materiales que constituyen el acuífero: arcilla limosa, arenas y gravas con intercalaciones de lutitas que le confieren la clasificación de acuífero semiconfinado, se tienen los valores de $S = 0.007$ según Jacob y de 0.012 , tomando el promedio de los métodos empleados. Sustituyendo los valores de cada uno de los casos en la expresión anterior se tiene:

$$S = 0.007, \text{ entonces } R1 = 3.578 \text{ mill m}^3/\text{año}$$

$$S = 0.012, \text{ entonces } R1 = 3.456 \text{ mill m}^3/\text{año}$$

Por lo que se puede indicar que el valor aproximado de la recarga del acuífero por medio de flujo subterráneo es de $3.50 \text{ mill m}^3/\text{año}$ y la recarga total (infiltración y flujo subterráneo) es de 12.70 mill m^3 , la cual comparada con la descarga que tiene un valor de 12.927 mill m^3 , resulta ser un poco inferior (0.23 mill m^3), por lo que se puede calificar el estado del acuífero en equilibrio con respecto a las descargas registradas y con posibilidades de realizar otros aprovechamientos, pero considerando estrictas políticas de explotación que permitan la conservación del mismo (figura N° 19).

Es importante mencionar que el período analizado para la obtención de la recarga, corresponde a un período de lluvia escasa, por lo que se deberá considerar toda información derivada del balance realizado.

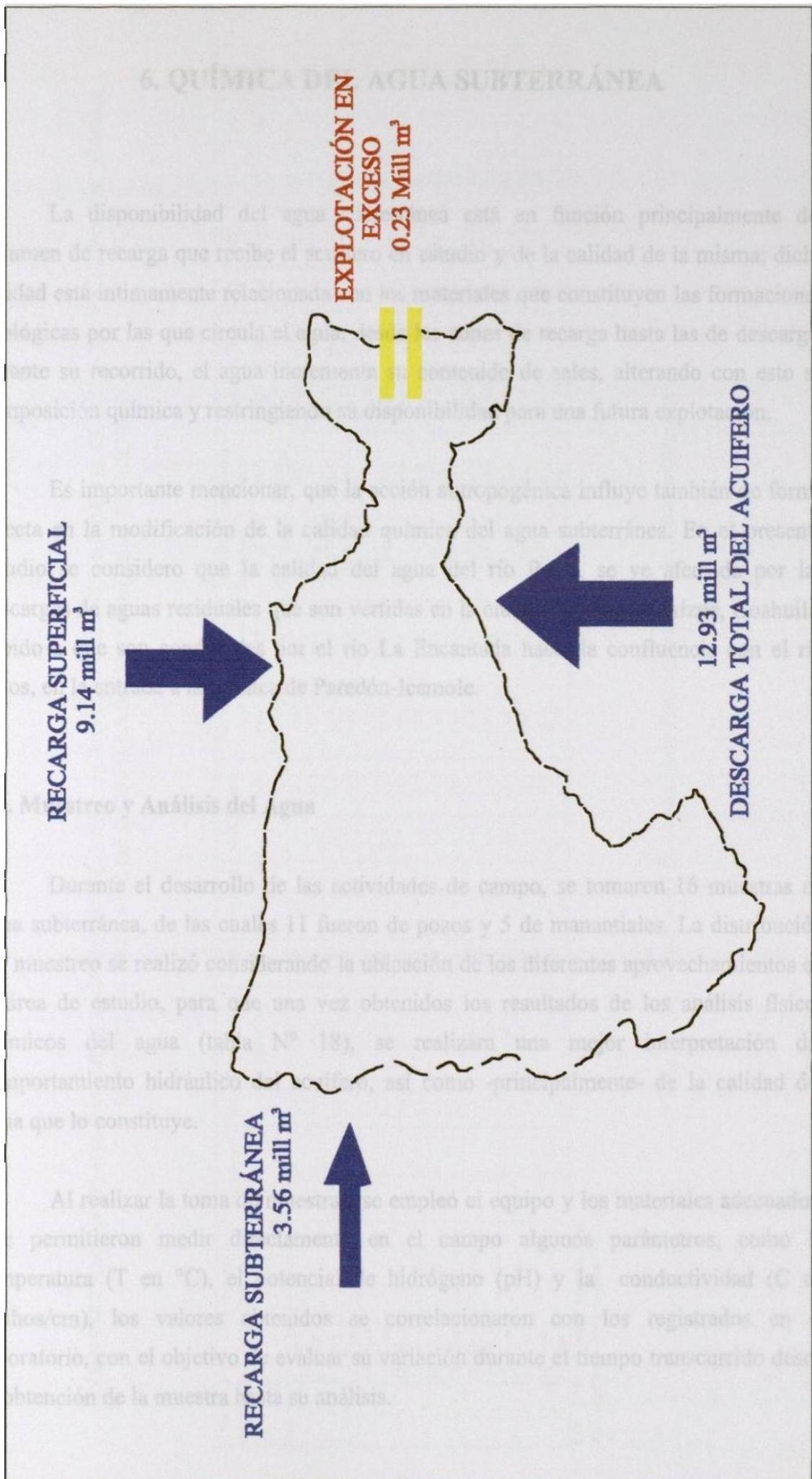


Figura N° 19. Recarga y descarga del acuífero granular de la Cuenca de Paredón-Icamole

6. QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La disponibilidad del agua subterránea está en función principalmente del volumen de recarga que recibe el acuífero en estudio y de la calidad de la misma; dicha calidad está íntimamente relacionada con los materiales que constituyen las formaciones geológicas por las que circula el agua, desde las zonas de recarga hasta las de descarga; durante su recorrido, el agua incrementa su contenido de sales, alterando con esto su composición química y restringiendo su disponibilidad para una futura explotación.

Es importante mencionar, que la acción antropogénica influye también de forma directa en la modificación de la calidad química del agua subterránea. En el presente estudio se considero que la calidad del agua del río Patos, se ve afectada por las descargas de aguas residuales que son vertidas en la ciudad de Ramos Arízpe, Coahuila, debido a que son conducidas por el río La Encantada hasta la confluencia con el río Patos, en la entrada a la Cuenca de Paredón-Icamole.

6.1. Muestreo y Análisis del Agua

Durante el desarrollo de las actividades de campo, se tomaron 16 muestras de agua subterránea, de las cuales 11 fueron de pozos y 5 de manantiales. La distribución del muestreo se realizó considerando la ubicación de los diferentes aprovechamientos en el área de estudio, para que una vez obtenidos los resultados de los análisis físico-químicos del agua (tabla N° 18), se realizara una mejor interpretación del comportamiento hidráulico del acuífero, así como -principalmente- de la calidad del agua que lo constituye.

Al realizar la toma de muestras, se empleó el equipo y los materiales adecuados, que permitieron medir directamente en el campo algunos parámetros, como la temperatura (T en °C), el potencial de hidrógeno (pH) y la conductividad (C en $\mu\text{mhos/cm}$), los valores obtenidos se correlacionaron con los registrados en el laboratorio, con el objetivo de evaluar su variación durante el tiempo transcurrido desde la obtención de la muestra hasta su análisis.

**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE
ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO**

No. de Muestra	No. y tipo de Aprovechamiento	Temperatura °C	pH	Conductividad umhos/cm	STD mg/l	Turbiedad mg/l (SiO ₂)	RAS	Silice mg/l (SiO ₂)	Dureza Total mg/l (CaCO ₃)	Dureza Calcica mg/l (CaCO ₃)	Dureza Magnésica mg/l (CaCO ₃)	Alcalinidad Total mg/l (CaCO ₃)	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	HCO ₃ mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l
1	1.- Pozo	28	6.5	3650	3860	1.5	3.0	20.7	1800	1010	790	235	404.20	191.97	300	286.75	1589.00	2.5	430.00
2	2.- Pozo	28	6.6	3600	3240	6.3	2.9	20.5	1760	940	820	235	376.75	199.30	280	286.75	1520.50	2.5	336.00
3	5 Pozo	29	6.8	3500	3250	4.7	3.4	21.8	1520	880	640	235	352.70	155.55	300	286.75	1435.00	2.3	355.00
4	10 - Pozo	26	6.8	3765	3135	0.6	3.3	19.5	1600	840	760	200	336.67	184.72	300	244.00	1545.80	2.4	355.00
5	13.- Pozo	25	7.0	3875	3470	1.1	3.4	21.2	1700	820	880	225	328.10	213.80	320	270.00	1498.90	2.6	459.00
6	17 - Pozo	26	6.6	3850	3430	1.1	3.8	23.3	2340	1305	1035	300	522.10	251.52	420	366.00	1798.00	2.6	789.00
7	18 - Manantial La Virgen	24	8.0	2470	5110	15.0	2.7	25.5	496	320	176	476	128.00	42.76	125	580.72	198.40	1.2	65.60
8	19 - Manantial El Antrusco	23	7.0	1140	1030	17.0	2.3	18.2	310	195	115	240	78.10	27.91	95	292.80	160.10	1.6	75.60
9	22 - Manantial La Azufrosa	45	6.6	3485	2795	15.0	3.8	28.9	1285	890	395	230	356.00	95.98	310	280.60	1392.00	0.8	215.00
10	23 - Manantial San Joaquín	45	6.6	3520	2815	8.3	4.1	28.0	1115	840	275	255	336.00	66.82	315	311.10	1185.00	0.2	236.00
11	25 - Manantial Las Cuatas	28	7.1	4250	3780	66.0	3.4	30.6	1640	1230	410	225	492.00	99.63	317	274.50	1693.00	0.1	265.00
12	26 - Pozo	28	6.7	2425	3310	15.0	3.5	12.4	1450	800	650	250	320.00	157.95	307	305.00	1510.00	1.4	235.00
13	28 - Pozo	30	6.9	3540	3300	21.0	3.4	18.4	1530	820	710	255	328.00	172.53	300	311.12	1505.00	1.9	274.00
14	29 - Pozo	27	7.3	3200	2650	3.3	3.6	16.1	1205	715	490	290	286.00	119.07	290	353.80	1080.00	2.1	320.00
15	31 - Pozo	27	7.3	3565	3175	52.0	5.2	15.6	1050	510	540	300	204.41	131.25	390	365.00	1159.00	1.9	325.00
16	32 - Pozo	30	7.3	1133	850	4.0	4.0	17.5	1170	600	570	283	240.00	138.51	320	345.26	1125.00	2.1	315.00

STD, significa Solidos Totales Disueltos
RAS, significa Relacion de Adsorción de Sodio

Tabla N° 18. Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua subterránea

Los análisis físico-químicos efectuados a las muestras obtenidas, comprendieron la determinación de Sólidos Totales Disueltos, Temperatura, Turbiedad, Iones Mayoritarios (Ca, Mg, Na, HCO₃, SO₄, NO₃ y Cl), Sílice, Potencial de Hidrógeno, Conductividad, Dureza Total y Alcalinidad Total, Dureza Cálctica y Dureza Magnésica; los resultados generales de cada una de las determinaciones se presentan en el anexo B.

Los análisis de las muestras, se realizaron siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estándar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WEF. Los resultados se muestran condensados en la tabla N° 18, de igual forma se presentan los números que identifican a cada aprovechamiento muestreado.

La localización de los aprovechamientos en la cuenca y la distribución del muestreo de agua subterránea, se presenta en el plano N° 10, contenido en el Anexo C.

6.2. Distribución Espacial de Índices Geoquímicos

Mediante la configuración de las concentraciones de los iones mayoritarios, de los parámetros de potencial de hidrógeno, sílice, sólidos totales disueltos y conductividad, se procedió a la interpretación espacial de los índices geoquímicos analizados.

Iones Mayoritarios

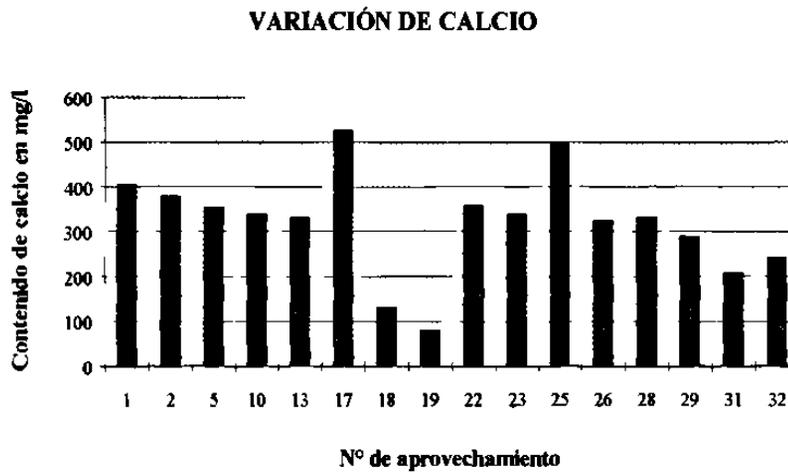
De los aprovechamientos muestreados sólo dos, los manantiales de La Virgen y El Antrisco, presentan valores de concentración, de iones mayoritarios, menores a los especificados por la Secretaría de Salud (SS) y la Agencia Protectora del Medio Ambiente (EPA) para la clasificación de agua potable.

Calcio (Ca)

El agua subterránea que constituye el acuífero en estudio, presenta concentraciones de calcio que varían de 78 a 522 mg/l, las concentraciones de 128 y 78 mg/l, se registran en los aprovechamientos localizados en el lado sur de la cuenca, en los manantiales La Virgen y El Antrisco; las concentraciones con valores de 300 a 350 mg/l,

se presentan en los aprovechamientos situados al norte de la cuenca y en los manantiales con aguas termales situadas en el centro de la misma; referente a los aprovechamientos situados al poniente, se tienen concentraciones que fluctúan entre los 350 y 400 mg/l. En el plano N° 11, se aprecia la configuración de la concentración de calcio.

El límite máximo, que establece la Secretaría de salud, para el contenido de Calcio en agua de uso potable es de 500 mg/l, por lo que sólo el aprovechamiento N° 17 (pozo) no cumple con esta norma.



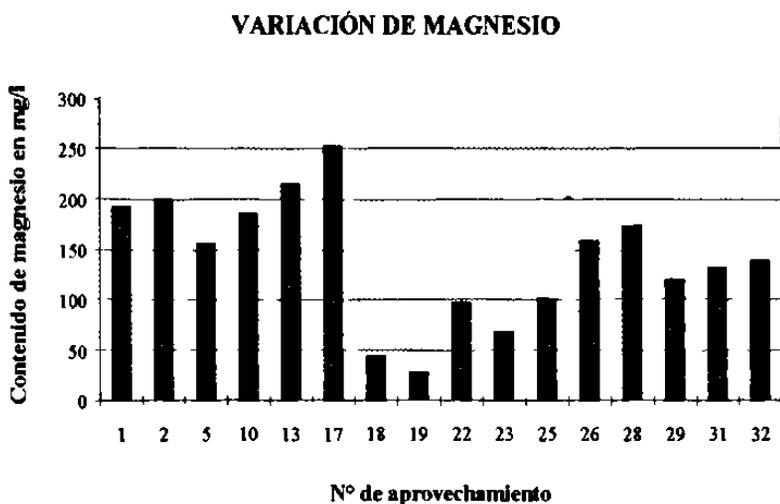
Gráfica N° 6. Variación en el contenido de calcio en los aprovechamientos del acuífero en estudio

En general el agua subterránea que está en contacto con rocas sedimentarias de origen marino, obtiene la mayor parte de su contenido de calcio a partir de la disolución de la calcita, de la dolomita y del yeso entre otros. Los valores obtenidos en los análisis fisico-químicos realizados, son representativos de concentraciones normales de estas formaciones.

Magnesio (Mg)

Las concentraciones de magnesio varían de 28 a 250 mg/l, se aprecian tres grupos principales; el primero comprende los aprovechamientos (todos los manantiales) localizados en la parte central de la cuenca hasta las partes bajas de la Sierra La Azufrosa, los valores varían de 28 a 100 mg/l; el segundo grupo presenta concentraciones de 100 a 200 mg/l, la mayoría de los aprovechamientos forman parte de este grupo y se localizan en el oriente y el poniente de la cuenca; el grupo tres está compuesto de dos aprovechamientos, localizados en el noroeste, los cuales registran concentraciones de 213

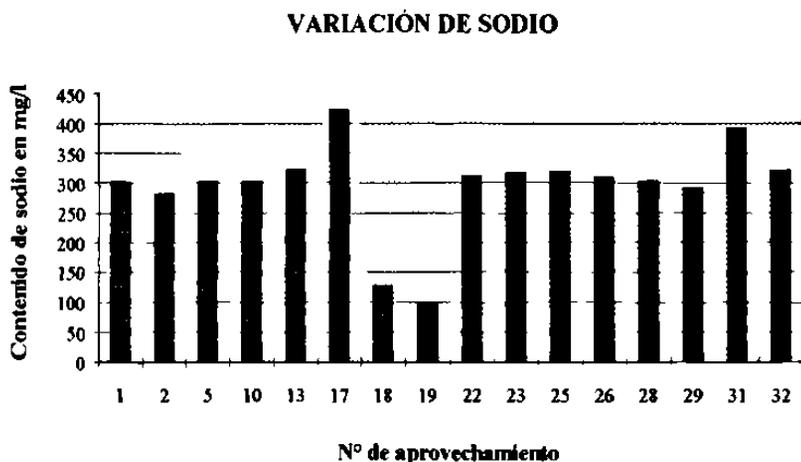
y 251 mg/l respectivamente. La configuración de las concentraciones de este ion se presenta en el plano N° 12.



Gráfica N° 7. Variación en el contenido de magnesio en los aprovechamientos del acuífero en estudio

Sodio (Na)

Considerando el alto grado de solubilidad que presenta este ion, debido al ataque de feldspatos, feldspatoides y otros silicatos de lavado de sedimentos de origen marino y cambio de bases con arcillas del mismo origen, el sodio se encuentra en cantidades considerables en el agua subterránea, principalmente en cuencas localizadas en zonas desérticas por efecto de evaporación.



Gráfica N° 8. Variación en el contenido de sodio en los aprovechamientos del acuífero en estudio

Generalmente las aguas que contienen un total de sólidos disueltos entre 1000 a 5000 mg/l, presentan concentraciones mayores a 100 mg/l de sodio; en el presente trabajo, la variación de sólidos totales fluctúa entre 1000 y 4000 mg/l, por lo que se tienen concentraciones de sodio que varían de 125 a 420 mg/l. El aprovechamiento que registra una concentración mínima de este ion, es el manantial El Antrisco con un valor de 95 mg/l, y el que presenta una concentración máxima es el pozo localizado en el rancho Santa Herminia, al norte de la cuenca, con un valor de 420 mg/l, los demás aprovechamientos tienen concentraciones que varían entre los 250 y 350 mg/l. La configuración de la concentración de sodio en el acuífero, se presenta en el plano N° 13.

La Secretaría de Salud establece como límite máximo, para este ión, en agua de uso potable el valor de 200 mg/l, por lo que sólo los manantiales de La Virgen y El Antrisco cumplen con esta norma.

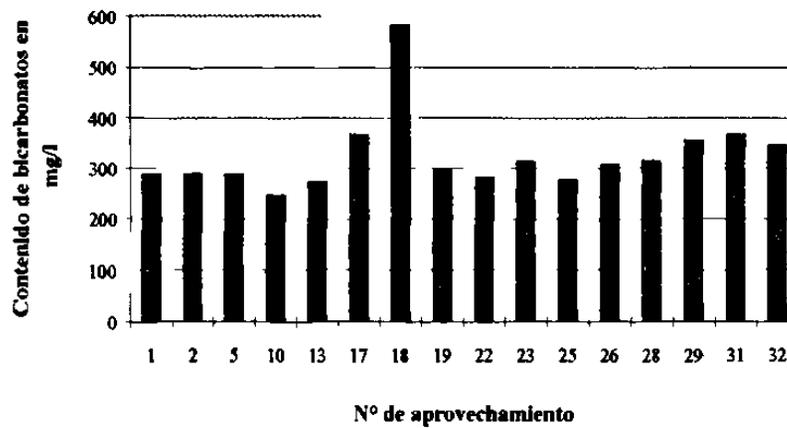
Bicarbonatos (HCO_3)

Generalmente, los iones bicarbonato, tienen su origen en la disolución del bióxido de carbono atmosférico o del suelo y de la disolución de las rocas calizas y dolomías, ayudada por el CO_2 y los ácidos naturales. En otros casos, la hidrólisis de silicatos en combinación con el CO_2 contribuye a determinar el contenido de bicarbonato y carbonato.

Las aguas subterráneas generalmente contienen más de 10 mg/l de bicarbonato y menos de 800 mg/l, las concentraciones más frecuentes suelen estar comprendidas entre 50 y 400 mg/l; en el presente estudio, los valores registrados varían de 244 a 365 mg/l, por lo cual se considera que se tienen valores normales de concentración.

En el plano N° 14, se pueden apreciar dos grupos principales de aprovechamientos que presentan igual concentración de iones bicarbonato, el primero está compuesto por los aprovechamientos localizados al norte y noreste de la cuenca, en las partes bajas de las sierras El Maneadero y El Colorado, con una concentración que fluctúa entre los 300 y 365 mg/l; el otro grupo está constituido por los demás aprovechamientos, en los cuales las concentraciones son menores y varían de 244 a 300 mg/l.

VARIACIÓN DE BICARBONATOS



Gráfica N° 9. Variación en el contenido de bicarbonatos en los aprovechamientos del acuífero en estudio

En el manantial denominado La Virgen, ubicado al suroeste de la cuenca, en la parte baja de la sierra La Azufrosa, se obtuvo un valor alto de concentración de bicarbonatos de 580 mg/l; por lo que se infiere que este valor corresponde al grado de contaminación y al tiempo de aereación (no tiene obra de protección) que tenía el agua del manantial, por lo que se estableció que no era representativo de dicho aprovechamiento.

La Norma Oficial Mexicana, expedida por al Secretaría de Salud, establece un límite máximo para el contenido de bicarbonatos, en agua de uso potable, de 500 mg/l, por lo que los aprovechamientos muestreados cumplen con esta norma.

Cloruros (Cl)

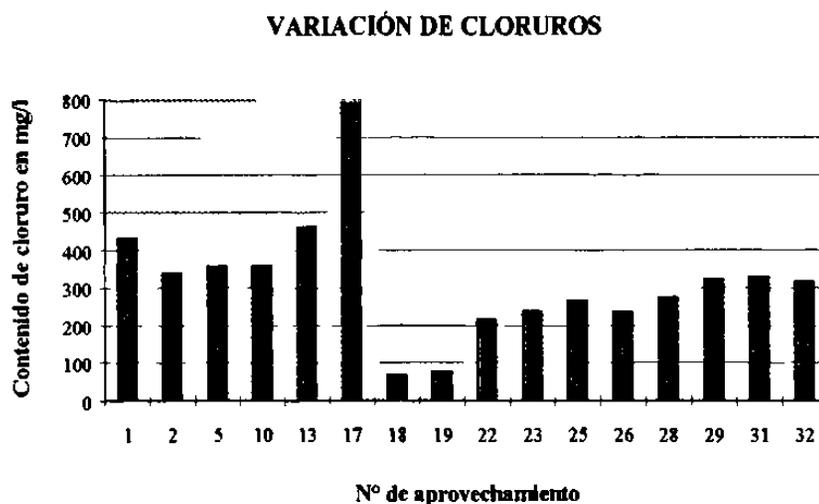
Estos iones son de los constituyentes más importantes de las aguas naturales, tanto superficiales como subterráneas. En la naturaleza pueden encontrarse concentraciones que van desde 0.1 mg/l en regiones árticas, hasta 150,000 mg/l, en salmueras. En general, el agua de lluvia y nieve presentan concentraciones de 1.0 y 30 mg/l.

En el presente estudio, los aprovechamientos muestreados registraron una variación en las concentraciones de cloruro que van de 65 a 459 mg/l, las concentraciones menores se observaron en los manantiales de La Virgen y El Antrisco con valores de 65 y

75 mg/l respectivamente, dichos aprovechamientos se localizan en el lado sur de la cuenca en las partes bajas de la sierra La Azufrosa; las concentraciones de 200 a 300 mg/l se registran en los aprovechamientos (manantiales y pozos) ubicados en la parte central y norte de la cuenca. Los pozos ubicados hacia el noreste, en la parte baja, entre las sierras de La Azufrosa y El Colorado presentan concentraciones que varían muy poco, de 315 a 325 mg/l; respecto a las concentraciones mayores, estas se presentan en los aprovechamientos ubicados en el noroeste, donde los valores van de 336 a 459 mg/l.

Los manantiales La Virgen, El Antrisco, La Azufrosa y San Joaquín cumplen con el límite máximo permitido por la Secretaría de Salud, para un agua de uso potable, la cual establece el valor de 250 mg/l.

En el plano N° 15 se presenta la configuración de las concentraciones de cloruro, distribuidas en el acuífero de la cuenca.



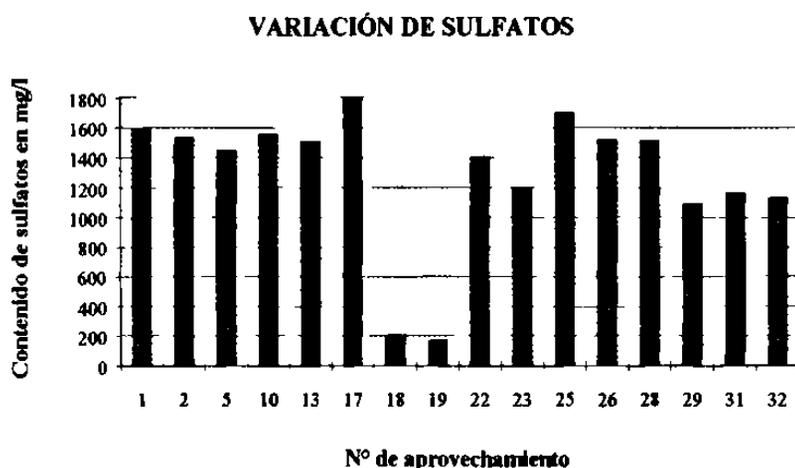
Gráfica N° 10. Variación en el contenido de cloruros en los aprovechamientos del acuífero en estudio

Sulfatos (SO₄)

Respecto a este ión, las fuentes principales son las rocas sedimentarias, en especial las evaporitas y en menor grado las rocas ígneas, a través de los minerales.

En general, el agua de lluvia contiene pequeñas concentraciones de sulfatos, los valores comunes fluctúan entre los 2 mg/l. En la naturaleza pueden encontrarse aguas, con concentraciones de sulfato que van de 0.2 mg/l hasta más de 100,000 mg/l, las

concentraciones más bajas se encuentran en las aguas de lluvia, de nieve y del suelo, sometidas a la reducción de los sulfatos; las concentraciones más elevadas se localizan en las salmueras de sulfato de magnesio.



Gráfica N° 11. Variación en el contenido de sulfatos en los aprovechamientos del acuífero en estudio

En el plano N° 16 se puede apreciar que las concentraciones de sulfatos, en la cuenca en estudio, varían de 160 a 1700 mg/l, la mayor concentración se localiza al noroeste de la misma, con valores de 1400 a 1700 mg/l, los valores mínimos se registran en los manantiales del Antrisco y de La Virgen, localizados en las partes bajas de la sierra La Azufrosa, los valores son de 160 y 200 mg/l respectivamente; las concentraciones de 1000 a 1400 mg/l se registran en los aprovechamientos localizados en el centro y noreste de la cuenca. Los valores máximos se ubican en los aprovechamientos situados en la parte norte, en las partes bajas de la sierra El Maneadero, los valores van de 1500 a 1800 mg/l.

El valor máximo de concentración de sulfatos que establece la Secretaría de Salud para un agua de uso potable es de 400 mg/l, por lo que solo los manantiales de La Virgen y El Antrisco cumplen con este límite permisible.

Otros Indices

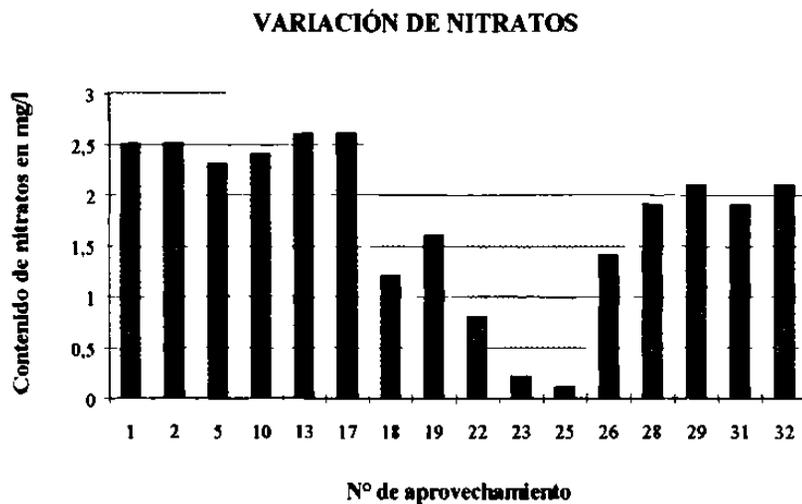
Para tener una mejor interpretación del comportamiento del acuífero, se procedió a determinar algunos parámetros adicionales a los iones mayoritarios, de forma que se obtuviera la mayor cantidad de información referente a la calidad del agua subterránea

que permitiera una mejor caracterización de la misma. A continuación se mencionan los índices adicionales determinados.

Nitratos (NO₃)

La determinación de la concentración de nitratos indica la condición nutriente y nivel de contaminación orgánica que guarda el agua subterránea, considerando que las principales fuentes de concentración del nitrato son las rocas ígneas, restos de animales y plantas y aplicación de fertilizantes realizados a partir de nitratos inorgánicos; en zonas rurales, cuando se tienen altas concentraciones de nitrato, se juzga que existen grandes descargas de excreta humana y animal.

El valor máximo permitido que recomienda la Secretaría de Salud y la Organización Mundial de la Salud (WHO) para agua potable es de 10 mg/l, y son un serio riesgo a la salud las concentraciones superiores a ese límite. Para el acuífero en estudio, se tienen concentraciones de nitratos muy pequeñas, las cuales oscilan entre los 0.5 y 2.5 mg/l, por lo cual el agua subterránea constituyente del acuífero en la cuenca de Paredón-Icamole, es potable, respecto a la concentración de nitratos.



Gráfica N° 12. Variación en el contenido de nitratos en los aprovechamientos del acuífero en estudio

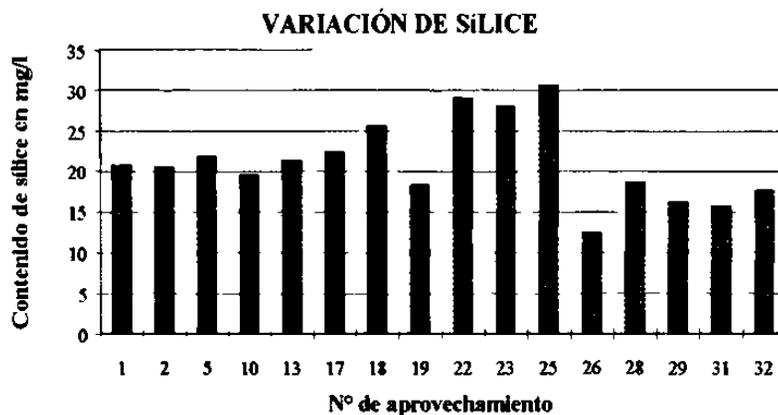
Los valores más altos de nitratos se presentan en los aprovechamientos localizados al norte de la cuenca, en las partes bajas de la sierra El Colorado y El Maneadero, los valores varían de 1.5 a 2.5 mg/l. Los valores mínimos registrados son de 0.1 a 0.8 mg/l y se presentan en los manantiales de La Azufrosa, San Joaquín y Las

Cuatas, estos manantiales se localizan en el centro de la cuenca; los valores medios de 1.2 y 1.6 mg/l se registran en los manantiales de La Virgen y El Antrisco respectivamente, ubicados al sur de la cuenca, en las partes bajas de la sierra La Azufrosa. En el plano N° 17 se presenta la configuración de las concentraciones de nitratos en el acuífero.

Sílice (SiO₂)

Este ion es común en las aguas subterráneas; se encuentra en estado coloidal, suspendido y disuelto; la principal fuente natural del sílice es la temperización de rocas silíceas que suele alcanzar valores de 1g/l o más, en aguas termales.

Para el acuífero en estudio, las concentraciones más altas de SiO₂ fueron registradas en los manantiales La Azufrosa, San Joaquín y Las Cuatas, los valores van de 28 a 30 mg/l, es importante mencionar que dos de estos manantiales son de aguas termales y el otro está localizado muy próximo a éstos, por lo que es normal que se registren estos valores altos de concentración. Los manantiales mencionados se ubican en el centro de la cuenca.

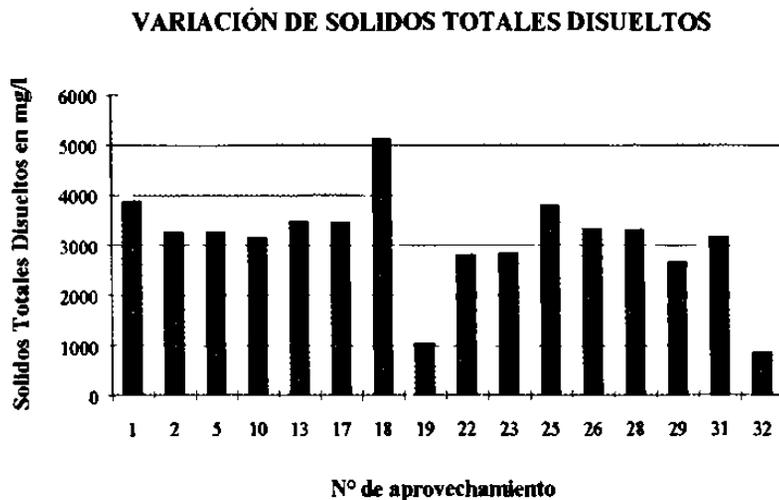


Gráfica N° 13. Variación en el contenido de sílice en los aprovechamientos del acuífero en estudio

Los aprovechamientos localizados al sur de la cuenca presentan valores de 18 a 25 mg/l, mientras los ubicados al norte registran concentraciones de 12 a 22 mg/l. En el plano N° 18 se presenta la configuración correspondiente a las concentraciones de sílice en el acuífero.

Sólidos Totales Disueltos (STD)

Este índice proporciona información acerca de la dirección del flujo y el grado de erosión que causa el movimiento del agua subterránea a las diferentes formaciones geológicas que constituyen al acuífero, ya que la materia disuelta consiste de limo, arcilla, partículas finas de material orgánico e inorgánico, compuestos solubles, plancton y otros microorganismos. Estas partículas oscilan en tamaño de 10 nm a 0.1 mm.



Gráfica N° 14. Variación en el contenido de STD en los aprovechamientos del acuífero en estudio

En el plano N° 19 se presenta la configuración de los valores de STD. La variación de concentraciones fluctúa entre los 1000 y 3500 mg/l en toda la cuenca; es importante mencionar que en los manantiales de La Virgen y de Las Cuatas, el primero localizado al suroeste y el otro en el centro de la cuenca, se registraron valores altos de 5110 y 3780 mg/l de STD respectivamente, lo cual se infiere que fue debido al grado de contaminación que presentaban dichos aprovechamientos al momento del muestreo.

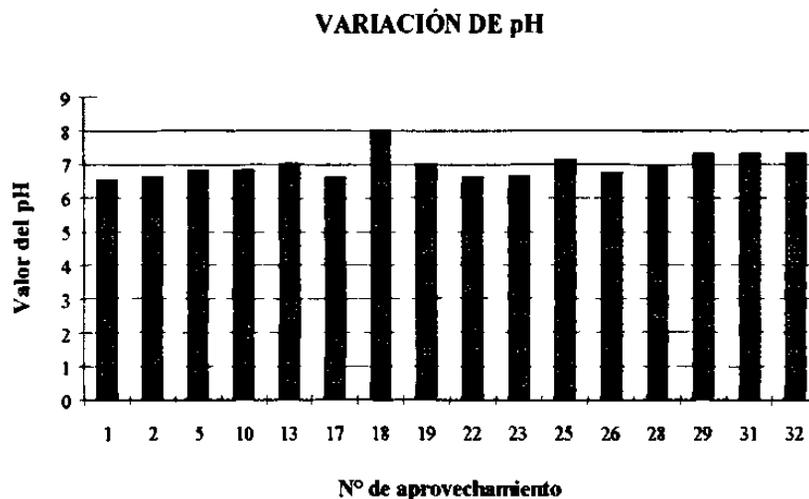
El valor de STD, que marca como máximo la Secretaría de Salud para un agua de uso potable es de 1000 mg/l, por lo que solo el aprovechamiento N° 32 (pozo El Milagro) con un valor de 850 mg/l cumple con esta norma.

Respecto al grado de erosión que origina el agua subterránea a las formaciones geológicas, puede calificarse como despreciable, esto sobre la base de que los equipos de bombeo localizados en los diferentes aprovechamientos no presentan ningún tipo de daño

originado por el desgaste de impulsores debido a la abrasión del agua subterránea que contiene partículas suspendidas.

Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es un índice muy importante en el control de la calidad del agua subterránea, ya que tiene influencia directa sobre muchos de los procesos biológicos y químicos que se desarrollan en este medio; los valores más comunes oscilan entre 6.0 y 8.5; aunque pueden ocurrir valores menores en aguas en contacto con depósitos minerales, principalmente sulfuros; mientras que valores mayores se observan en aguas eutróficas.



Gráfica N° 15. Variación en el valor de pH en los aprovechamientos del acuífero en estudio

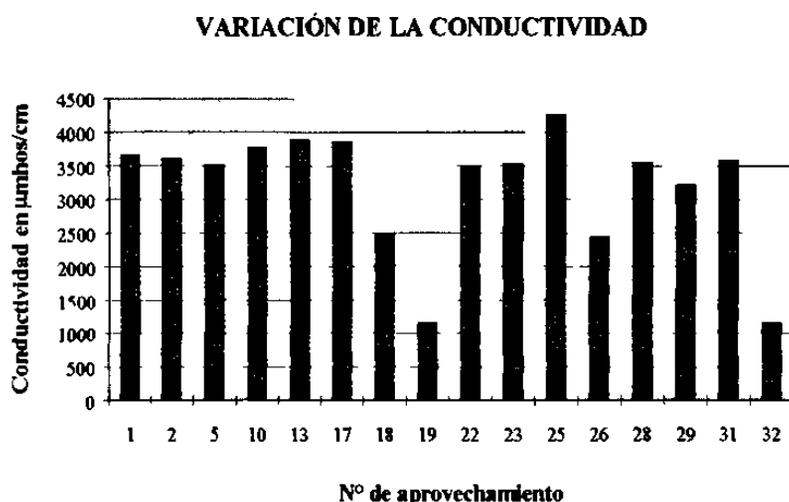
Los valores de pH que presenta el acuífero en estudio varían de 6.5 a 8, sabiendo que los valores mínimos se registran en los aprovechamientos localizados en el noroeste y centro de la cuenca, los valores varían de 6.5 a 6.9; en su mayoría, el acuífero presenta un pH entre 6.9 y 7.2 distribuido principalmente en el centro y norte del mismo, hacia el noreste se registran valores de 7.5. En el plano N° 20 se presenta la configuración de los valores de pH obtenidos.

Para el acuífero en estudio todos los aprovechamientos muestreados están dentro del rango establecidos por la Secretaría de Salud para agua de uso potable, la cual establece valores de pH en el rango de 6.5 y 8.5 como máximo.

Conductividad

Debido a que la conductividad es una medida de la habilidad del agua para conducir electricidad, está íntimamente relacionada con la variación de los sólidos disueltos y depende más específicamente del grado de disociación de las sales minerales en iones, así como de la temperatura.

Los aprovechamientos localizados en el acuífero presentan valores de 1133 a 3850 $\mu\text{mhos/cm}$, solamente hay un manantial (El Antrisco) y un pozo que registran valores de 1140 y 1133 μmhos respectivamente, el primero de ellos se localiza al sur de la cuenca y el otro al noreste de la misma, los demás aprovechamientos tienen valores mayores a 3000 $\mu\text{mhos/cm}$. Es importante mencionar que el manantial denominado Las Cuatas presenta un grado de contaminación muy alto, el cual se vio reflejado en el valor determinado de la conductividad con 4200 $\mu\text{mhos/cm}$. La configuración de los valores de la conductividad en la cuenca, se presenta en el plano N° 21.



Gráfica N° 16. Variación en el valor de la conductividad en los aprovechamientos del acuífero en estudio

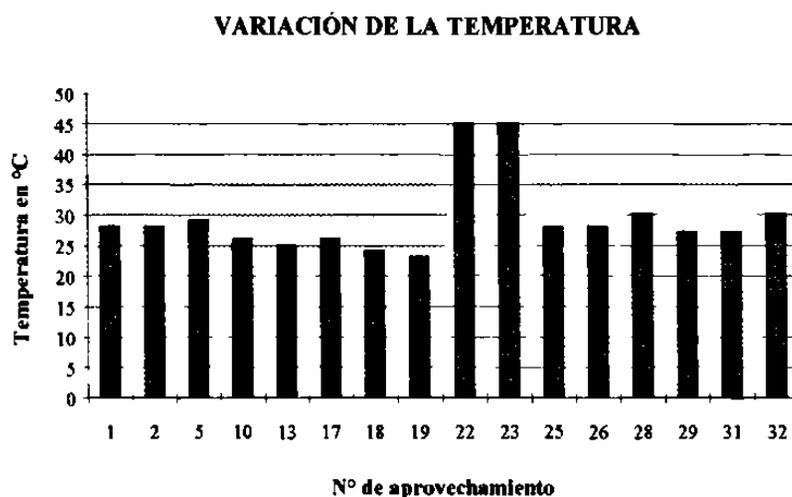
Temperatura

Este índice participa en gran medida en el desarrollo de los procesos físicos, químicos y bacteriológicos presentes en el agua, tanto superficial como subterránea.

Las aguas subterráneas mantienen regularmente una temperatura casi constante que, para acuíferos poco profundos, es muy cercana a la temperatura promedio anual del

aire; sin embargo, acuíferos muy profundos tienen temperaturas mayores, debido al gradiente térmico de la tierra.

La variación de temperatura registrada en la mayoría de los aprovechamientos localizados en el acuífero en estudio fue de 23 a 30 °C. En los manantiales de La Virgen y El Antrisco se obtuvieron temperaturas mínimas de 24 y 23 °C respectivamente, mientras que en los manantiales de aguas termales, La Azufrosa y San Joaquín, localizados en el centro de la cuenca, se registró una temperatura alta de 45 °C. Se infiere que una de las posibles causas de la alta temperatura en los aprovechamientos de aguas azufrosas, puede ser el contacto del agua subterránea con cámaras magmáticas en proceso de enfriamiento, en combinación con la circulación de la misma a grandes profundidades y a las características radioactivas de las rocas por las que circula.



Gráfica N° 17. Variación en el valor de la temperatura en los aprovechamientos del acuífero en estudio

6.3 Interpretación Hidrogeoquímica

De acuerdo con los resultados de los análisis físico-químicos realizados a diferentes muestras obtenidas de captaciones de agua subterránea en el área de estudio y teniendo como antecedente, que el acuífero en estudio se localiza en formaciones sedimentarias de origen marino, y en particular en material granular, se infiere que las concentraciones de los diferentes iones mayoritarios se obtienen a partir de la circulación que tiene el agua subterránea por las formaciones mencionadas, quedando la

concentración restringida al tiempo de recorrido y al medio donde circula, ya sea granular o fracturado. Considerando lo anterior, el agua obtenida de los manantiales de El Antrisco y de La Virgen, localizados en las partes bajas de la Sierra La Azufrosa, tiene una infiltración reciente, en comparación con la que se extrae en los pozos ubicados en la planicie de la cuenca; por consiguiente, presenta una menor concentración de elementos químicos que la que se extrae en los demás aprovechamientos.

Mediante el análisis de la hidrogeoquímica, se estableció que la dirección preferencial del agua subterránea es de oeste a este, circulando principalmente por el norte de la cuenca en forma paralela a las sierras de El Maneadero y El Colorado, con dos componentes que se integran a la dirección del flujo, una componente de sur a norte originada por la recarga en las partes bajas de la sierra La Azufrosa en la zona donde se ubican los manantiales El Antrisco y La Virgen, y otra componente de sureste a noroeste, en la parte central de la cuenca donde se localizan los manantiales de aguas termales.

El acuífero presenta una posible recarga en la parte noroeste, donde se infiere una comunicación con el acuífero del valle de Paredón. Este planteamiento se basa en los valores altos de las concentraciones determinadas (de los iones), que son característicos de aguas con cierto grado de contaminación, lo que puede ser originado por la infiltración de las aguas residuales vertidas en la ciudad de Ramos Arizpe, y que son conducidas hasta la cuenca de Paredón e Icamole por el río la Encantada y después por el río Patos.

Mediante el análisis de la temperatura, con los valores registrados en los aprovechamientos, se infiere que es muy posible que exista una recarga vertical (proveniente de un acuífero perteneciente a otra cuenca diferente a la estudiada) a través de un medio fracturado, que permita la circulación del agua subterránea (a grandes profundidades) por rocas o capas magmáticas en proceso de enfriamiento, lo que contribuye a tener elevadas temperaturas del agua, así como descargas constantes, por lo cual es importante considerar esta hipótesis para el planteamiento de una posible explotación futura del acuífero.

Respecto a los valores altos que se tienen de la salinidad, puede mencionarse que el acuífero presenta baja permeabilidad y transmisibilidad de las formaciones geológicas, a través de las cuales circula el agua subterránea, el flujo es lento, consecuentemente, el tiempo de contacto del agua con las formaciones geológicas es amplio, lo cual ocasiona

que la concentración de sólidos se incremente notablemente. De acuerdo a lo anterior, el acuífero del área se consideraría de condiciones geohidrológicas bajas; lo importante de este análisis es que al comparar la suposición mencionada con lo que pasa realmente en la parte noroeste del acuífero, sería contradictorio, ya que los aprovechamientos (pozos) en esta área presentan un volumen de descarga considerable y una recarga muy rápida, esto sería una base para suponer que el acuífero cuenta con buenas características geohidrológicas para su explotación; por lo que, analizando las dos condiciones anteriores, se puede concluir que el acuífero en la parte norte y especialmente en la parte noroeste, presenta una posible recarga subterránea vertical y además se infiere que es a través de un medio fracturado, por lo cual dicha recarga es alimentada por un acuífero externo al estudiado.

6.4 Diagrama de Schoeller

Mediante el diagrama de Schoeller, se aprecia que la mayoría de las muestras de agua, presentan un similar comportamiento; por lo que son del mismo tipo, a excepción de los manantiales de El Antrisco y La Virgen, los cuales presentan concentraciones menores con relación a los demás aprovechamientos. Se puede concluir que la forma general del diagrama demuestra un dominio de los iones calcio y sulfato, y menores concentraciones de los iones cloruro y bicarbonato.

Considerando los límites máximos permisibles para un agua de uso potable establecidos por la Secretaría de Salud y la Agencia Protectora del Medio Ambiente (EPA), solo el manantial El Antrisco, localizado al sur de la cuenca, cumple con el límite establecido de 500 mg/l, por lo que no es recomendable consumir agua de los demás aprovechamientos localizados en la cuenca. En la figura N° 20 se muestra el diagrama de Schoeller.

6.5 Clasificación del Agua Mediante el Diagrama de Piper

Mediante la aplicación del diagrama de Piper, se apreció que en la mayoría de las muestras analizadas se obtuvo la clasificación de agua mixta-sulfatada, por lo que el agua subterránea que constituye el acuífero es de un solo tipo. Los aprovechamientos

identificados como manantiales El Antrisco y La Virgen, localizados en la parte sur de la cuenca, en las partes bajas de la sierra La Azufrosa, se clasifican como aguas del tipo Mixta-Bicarbonatada y Mixta-Mixta, respectivamente. En la figura N° 21 se presenta el diagrama de Piper y en la tabla N° 19, se muestra la clasificación obtenida mediante la aplicación de dicho diagrama.

No. de Muestra	No. y tipo de Aprovechamiento	Clasificación del agua (Piper)
1	1.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
2	2.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
3	5.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
4	10.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
5	13.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
6	17.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
7	18.- Manantial La Virgen	Mixta-Bicarbonatada-Calcica
8	19.- Manantial El Antrisco	Mixta-Mixta-Clorurada
9	22.- Manantial La Azufrosa	Mixta-Sulfatada-Clorurada
10	23.- Manantial San Joaquín	Mixta-Sulfatada-Clorurada
11	25.- Manantial Las Cuatas	Calcica-Sulfatada-Clorurada
12	26.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
13	28.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
14	29.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
15	31.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada
16	32.- Pozo	Mixta-Sulfatada-Clorurada

Tabla N° 19. Clasificación del agua subterránea mediante el diagrama de Piper

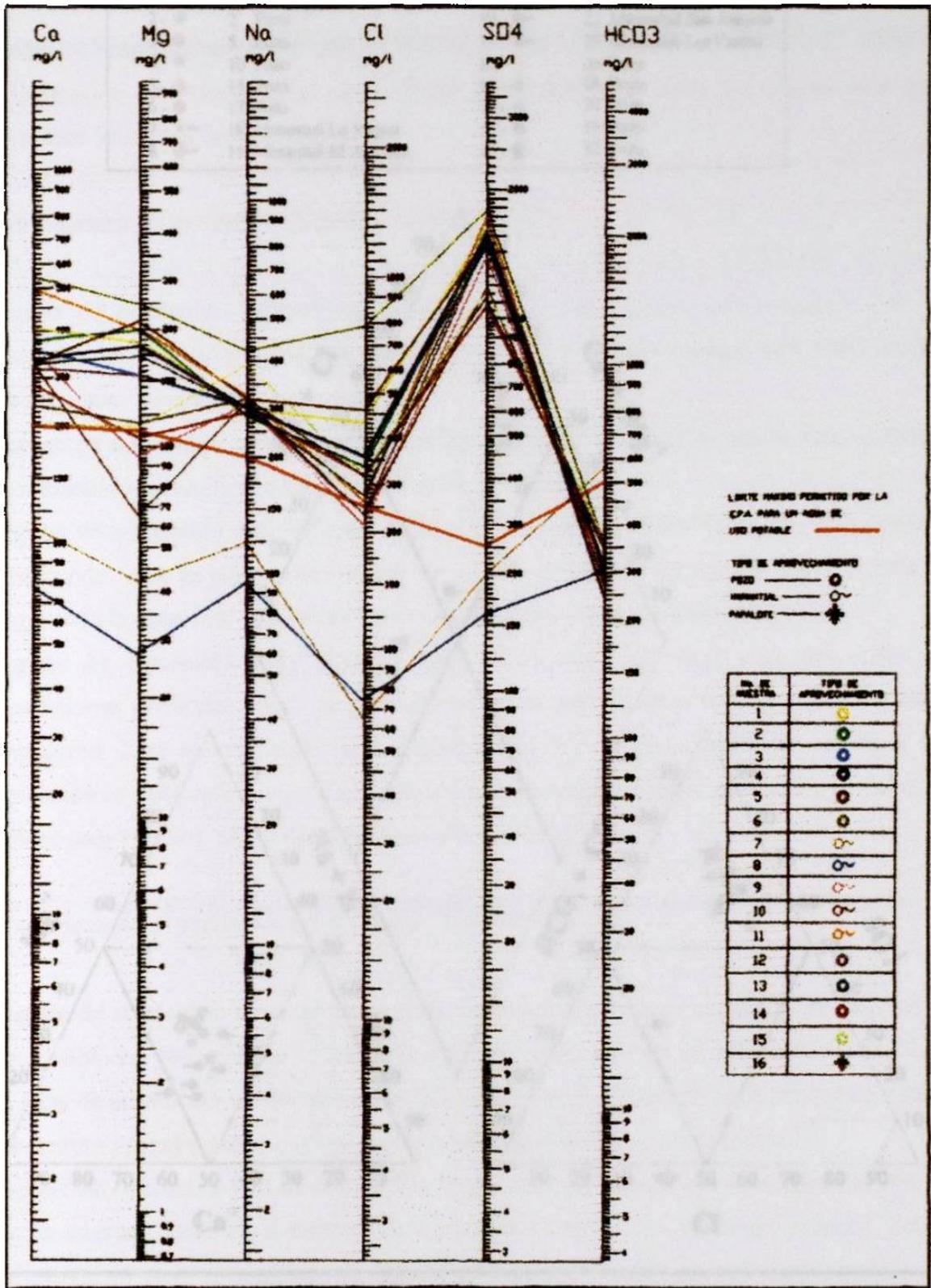


Figura N° 20. Diagrama de Schoeller

No. DE MUESTRA	No. Y TIPO DE APROVECHAMIENTO	No. DE MUESTRA	No. Y TIPO DE APROVECHAMIENTO
1 - ●	1. Pozo	9 - ●	22. Manantial La Azufrosa
2 - ●	2. Pozo	10 - ●	23. Manantial San Joaquín
3 - ●	5. Pozo	11 - ●	25. Manantial Las Cuatas
4 - ●	10. Pozo	12 - ●	26. Pozo
5 - ●	13. Pozo	13 - ●	28. Pozo
6 - ●	17. Pozo	14 - ●	29. Pozo
7 - ●	18. Manantial La Virgen	15 - ●	31. Pozo
8 - ●	19. Manantial El Antrisco	16 - ●	32. Pozo

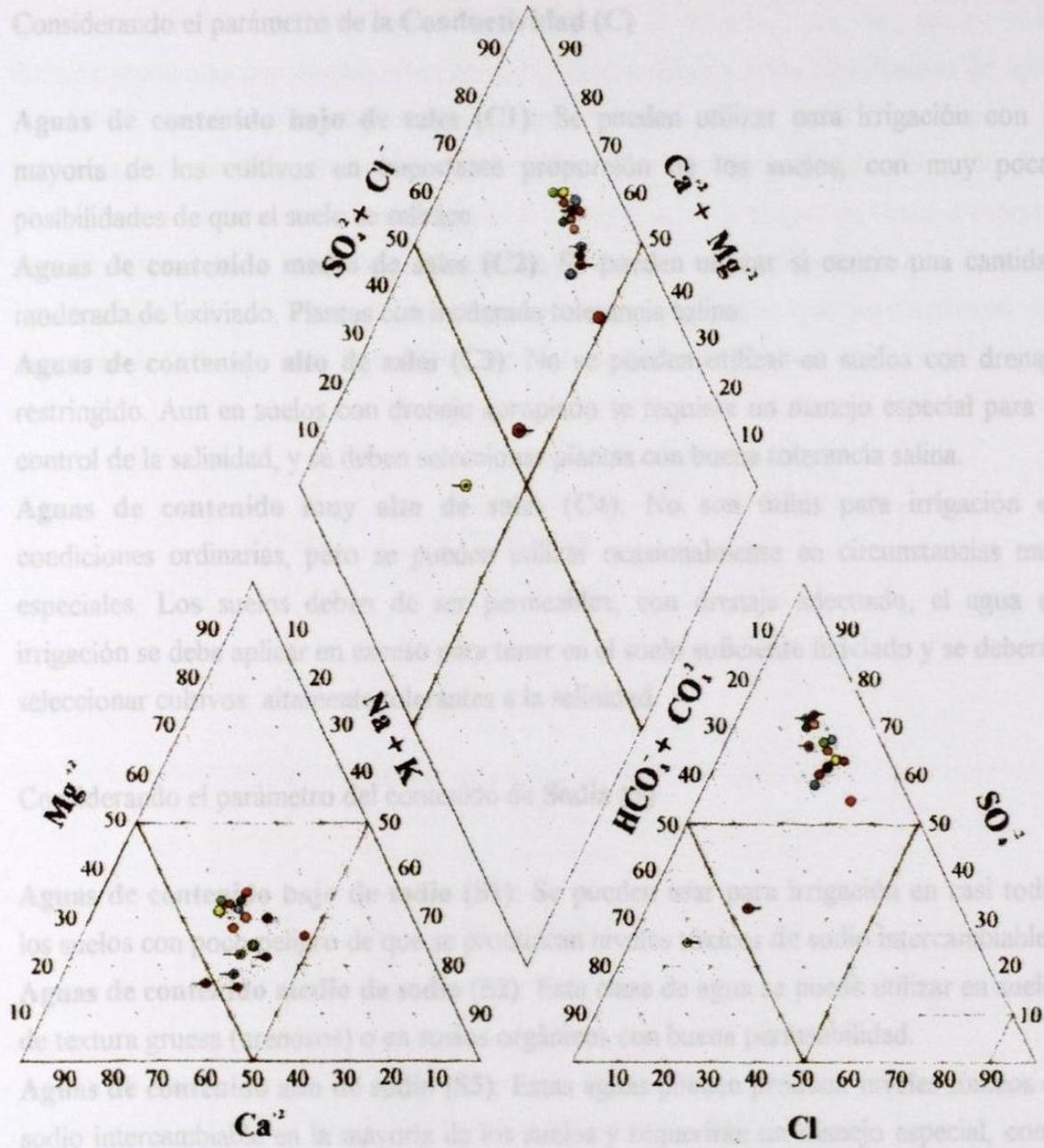


Figura N° 21. Clasificación de la calidad del agua subterránea mediante el uso del diagrama de Piper

6.6 Clasificación del Agua en Relación con el Uso Agrícola

La clasificación del agua subterránea en relación con el uso agrícola, se realizó mediante la aplicación del método de Wilcox, el cual considera la conductividad eléctrica y la relación de adsorción del sodio (RAS) contenido en el agua. La clasificación que establece Wilcox es la siguiente:

Considerando el parámetro de la Conductividad (C)

Aguas de contenido bajo de sales (C1): Se pueden utilizar para irrigación con la mayoría de los cultivos en importante proporción de los suelos, con muy pocas posibilidades de que el suelo se salinice.

Aguas de contenido medio de sales (C2): Se pueden utilizar si ocurre una cantidad moderada de lixiviado. Plantas con moderada tolerancia salina.

Aguas de contenido alto de sales (C3): No se pueden utilizar en suelos con drenaje restringido. Aun en suelos con drenaje apropiado se requiere un manejo especial para el control de la salinidad, y se deben seleccionar plantas con buena tolerancia salina.

Aguas de contenido muy alto de sales (C4): No son útiles para irrigación en condiciones ordinarias, pero se pueden utilizar ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben de ser permeables, con drenaje adecuado, el agua de irrigación se debe aplicar en exceso para tener en el suelo suficiente lixiviado y se deberán seleccionar cultivos altamente tolerantes a la salinidad.

Considerando el parámetro del contenido de Sodio (S)

Aguas de contenido bajo de sodio (S1): Se pueden usar para irrigación en casi todos los suelos con poco peligro de que se produzcan niveles tóxicos de sodio intercambiable.

Aguas de contenido medio de sodio (S2): Esta clase de agua se puede utilizar en suelos de textura gruesa (arenosos) o en suelos orgánicos con buena permeabilidad.

Aguas de contenido alto de sodio (S3): Estas aguas pueden producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayoría de los suelos y requerirán un manejo especial, como adiciones de materia orgánica, abundante lixiviación en condiciones de buen drenaje del suelo. Algún mejorador químico se puede requerir para el remplazo del sodio adsorbido, pero el uso de los mejoradores puede no ser factible con aguas de muy alta salinidad.

Aguas de contenido muy alto de sodio (S4): No son satisfactorias para propósitos de irrigación, excepto en condiciones de salinidad baja o media, donde el contenido de calcio de la solución del suelo o la aplicación de yeso u otro mejorador químico pueda hacer factible el uso de estas aguas.

De acuerdo con el diagrama de Wilcox, se obtuvieron los siguientes tipos de aguas C4-S1 el cual corresponde a un alto contenido de sales, pero bajas en sodio, por lo que se recomiendan cultivos altamente resistentes a la salinidad; por otra parte, no se tendrán problemas con niveles altos de sodio intercambiable. Otra clasificación de agua fue C4-S2, el cual presenta las mismas características que el anterior en cuanto al problema de salinidad, pero referente al sodio, exige un mejor drenaje del suelo. Por ultimo la clasificación C3-S1, requiere un buen drenaje al igual que un manejo especial para el control de la salinidad, en este grupo de agua no se tienen riesgos de sodio intercambiable. En la tabla N° 20 se presentan los resultados que se obtuvieron del diagrama de Wilcox y en la figura N° 22 se muestra dicho diagrama.

No. de Muestra	No. y tipo de Aprovechamiento	Clasificación del agua (Wilcox)
1	1.- Pozo	C4-S1
2	2.- Pozo	C4-S1
3	5.- Pozo	C4-S1
4	10.- Pozo	C4-S1
5	13 - Pozo	C4-S1
6	17.- Pozo	C4-S2
7	18.- Manantial La Virgen	C4-S1
8	19.- Manantial El Antrisco	C3-S1
9	22.- Manantial La Azufrosa	C4-S2
10	23.- Manantial San Joaquin	C4-S2
11	25.- Manantial Las Cuatas	C4-S2
12	26 - Pozo	C4-S1
13	28.- Pozo	C4-S1
14	29.- Pozo	C4-S1
15	31.- Pozo	C4-S2
16	32.- Pozo	C3-S1

Tabla N° 20. Clasificación del agua subterránea con relación al uso agrícola

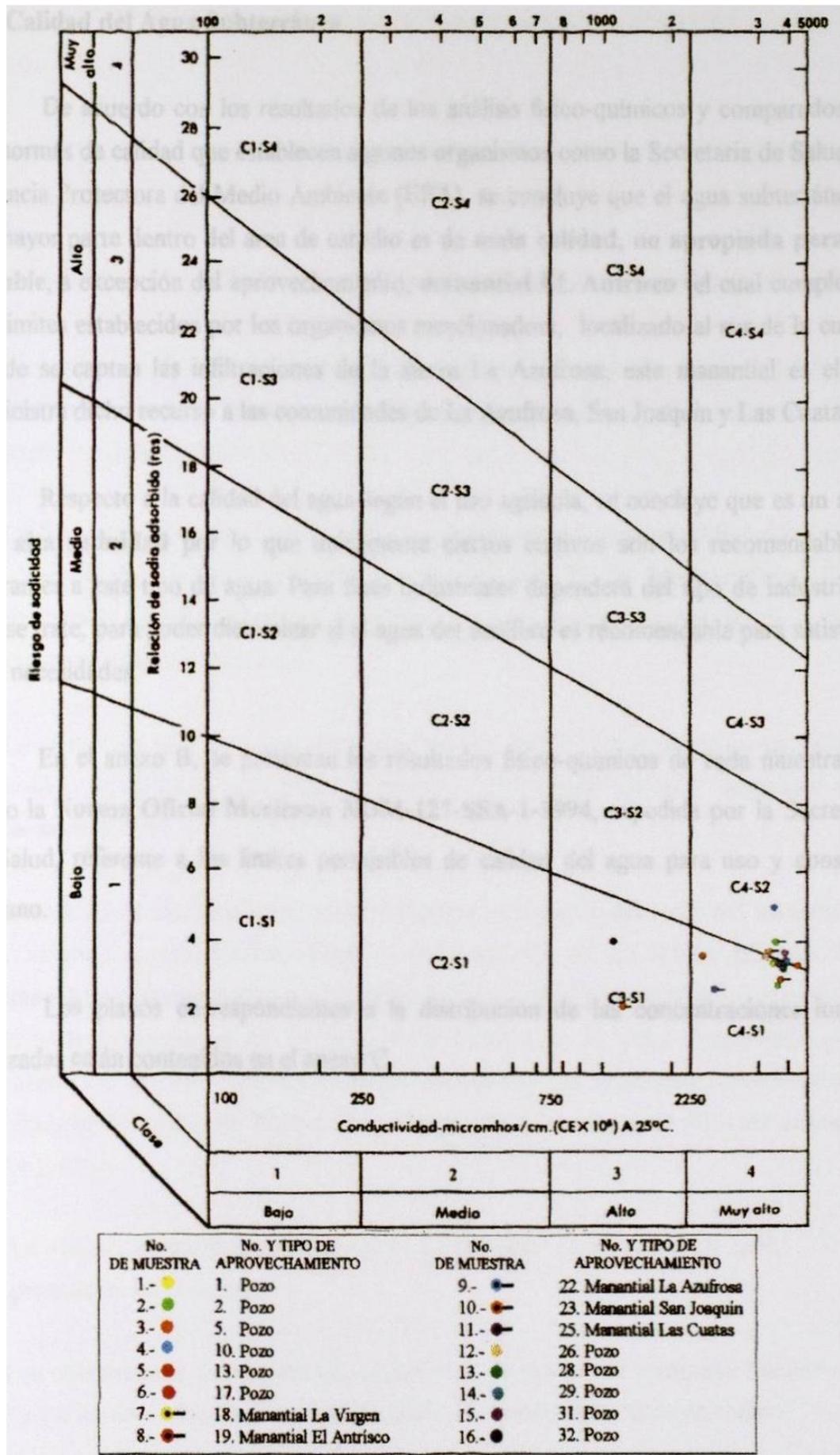


Figura N° 22. Clasificación del agua según uso agrícola, mediante el diagrama de Wilcox

6.7 Calidad del Agua Subterránea

De acuerdo con los resultados de los análisis físico-químicos y comparados con las normas de calidad que establecen algunos organismos como la Secretaría de Salud y la Agencia Protectora del Medio Ambiente (EPA), se concluye que el agua subterránea en su mayor parte dentro del área de estudio es de **mala calidad, no apropiada para uso potable**, a excepción del aprovechamiento, **manantial EL Antrisco** (el cual cumple con los límites establecidos por los organismos mencionados), localizado al sur de la cuenca donde se captan las infiltraciones de la sierra La Azufrosa, este manantial es el que suministra dicho recurso a las comunidades de La Azufrosa, San Joaquín y Las Cuatas.

Respecto a la calidad del agua según el uso agrícola, se concluye que es un **agua con alta salinidad** por lo que únicamente ciertos cultivos son los recomendables y tolerantes a este tipo de agua. Para fines industriales dependerá del tipo de industria de que se trate, para poder dictaminar si el agua del acuífero es recomendable para satisfacer esas necesidades.

En el anexo B, se presentan los resultados físico-químicos de cada muestra, así como la **Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1-1994**, expedida por la Secretaría de Salud, referente a los límites permisibles de calidad del agua para uso y consumo humano.

Los planos correspondientes a la distribución de las concentraciones iónicas analizadas están contenidos en el anexo C.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Mediante los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- 1.- El coeficiente de escurrimiento que rige a la cuenca en estudio, varía de 1.5 % a 2.5 %, predominando en la misma el tipo de vegetación halofila (55.4 % matorral, 43.3 % chaparral y 1.3 % agricultura).
- 2.- La litología que conforma la superficie del terreno en la cuenca de Paredón-Icamole está constituida por los siguientes materiales: 48.3 % de lutita-arenisca, 7.9 % conglomerado y 43.8 % aluvión. Las estructuras que forman el parteaguas de la cuenca tienen una orientación este-oeste.
- 3.- La estructura geológica que forma a la cuenca de Paredón-Icamole es un anticlinal erosionado constituido por lutitas y areniscas del Grupo Difunta, originado en el Cretácico Superior.
- 4.- El acuífero se clasificó como semiconfinado (a excepción del lecho del río Salinas el cual funciona como acuífero libre) y se desarrolla en la unidad hidrogeológica compuesta por depósitos aluviales (arenas y gravas, edad geológica del Cuaternario) y en la zona de alteración de las rocas sedimentarias de un delta progradante que lo subyacen. De acuerdo con los estudios realizados, los espesores aproximados del aluvión, son del orden de 20 m en la parte este de la cuenca y de 40 a 60 m hacia el centro y oeste.
- 5.- La dirección preferencial del flujo subterráneo es de oeste a este, con una componente de sur a noreste.
- 6.- Los abatimientos medios anuales registrados en el período analizado fluctúan entre 0.70 y 1.0 m, dependiendo de la concentración de aprovechamientos en el área.

7.- La descarga anual total aproximada del acuífero, a través de los aprovechamientos registrados es de 12.927 mill m³, de los cuales 12.503 mill m³ corresponden a 16 pozos, 409 960 m³ a 6 manantiales y 14 040 m³ a 2 papalotes.

8.- La recarga anual total estimada del acuífero es de 12.70 mill m³, compuesta por 9.14 mill m³ originados por la infiltración de escurrimientos superficiales y 3.56 mill m³ por flujo subterráneo.

9.- La recarga del acuífero presenta tres probables orígenes: uno debido a la infiltración reciente de escurrimientos superficiales en un medio granular y fracturado (manantiales en las partes bajas de las sierras y lecho del río Salinas), otro por medio del flujo subterráneo mediante el contacto con otra cuenca subterránea (flujo horizontal y vertical) y el último por medio de la circulación de agua subterránea, a temperaturas y presiones muy altas, cerca de alguna capa magmática (cuerpo intrusivo).

10.- La principal área de recarga del acuífero se localiza en el lecho del río Salinas, mediante el cual se genera una infiltración del escurrimiento superficial, principalmente en época de lluvia (meses de mayo y septiembre).

11.- El acuífero se encuentra en equilibrio, con probabilidades de localizar nuevos aprovechamientos para su explotación; pero garantizando una política de extracción que no afecte en gran medida las condiciones actuales del mismo.

12.- De acuerdo con la clasificación según Piper, el agua que constituye al acuífero se clasifica como Mixta-Sulfatada-Clorurada en la mayoría de los aprovechamientos muestreados, a excepción de los manantiales El Antrisco y La Virgen; el primero presenta una clasificación de agua Mixta-Mixta-Clorurada y el segundo de Mixta-Bicarbonatada-Cálcica. Es importante mencionar que sólo un aprovechamiento (manantial El Antrisco) del total de los registrados, presenta valores menores de concentración de iones mayoritarios a los permitidos por la Secretaría de Salud (Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1-1996).

13.- Para la clasificación del agua de acuerdo al uso agrícola, mediante la aplicación del método de Wilcox, se determinó que 5 aprovechamientos de los 16 muestreados presentan una clasificación de C4-S2 (aguas de contenido muy alto de sales y de contenido medio de sodio) 10 aprovechamientos se clasifican como C4-S1 (aguas de contenido muy alto de sales y de contenido bajo de sodio) y sólo un aprovechamiento

presenta la clasificación de C3-S1 (aguas de contenido alto de sales y contenido bajo de sodio).

14.- El escurrimiento superficial que drena la cuenca de Predón e Icamole (río salinas) arrastra una gran cantidad de contaminantes provenientes de la cuenca adyacente (Saltillo-Paredón) debido al paso por varias ciudades del estado de Coahuila, las cuales contribuyen a incrementar el grado de contaminación de dicho escurrimiento (entre ellas las ciudades de Saltillo y Ramos Arízpe). Esto se infiere que repercute en el alto contenido de sólidos totales disueltos registrados en el agua que constituye el acuífero, particularmente en la parte noroeste de la cuenca, (valores que van de 3000 a 3500 mg/l) lugar por donde el río Salinas inicia el drenado de la misma.

15.- En la mayor parte del valle, las aguas contienen cantidades de sodio que van de 250 a 350 mg/l, y de sulfatos de 160 a 1700 mg/l, la mayor concentración se registra en los aprovechamientos situados al noreste de la cuenca y los valores mínimos en los manantiales de El Antrisco y La Virgen (160 y 200 mg/l respectivamente).

16.- La variación de temperatura registrada en la mayoría de los aprovechamientos muestreados fue de 23 a 30 °C, los valores máximos se registraron en los manantiales de la Azufrosa y San Joaquín, los cuales fluctúan entre 40 y 45° C.

7.2 Recomendaciones

a).- Hacer del conocimiento de los habitantes de las rancherías localizadas en la cuenca de Predón e Icamole, la información recopilada referente a la calidad del agua que guarda el acuífero, que satisface las necesidades de dichas poblaciones (uso doméstico, agrícola y ganadero), esto con el fin de prevenir el uso inadecuado del agua en dichas actividades, considerando que el agua es potable en un sólo aprovechamiento (manantial de El Antrisco) localizado al sur de la cuenca.

b).- Es necesario realizar la construcción de un depósito que almacene temporalmente los escurrimientos generados por los manantiales de La Azufrosa, Las Cuatas y el de San Joaquín, el cual permita efectuar un tratamiento de saneamiento del agua para después emplearla en el riego de cultivos.

c).- Continuar con la medición de los niveles estáticos y dinámicos de los aprovechamientos registrados en la cuenca, por lo menos cada seis meses, con el fin de aumentar la información que permita un planteamiento de parámetros que justifiquen una explotación adecuada y una propuesta bien definida de la localización de nuevos aprovechamientos.

d).- Se deberá considerar la información que se genere mediante pruebas de bombeo y de aforo que en un futuro se realicen, lo mismo que la perforación de nuevos aprovechamientos en la cuenca, lo que obligará a realizar trabajos de nivelación para las cotas topográficas de los brocales que no cuenten con ella, los cuales pudiesen incorporarse a un próximo estudio más detallado del acuífero.

e).- Realizar estudios de investigación con el suficiente detalle que permitan obtener resultados actualizados de los que se integran en el presente trabajo, lo cual podrá dar líneas generales para la modelación del acuífero y establecer políticas de extracción durante los períodos subsecuentes.

f).- Efectuar un estudio de la calidad del agua del escurrimiento del río Patos, a la salida de la ciudad de Saltillo y de Ramos Arízpe (estado de Coahuila) y otro a la salida de la cuenca de Paredón-Icamole (estado de Nuevo León) para conocer la proporción de los contaminantes que se pierden durante el recorrido del escurrimiento a través de la región, de forma que se pueda estimar el grado de contaminación que afecta dicho escurrimiento a la calidad del agua que constituye el acuífero, no sólo en la cuenca de Paredón e Icamole si no también en la cuenca de Saltillo-Paredón. Esto permitirá plantear nuevos parámetros para la remediación (si es el caso) del acuífero.

g).- Realizar un estudio más específico y detallado de las formaciones geológicas que se infiere están correlacionadas con la posible recarga vertical del acuífero, mediante una falla regional localizada en la parte norte de la cuenca y que se cree tiene una influencia, en escala regional, en el comportamiento del agua subterránea.

h).- Es justo y necesario, que los campesinos y los agricultores de la cuenca de Paredón e Icamole conozcan con detalle el grado de explotación que se tiene del acuífero, para lo cual se recomienda, una vez enterada la Comisión Nacional del Agua (CNA) de los resultados del presente trabajo, que este organismo, en su carácter de autoridad legislativa, referente a los derechos y usos del agua, realice actividades que tengan como

fin informar y concientizar a los usuarios acerca del comportamiento hidráulico del acuífero, qué tiene actualmente y qué se espera que tenga en años subsecuentes.

i).- Considerando la clasificación del agua, para uso agrícola, mediante el método de Wilcox, es recomendable seleccionar cultivos que de acuerdo con la clasificación que constituye el agua del acuífero, sean resistentes a la salinidad y se apliquen en las áreas localizadas al oeste y noroeste de la cuenca en donde predominan los suelos con buen drenaje.

BIBLIOGRAFIA

- AIH-AGM-CNA.** 1994. " El Agua Subterránea en el Desarrollo Sostenible". Memorias del Congreso Internacional de Hidrogeología. Veracruz, Ver.
- ALHSUD.** 1996. "Memorias del 3er. Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea". UNAM-UASLP. México, D. F.
- AMBIO.** 1988. El Agua. Ed. Blume S. A. Barcelona, España.
- Anderson II B. D. y Aguilera V. M.** 1985. Push Faults, a Conceptual Model for Groundwater Exploration in the Sierra Madre Oriental Foreland, México. Zbl. Geol. Paläon. Teil I, Stuttgart.
- Aparicio M. J.** 1993. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa Noriega Editores, 2ª Reimpresión, México, D. F.
- Campos A. D.** 1992. Procesos del Ciclo Hidrológico. Ed. Universitaria Potosina, 2ª Reimpresión, S. L. P.
- CASSA, Consultores en Agua Subterránea S. A.** 1981. "Estudio Hidrogeológico en el municipio de Villa de García, N. L.". Gobierno del Estado de Nuevo León, México.
- CNA, Gerencias Estatales de Nuevo León y de Coahuila.** 1955-1996. "Información de Estaciones Climatológicas Localizadas en los dos Estados". Banco de datos de Temperatura, Precipitación y Evaporación.
- CFE-GEIC, Hidrometeorología.** 1996. Boletines Meteorológicos correspondientes a los meses de enero, mayo, septiembre y noviembre de 1996, en el noreste de México. México D. F.

- Cochran W. y Fenner P.** 1980. Geo-Escritura, una guía para escribir, editar e imprimir en las Ciencias de la Tierra. 1ª Edición en español, editado por CFE, por cortesía de American Geological Institute. México, D. F.
- Conde R. R. y Palacios B. F.** 1995. Apuntes de Hidrología Urbana. Editado por el IIC de la UANL. Monterrey, N. L.
- Cuevas L. Antonio.** 1988. "Análisis de Subsistencia e Historia Térmica en la Cuenca de Sabinas". Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, volumen XXXVI, N° 2. México D. F.
- Custodio J. E. y Llamas R.** 1976. Hidrología Subterránea. Tomo I y II, Ed. Omega Barcelona, España.
- Chavez G. R.** 1992. "La Contaminación de las Aguas Subterráneas". Apuntes del IV Curso Internacional de Geohidrología y Contaminación de acuíferos, FI-UNAM, México, D. F.
- Davis S. N. y de Wiest R.** 1971. Hidrogeología. Ed. Ariel, Barcelona, España. .
- Danell S. J.** 1998. "El Costo de la Sequía". Artículo de la revista Expansión, p. 110-113, México, D. F.
- Gary G. G. y Chris A. J.** 1995. "Structural and Tectonic Evolution of the Sierra Madre Oriental, whit emphasis on the Saltillo-Monterrey Corridor". Memorias de la Convención Anual de la Asociación Americana de Geólogos Petroleros. Houston, TX.
- González G. R.** 1974. "Probabilidades de la Ocurrencia de la Lluvia Anual en el Noreste de México" Boletín de la División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas del ITESM. Monterrey, N. L.

- FI-UNAM.** 1972. Introducción a la Fotointerpretación. Ed. Universitaria, 1ª Impresión, México, D. F.
- INEGI.** 1992. Guía para la Interpretación de Cartografía Geológica. Ed. INEGI, 2ª Edición, México, D. F.
- INEGI.** 1976-1986. "Cartas de Topografía, Hidrología Superficial, Geología, Edafología, Uso de Suelo, de Agua Subterránea y Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León". Ed. INEGI, México, D. F.
- INSISA.** 1972. "Estudio Geohidrológico del Estado de Nuevo León". Informe existente en el Instituto de Ing. Civil U.A.N.L. Tomo V. Monterrey, N. L.
- ITESM.** 1985. "Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Agricultura". Memorias del ciclo Internacional de Conferencias, ITESM-CONACYT, Monterrey, N. L.
- Krynine P. D. y Judd R. W.** 1961. Principles of Engineering Geology and Geotechnics. Ed. McGraw-Hill Book Company, New York, N. Y.
- Ojeda C. A.** 1994. Explotación Futura del Acuífero de Caborca Sonora. Tesis Mtría. En el IIC de la U.A.N.L. Monterrey, N. L.
- Orellana S. E.** 1967. Diccionario de Ciencias de la Tierra. Ed. Blume, Madrid, España.
- Ortiz A. R.** 1996. Glosario Geohidrológico. Ed. Universitaria Potosina, S. L. P.
- Padilla H. y Sánchez M.** 1982. The Sierra Madre Oriental between Linares, Concepcion del Oro, Saltillo and Monterrey Mexico. 217 pp. Doct. Diss, The Univ. of Texas, Austin Tx.
- Pearl M. R.** 1977. Geología. Ed. CECSA, 7ª Impresión, México, D. F.

- PPH S. A.** 1995. "Perforación en Gravas y Arenas". Apuntes de Perforación. Guanajuato, México.
- Raudel A.** 1979. Geología. Ed. Montaner y Simón, S. A., 1ª Reimpresión en español, Barcelona, España.
- Rodríguez M. J. M.** 1992. "Características hidrogeoquímicas del acuífero conglomerado Sabinas-Reynosa en la parte noreste del estado de Coahuila". Artículo de la revista Geomet, México, D. F.
- Rodríguez M. J. M.** 1995. "Características hidrogeoquímicas regionales de los acuíferos en las formaciones Wilcox, Carrizos y Bigford en la Sub-Cuenca Colombia-San Ignacio, en los estados de Nuevo León y Tamaulipas". V Congreso Nacional de Geoquímica, sep. 18-22. Guanajuato, Gto.
- Romero A. H.** 1991. "Bases para un Programa de Saneamiento Rural". Apuntes del IV Curso Internacional de Geohidrología y Contaminación de acuíferos, FI-UNAM, México, D. F.
- Secretaría de Salud.** 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Ed. Diario Oficial de la Federación, 1ª Sección, México, D. F.
- Servicio de Conservación de Suelos, E. U. A.** 1972. Principios del Avenamiento o Drenaje. Ed. Diana, 1ª Impresión en español, México, D. F.
- Snoeyink L. V. y Jenkis D.** 1990. Química del Agua. Ed. Limusa, México, D. F.
- Tardy M., Longoria F. y Mitre M.** 1975. "Observaciones generales en la estructura de la Sierra Madre Oriental: La Aloctonia del conjunto Cadena Alta-Altiplano Central, entre Torreón, Coahuila y San Luis Potosí, S. L. P. México". Artículo de la revista del Inst. de Geol. UNAM, p. 1-11, México D. F.
- Walton C. W.** 1970. Groundwater Resource Evaluation. Ed. McGraw-Hill Book Company, New York, N. Y.

ANEXOS

ANEXO A

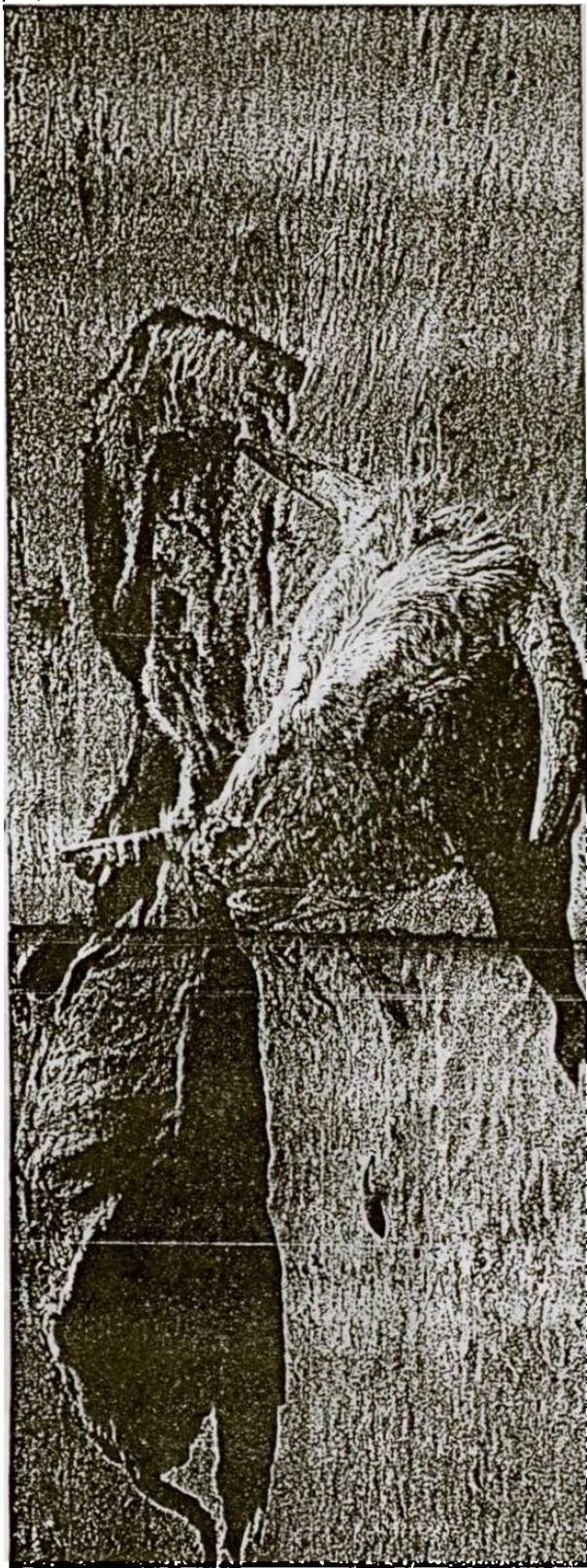
- * ARTÍCULO DE LOS ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA ALIMENTICIA, ORIGINADA POR EL PERÍODO DE SEQUÍA EN MEXICO**
- * TABLAS DE RESULTADOS DE HIDROLÓGIA SUPERFICIAL**
- * GRÁFICAS DE INTERPRETACIÓN DE PRUEBA DE BOMBEO**

*** ARTÍCULO DE LOS ANTECEDENTES DE LA
PROBLEMÁTICA ALIMENTICIA, ORIGINADA POR
EL PERÍODO DE SEQUÍA EN MEXICO**

El costo de la sequía

por Juan Danell Sanchez

Tras la larga sequía, el gobierno subsidiara con mas de \$600 millones de dolares la comercialización de alimentos para evitar que se disparen los precios al consumidor, mientras se regulara la producción del campo ¿Y despues?



Estas alturas del año el hato no de que empiecen las lluvias en una parte del territorio nacional, es garantía para el país para los productores y consumidores de alimentos de que los problemas ocasionados por la sequía se acabaron. El trío entrevistados, el primero y el segundo, al decir que se acabaron los problemas de granos a la importación de granos y carne.

En esta medida, que le costara a México en otras conservadoras oficiales alrededor de \$600 millones de dólares el monto del subsidio a la comercialización de bá-

cos), se pretende garantizar el abasto y mantener invariables los precios de los principales alimentos básicos, mientras que se aseguran resumiendo en menos y bolsillos. En la medida de la importancia del problema se fomenta una danza de cifras y estadísticas proporcionadas por autoridades y productores. Cada quien en su versión, de acuerdo con sus intereses. Pero mas allá de interpretaciones, la realidad muestra el poder de compra de los consumidores.

Así, por ejemplo, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagar) estima que ha-

se de \$2 20 a \$2 60 pesos, como parte de los efectos del fenómeno natural, mientras que se aseguran resumiendo en menos y bolsillos. En la medida de la importancia del problema se fomenta una danza de cifras y estadísticas proporcionadas por autoridades y productores. Cada quien en su versión, de acuerdo con sus intereses. Pero mas allá de interpretaciones, la realidad muestra el poder de compra de los consumidores.

Así, por ejemplo, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagar) estima que ha-

La el mes de mayo la sequía ocasiona no daños a la agricultura que se producen en una mil de 10% (2 2 millones de toneladas en la producción de los dos granos más importantes para México) maíz y frijol. Esta sequía es el resultado de un fenómeno que se registró en el sector agrícola en su conjunto, por la falta de lluvias.

En el caso de la ganadería, la dependencia calcula que en los últimos cinco años acumuló un adelgazamiento de sus existencias de 30%, en términos globales (lo que

significa alrededor de seis millones de reses).

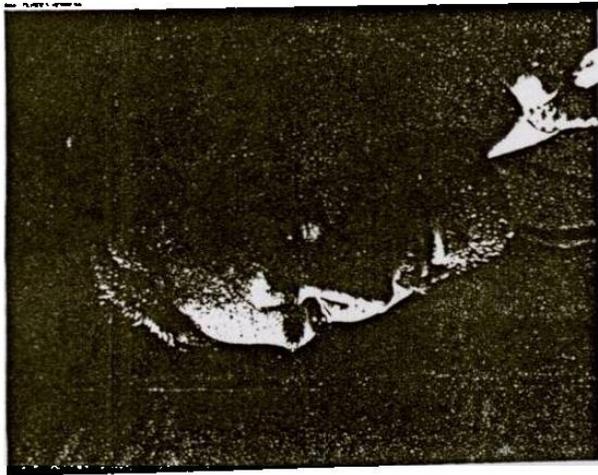
SACRIFICIO OBLIGADO

Para los productores, la situación es otra. José Bonilla, dirigente de la Confederación Nacional de Productores Rurales (CNP), asegura que en el presente año la producción de granos registrará una de las caídas más severas de la historia, debido a que por falta de lluvias se dejó de sembrar más de un millón de hectáreas de maíz, que significan alrededor de cuatro millones de toneladas de este grano.

es decir, el doble de lo que estima la Sagar.

Información de la Confederación Nacional Ganadera (CNG), precisa que sólo en 1998 que vio el año, debido a lo severo de la sequía, los ganaderos se vieron obligados a matar el rastro 10% del hato nacional, equivalente a 2 millones de reses. Básicamente se sacrificaron y se siguen enviando al matadero animales jóvenes y vacas, que son los que reanjen menos la escasez de alimento.

Esto último significa que el hato nacional se redujo a poco menos de



GURRIA:
En el sector ganadero, las importaciones son un factor de crecimiento y solidez productiva

18 millones de bovinos. Y aun no llueve en los principales estados ganaderos del norte del país, ni en el trópico húmedo, lo cual significa que los productores continuarán vendiendo sus animales antes de que se les mueran de inanición.

Comparado con la agricultura, en el sector ganadero el problema es más grave, porque mientras en los cultivos los ciclos productivos aun da seis meses —los más largos, como el caso del maíz—, en la ganadería se requiere por lo menos de 18 meses para llevar el sacrificio a una res.

Caba mencionar que en el país se practican tres tipos de ganadería, en una superficie de 80 millones de hectáreas: extensiva, en estados áridos y semáridos, como Chihuahua, Sonora, Durango, Coahuila y Nuevo León, donde una vaca requiere de hasta 60 hectáreas para alimentarse; pastoreo, en

ran". Considera que los ganaderos tendrán una gran ventaja, pues el maíz en el mercado internacional tiene un precio de \$95 dólares la tonelada, mientras que en México es de \$154 dólares.

Afirma que la única razón por la cual puede haber escasez de grano en el país es que se elevare el precio en el mercado internacional por encima de la cotización interna.

Esta tesis la apoyó en el hecho de que el promedio histórico del valor del maíz en el ámbito mundial es de \$105 dólares la tonelada, y sólo una devaluación del peso podría invertir esa relación de precios entre el mercado externo y el interno.

Además, sostiene que el crecimiento de las importaciones no hace más vulnerable la soberanía de México; al contrario, en el sector ganadero son un factor de crecimiento y solidez productiva, sobre todo porque permiten a los productores proveerse de alimentos baratos para sus animales.

Sin embargo, el subsecretario admite que 20% (más de 900,000 toneladas) del mercado nacional de carne de res está dominado por los derivados cárnicos que se importan fundamentalmente de Estados Unidos. "pero nuestros ganaderos han sabido vivir con eso y están haciendo las adecuaciones para poderlo contrarrestar", indicó.

El optimismo del funcionario se sustentó en la concepción de desarrollo globalizador, que, en resumen, urge a cambiar la mentalidad de la sociedad y las políticas económicas. Aunque hay que recordar que el mismo Gurria informó algunas veces que sólo 15% de la ganadería nacional está altamente tecnificada y tiene niveles de competitividad internacional, mientras 40% está en proceso de adquirir tecnologías más productivas y el restante 45% está rezagado.

No obstante la disparidad de esas cifras y que el halo nacional —y por tanto la producción de carne— se desplomó 30% en los últimos cinco años como resultado del estancamiento del país, el funcionario destaca que el sector ganadero del país registra un crecimiento anual de 2.2% desde 1990.

Pese a estas calamidades, insiste

en que la sequía permitirá al sector ganadero modernizarse, acortar los ciclos productivos a 18 meses y reducir los plazos para recuperar las inversiones de 20 a ocho o 10 años; además de que está activando la exportación de becerros: 670,000 becerros en seis meses, mientras que en todo 1997 fue de 465,000 animales.

MENTRAS PASA LA SEQUÍA

El gobierno federal, a través de la Sagar, subsidiará los granos (maíz, sorgo y trigo, fundamentalmente) que se utilizan en la producción de alimentos balanceados para el ganado, sólo mientras pasa la contingencia de la sequía, para detener la elevación de los precios de los productos pecuarios, leche, carnes y huevo, y con ello la inflación. Pero eso es sólo mientras se regulariza la producción agrícola, es decir, de cuatro a seis meses más. Después vendrá el juego del libre mercado, donde los precios de esos alimentos y será la oferta y la demanda lo que regule su valor comercial.

En este punto cabe señalar que, de acuerdo con investigaciones de la Asociación Mexicana de Estudios para la Defensa del Consumidor (Amedeci), en los últimos tres años el consumo de carne de res se ha contraído 35% debido a la pérdida del poder de compra de los salarios.

Con base en esas investigaciones se puede señalar que después de un periodo de sequía, los precios de los productos pecuarios tienden a elevarse, porque disminuye el número de reses en producción y, por tanto, la oferta de carne.

Para evitar que se dispare el precio de esos alimentos se tendrían que incrementar las importaciones en el mismo porcentaje en que disminuya la producción nacional.

Pero ello significa, también, un obstáculo para la recuperación de la producción interna, debido a que los ganaderos tendrán que competir en un mercado desigual, puesto que la carne que se compra en el exterior es más barata y el consumidor, ante la depresión de su poder de compra, sacrifica la calidad por el precio. □

*** TABLAS DE RESULTADOS DE HIDROLOGÍA
SUPERFICIAL**

DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACION

CUENCAS PAREDON-CAMOLE, CHUPADERO DEL INDIO Y CARRIZOS

Nº y Nombre de Cuenca	Precipitación media anual (mm)	Área de influencia (km ²)	Temperatura media anual (°C)	Método de Turc		Vol. de ETR m ³	Método de Coutage		Vol. de ETR m ³	Vol. de lluvia m ³
				(L)	ETR (mm)		(x)	ETR (m)		
Cuenca 1, Paredón-Icamole Est. Chupadero del Indio Est. Icamole	212	132.80	19.80	1183.120	190.800	25.338E+6	0.280	0.201	26.746E+6	28.154E+6
	205	38.50	20.90	1278.966	184.500	7.103E+6	0.268	0.195	7.498E+6	7.893E+6
				Sumatoria		32.441E+6			34.244E+6	36.046E+6
Cuenca 2, Chup. del Indio Est. Chupadero del Indio Est. Icamole	212	127.70	19.80	1183.120	190.800	24.365E+6	0.280	0.201	25.719E+6	27.072E+6
	205	5.70	20.90	1278.966	184.500	1.052E+6	0.268	0.195	1.110E+6	1.169E+6
				Sumatoria		25.417E+6			26.829E+6	28.241E+6
Cuenca 3, Carrizos Est. Icamole	205	82.60	20.90	1278.966	184.500	15.240E+6	0.268	0.195	16.086E+6	16.933E+6
				Sumatoria		15.240E+6			16.086E+6	16.933E+6

Método de Turc:

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

donde:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

ETR = Evapotranspiración en mm.

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media en °C

L = Coeficiente de corrección adimensional

Método de Coutage:

$$ETR = P - XP^2$$

donde:

$$X = 1 / 0.8 + 0.14 T$$

ETR = Evapotranspiración en m.

P = Precipitación media anual en m.

T = Temperatura media en °C

X = Coeficiente de corrección adimensional

DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION

CUENCA 4, SALTILLO-PAREDON

N° y Nombre de la Estación	Precipitación media anual (mm)	Área de influencia (km ²)	Temperatura media anual (°C)	Método de Turc		Vol. de ETR m ³	Método de Coutage		Vol. de ETR m ³	Vol. de lluvia m ³
				(L)	ETR (mm)		(x)	ETR (m)		
1.- Carneros	400	284.70	15.40	867.613	379.227	107.966E+6	0.338	0.346	98.470E+6	113.880E+6
2.- Gral. Cepeda	359	723.20	18.80	1102.234	323.100	233.666E+6	0.291	0.359	259.369E+6	259.629E+6
3.- San Juan de la Vaquería	459	695.80	17.10	977.511	433.620	301.713E+6	0.313	0.393	273.476E+6	319.372E+6
4.- Huachichil	666	110.80	14.50	814.931	531.883	58.933E+6	0.353	0.509	56.427E+6	73.793E+6
5.- La Rosa	381	1895.90	17.50	1005.469	372.959	707.093E+6	0.308	0.381	721.616E+6	722.338E+6
6.- Saltillo	351	591.20	18.10	1048.987	348.919	206.281E+6	0.300	0.351	207.304E+6	207.511E+6
7.- Arteaga	336	305.90	17.10	977.511	332.992	101.862E+6	0.313	0.336	102.680E+6	102.782E+6
8.- Tunal	404	237.50	15.10	849.648	380.710	90.419E+6	0.343	0.348	82.647E+6	95.950E+6
9.- Jarre	466	68.70	12.10	691.078	400.374	27.506E+6	0.401	0.379	26.032E+6	32.014E+6
10.- Ciénega de la Purísima	837	8.90	15.50	873.694	620.807	5.523E+6	0.337	0.601	5.350E+6	7.449E+6
11.- Ramos Anzpe	303	713.70	22.40	1421.971	272.700	194.626E+6	0.254	0.303	216.035E+6	216.251E+6
12.- Alto de Nonas	284	2214.50	18.80	1102.234	255.600	566.026E+6	0.291	0.284	628.289E+6	628.918E+6
13.- Chupadero del Indio	210	344.80	19.80	1183.120	189.000	65.167E+6	0.280	0.210	72.336E+6	72.408E+6
14.- Icamole	203	110.80	20.90	1278.966	182.700	20.243E+6	0.268	0.203	22.470E+6	22.492E+6
15.- Ejido Reata	232	640.90	20.30	1225.771	208.800	133.820E+6	0.275	0.232	148.540E+6	148.689E+6
16.- La Popa	244	158.70	20.90	1278.966	219.600	34.851E+6	0.268	0.244	38.684E+6	38.723E+6
17.- Santa Teresa	351	819.10	20.20	1217.120	315.900	258.754E+6	0.276	0.351	287.217E+6	287.504E+6
Sumatorias						3.1114449E+9			3.246941E+9	3.349704E+9

Método de Turc:

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

donde:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

ETR = Evapotranspiración en mm.

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media en °C

L = Coeficiente de corrección adimensional

Método de Coutage:

$$ETR = P - XP^2$$

donde:

$$X = 1 / 0.8 + 0.14 T$$

ETR = Evapotranspiración en m.

P = Precipitación media anual en m.

T = Temperatura media en °C

X = Coeficiente de corrección adimensional

GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS

La clasificación de estos suelos es la propuesta por el U. S. Soil Conservation Service, la cual se basa en el potencial de escurrimiento del suelo, mediante la determinación del parámetro de la velocidad de infiltración.

GRUPO A: (Bajo potencial de escurrimiento). Suelo que tiene altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente en arenas y gravas profundas, con bueno o excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.

GRUPO B: Suelos con moderadas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas a gruesas, con drenaje medio y algo profundos. Son básicamente suelos arenosos.

GRUPO C: Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente en suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.

GRUPO D: (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de infiltración del agua.

**NUMEROS N DE LA CURVA DE ESCURRIMIENTO PARA LOS COMPLEJOS
HIDROLOGICOS SUELO-COBERTURA, EN ZONAS AGRICOLAS
Y CUENCAS RURALES**

(Para cuencas en condición II e $I_a = 0.25$)

C O B E R T U R A			GRUPO HIDROLOGICO DE SUELOS			
USO DEL TERRENO	TRATAMIENTO O PRACTICA	CONDICION HIDROLOGICA	A	B	C	D
			BARBECHO.	Surco recto	Pobre	77	86	91	94
CULTIVOS EN SURCO.	Surco recto	Pobre	72	81	88	91
	Surco recto	Buena	67	78	85	89
	Surco a nivel	Pobre	70	79	84	88
	Surco a nivel	Buena	65	75	82	86
	Surco a nivel y terrazo	Pobre	66	74	80	82
	Surco a nivel y terrazo	Buena	62	71	78	81
CEREALES FINOS.	Surco recto	Pobre	65	76	84	88
	Surco recto	Buena	63	75	83	87
	Surco a nivel	Pobre	63	74	82	85
	Surco a nivel	Buena	61	73	81	84
	Surco a nivel y terrazo	Pobre	61	72	79	82
	Surco a nivel y terrazo	Buena	59	70	78	81
LEGUMBRES (Sembrados con maquinaria o al volteo) O ROTACION DE PRADERA	Surco recto	Pobre	66	77	83	89
	Surco recto	Buena	58	72	81	85
	Surco a nivel	Pobre	64	75	83	85
	Surco a nivel	Buena	55	69	78	83
	Surco a nivel y terrazo	Pobre	63	73	80	83
	Surco a nivel y terrazo	Buena	51	67	76	80
PRADERA NATURAL Y PASTIZAL		Pobre	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Surco a nivel	Pobre	47	67	81	88
	Surco a nivel	Regular	25	59	73	83
	Surco a nivel	Buena	6	35	70	79
PRADERA PERMANENTE		Buena	30	58	71	78
BOSQUE		Pobre	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
CASCOS DE HACIENDA			59	74	82	86
CAMINOS DE TIERRA (1)			72	82	87	89
CAMINOS CON PAVIMENTOS Duros(1)			74	84	90	92
SUPERFICIE IMPERMEABLE			100	100	100	100

(1) Incluyendo el derecho de vía.

D-3

TABLA A

Uso de la tierra y cobertura	Tratamiento del suelo	Pendiente del terreno, en %	Tipo de suelo			
			A	B ⁻	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos	.	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	> 1	72	81	88	91
	Surcos rectos	< 1	67	78	85	89
	Contorneo	> 1	70	79	84	88
	Contorneo	< 1	65	75	82	86
	Terrazas	> 1	66	74	80	82
	Terrazas	< 1	62	71	78	81
	Cereales	Surcos rectos	> 1	65	76	84	88
Surcos rectos		< 1	63	75	83	87
Contorneo		> 1	63	74	82	85
Contorneo		< 1	61	73	81	84
Terrazas		> 1	61	72	79	82
Terrazas		> 1	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	> 1	66	77	85	89
	Surcos rectos	< 1	58	72	81	85
	Contorneo	> 1	64	75	83	85
	Contorneo	< 1	55	69	78	83
	Terrazas	> 1	63	73	80	83
	Terrazas	< 1	51	67	76	80
Pastizales	.....	> 1	68	79	86	89
	.....	< 1	39	61	74	80
	Contorneo	> 1	47	67	81	88
	Contorneo	< 1	6	35	70	79
Pradera permanente	.....	< 1	30	58	71	78
Bosques naturales						
Muy ralo	.....	—	56	75	86	91
Ralo	.....	—	46	68	78	84
Normal	.....	—	36	60	70	77
Espeso	.....	—	26	52	62	69
Muy espeso	.....	—	15	44	54	61
Caminos						
De terracería	.....	—	72	82	87	89
Con superficie dura	.....	—	74	84	90	92

TABLA B

DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS I-D-Tr

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 hrs.

ESTACION : Chupadero del indio

MUNICIPIO Y ESTADO: García, Nuevo León

No de REGISTRO	AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 hrs. (mm)	Xi ²	(Xi - X) ²
1	1981	54.3	2948.5	858.5
2	1982	41.1	1689.2	1806.3
3	1983	56.0	3136.0	761.8
4	1984	69.5	4830.3	198.8
5	1985	91.0	8281.0	54.8
6	1986	70.0	4900.0	185.0
7	1987	158.0	24964.0	5535.4
8	1988	177.0	31329.0	8723.6
9	1989	102.0	10404.0	338.6
10	1990	68.0	4624.0	243.4
11	1991	77.0	5929.0	43.6
12	1992	81.0	6561.0	6.8
13	1993	97.0	9409.0	179.6
14	1994	28.5	812.3	3036.0
SUMATORIA		1170.4	119817.2	21971.8

No. de Registros: 14

Media (X)= 83.60 mm

S² = 266.00

S = 16.31

.- Cálculo de los valores de α y β por el método de la "Función de Distribución Gumbel" siendo α y β parámetros para muestras pequeñas ($10 < \text{registros} < 100$).

n	μ_y	S _y
10	0.4952	0.9496
14	x	x
15	0.5128	1.0206

Para los 14 datos registrados, se tienen los siguientes valores:

$$\mu_y = 0.5093$$

$$S_y = 1.0064$$

por lo tanto:

$$\alpha = S_y / S = 1.0064 / 16.31 = 0.06171$$

$$\text{entonces: } 1/\alpha = 16.206$$

$$\beta = X - \mu_y / \alpha = 83.60 - 0.5093 / 0.0617 = 75.347$$

2.- Cálculo de la Precipitación de duración de 24 horas y periodo de retorno de 2 años en mm.

$$P_t = \beta - 1 / \alpha \text{LnLn} (T_r / (T_r - 1))$$

$$P_{24} = 75.347 - 16.206 \text{LnLn} 2 = 81.286 \text{ mm}$$

3.- Cálculo de la Precipitación de duración de 60 minutos y periodo de retorno de 2 años en mm.

El cociente R (R = precipitación de duración de 60 minutos y período de retorno de 2 años / precipitación de duración de 24 horas y periodo de retorno de 2 años) se determina considerando el valor de: 0.3882 el cual representa la región que integra las cuencas estudiadas para el balance hidrológico (figura A1).

$$P_{60} = R \times P_{24}$$

$$P_{60} = 0.3882 \times 81.286$$

$$P_{60} = 31.555 \text{ mm.}$$

4.- Cálculo de la precipitación de duración t minutos y periodo de retorno de 2 años, en mm; según la fórmula de F. C. Bell.

$$P_t = (0.35 \text{Ln} T + 0.76) (0.54 t^{0.25} - 0.50) P_{60}$$

$$P_5 = (0.35 \text{Ln} 2 + 0.76)(0.54 \times 5^{0.25} - 0.50) \times 31.555 = 9.73 \text{ mm}$$

$$P_{10} = (0.35 \text{Ln} 2 + 0.76)(0.54 \times 10^{0.25} - 0.50) \times 31.555 = 14.56 \text{ mm}$$

$$P_{20} = (0.35 \text{Ln} 2 + 0.76)(0.54 \times 15^{0.25} - 0.50) \times 31.555 = 20.31 \text{ mm}$$

5.- Cálculo de las intensidades, correspondientes a las precipitaciones determinadas con la formula de Bell.

$$I = \frac{Tr}{t} \times \frac{60}{t} \times P$$

$$I = \frac{2}{5} \times 60 \times \frac{9.73}{15} = 116.74 \text{ mm}$$

$$I = \frac{2}{10} \times 60 \times \frac{14.56}{10} = 87.37 \text{ mm}$$

$$I = \frac{2}{20} \times 60 \times \frac{20.31}{15} = 60.93 \text{ mm}$$

6.- Acontinuación se presenta el complemento del cálculo de las curvas I-D-Tr, de la estación pluviométrica de Chupadero del Indio, de Saltillo y de Icamole. Los tiempo utilizados para determinar la intensidad y duración fueron de 20 y 5 minutos. Con lo resultados obtenidos se procedio a la aplicación del programa Hec-1, mediante el cual se realizo el balance hidrológico.

1.- Parámetros a, b y c en función del cociente lluvia-duración (R)

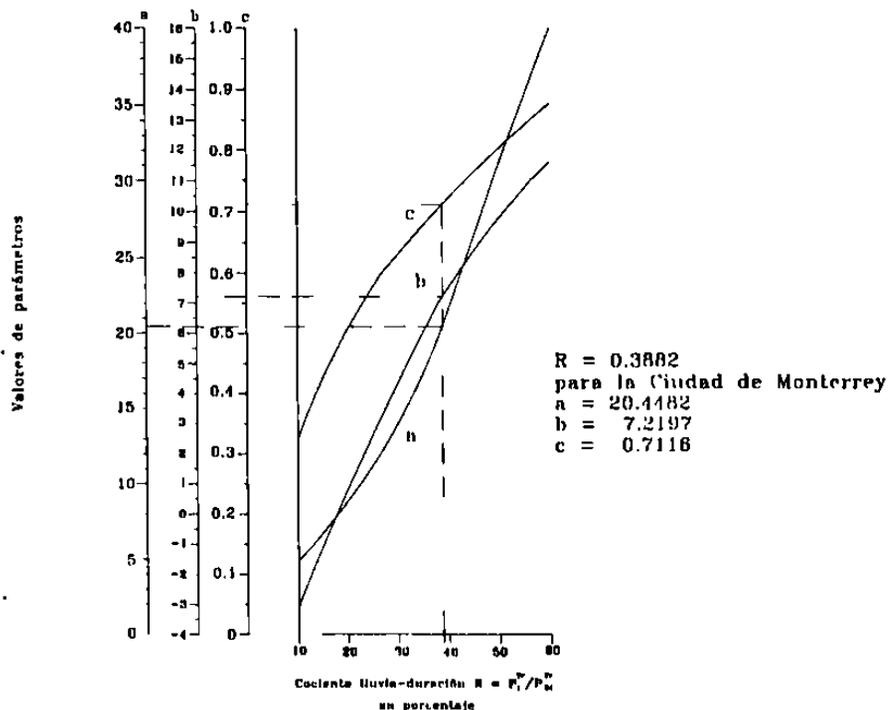


Figura A1. Determinación del cociente R, para la región en estudio (estación Monterrey)

DETERMINACION DE LAS CURVAS I-D-Tr
ESTACION: Icamole MPIO. Y EDO. : García, Nuevo León
Método de F.C. Bell

Período de Retorno de 1 año

Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/hra	Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/hra
5	5.84	70.03	225	30.20	8.05
10	8.74	52.41	230	30.42	7.94
15	10.68	42.72	235	30.64	7.82
20	12.18	36.55	240	30.85	7.71
25	13.43	32.23	245	31.06	7.61
30	14.50	28.99	250	31.26	7.50
35	15.44	26.47	255	31.47	7.40
40	16.28	24.43	260	31.67	7.31
45	17.06	22.74	265	31.86	7.21
50	17.76	21.32	270	32.06	7.12
55	18.42	20.10	275	32.25	7.04
60	19.03	19.03	280	32.43	6.95
65	19.61	18.10	285	32.62	6.87
70	20.16	17.28	290	32.80	6.79
75	20.67	16.54	295	32.99	6.71
80	21.16	15.87	300	33.16	6.63
85	21.63	15.27	305	33.34	6.56
90	22.08	14.72	310	33.52	6.49
95	22.51	14.22	315	33.69	6.42
100	22.92	13.75	320	33.86	6.35
105	23.32	13.32	325	34.03	6.28
110	23.70	12.93	330	34.19	6.22
115	24.07	12.56	335	34.36	6.15
120	24.43	12.22	340	34.52	6.09
125	24.78	11.89	345	34.68	6.03
130	25.12	11.59	350	34.84	5.97
135	25.45	11.31	355	35.00	5.92
140	25.76	11.04	360	35.15	5.86
145	26.08	10.79	365	35.31	5.80
150	26.38	10.55	370	35.46	5.75
155	26.67	10.33	375	35.61	5.70
160	26.96	10.11	380	35.76	5.65
165	27.24	9.91	385	35.91	5.60
170	27.52	9.71	390	36.06	5.55
175	27.79	9.53	395	36.20	5.50
180	28.05	9.35	400	36.34	5.45
185	28.31	9.18	405	36.49	5.41
190	28.56	9.02	410	36.63	5.36
195	28.81	8.86	415	36.77	5.32
200	29.05	8.72	420	36.91	5.27
205	29.29	8.57	425	37.04	5.23
210	29.53	8.44	430	37.18	5.19
215	29.76	8.30	435	37.32	5.15
220	29.98	8.18	440	37.45	5.11

DETERMINACION DE LAS CURVAS I-D-Tr
ESTACION: Icamole MPIO. Y EDO. : García, Nuevo León
Método de F.C. Bell

Período de Retorno de 1 año

Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/hra	Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/hra
445	37.58	5.07	670	42.65	3.82
450	37.71	5.03	675	42.75	3.80
455	37.85	4.99	680	42.85	3.78
460	37.97	4.95	685	42.94	3.76
465	38.10	4.92	690	43.04	3.74
470	38.23	4.88	695	43.13	3.72
475	38.36	4.85	700	43.23	3.71
480	38.48	4.81	705	43.32	3.69
485	38.61	4.78	710	43.41	3.67
490	38.73	4.74	715	43.51	3.65
495	38.85	4.71	720	43.60	3.63
500	38.97	4.68	725	43.69	3.62
505	39.10	4.64	730	43.78	3.60
510	39.22	4.61	735	43.87	3.58
515	39.33	4.58	740	43.97	3.56
520	39.45	4.55	745	44.06	3.55
525	39.57	4.52	750	44.14	3.53
530	39.69	4.49	755	44.23	3.52
535	39.80	4.46	760	44.32	3.50
540	39.92	4.44	765	44.41	3.48
545	40.03	4.41	770	44.50	3.47
550	40.14	4.38	775	44.59	3.45
555	40.26	4.35	780	44.67	3.44
560	40.37	4.33	785	44.76	3.42
565	40.48	4.30	790	44.85	3.41
570	40.59	4.27	795	44.93	3.39
575	40.70	4.25	800	45.02	3.38
580	40.81	4.22	805	45.10	3.36
585	40.91	4.20	810	45.19	3.35
590	41.02	4.17	815	45.27	3.33
595	41.13	4.15	820	45.35	3.32
600	41.23	4.12	880	46.33	3.16
605	41.34	4.10	940	47.26	3.02
610	41.44	4.08	1000	48.14	2.89
615	41.55	4.05	1060	48.99	2.77
620	41.65	4.03	1120	49.80	2.67
625	41.75	4.01	1180	50.58	2.57
630	41.86	3.99	1240	51.33	2.48
635	41.96	3.96	1300	52.05	2.40
640	42.06	3.94	1360	52.75	2.33
645	42.16	3.92	1420	53.42	2.26
650	42.26	3.90	1480	54.08	2.19
655	42.36	3.88	1540	54.71	2.13
660	42.46	3.86	1440	53.65	2.24
665	42.56	3.84			

DETERMINACION DE LAS CURVAS I-D-Tr
ESTACION: Chupadero del Indio MPIO. Y EDO. : García, Nuevo León
Método de F.C. Bell

Periodo de Retorno de 1 año

Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h	Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h
5	7.37	88.49	250	39.50	9.48
10	11.04	66.23	255	39.76	9.36
15	13.50	53.98	260	40.01	9.23
20	15.40	46.19	265	40.26	9.12
25	16.97	40.72	270	40.50	9.00
30	18.32	36.63	275	40.75	8.89
35	19.51	33.44	280	40.98	8.78
40	20.58	30.87	285	41.22	8.68
45	21.55	28.73	290	41.45	8.58
50	22.45	26.93	295	41.68	8.48
55	23.28	25.39	300	41.91	8.38
60	24.05	24.05	305	42.13	8.29
65	24.78	22.87	310	42.35	8.20
70	25.47	21.83	315	42.57	8.11
75	26.12	20.90	320	42.78	8.02
80	26.74	20.05	325	42.99	7.94
85	27.33	19.29	330	43.21	7.86
90	27.90	18.60	335	43.41	7.78
95	28.44	17.96	340	43.62	7.70
100	28.96	17.38	345	43.82	7.62
105	29.46	16.84	350	44.02	7.55
110	29.95	16.34	355	44.22	7.47
115	30.42	15.87	360	44.42	7.40
120	30.87	15.44	365	44.61	7.33
125	31.31	15.03	370	44.81	7.27
130	31.74	14.65	375	45.00	7.20
135	32.15	14.29	380	45.19	7.13
140	32.56	13.95	385	45.37	7.07
145	32.95	13.63	390	45.56	7.01
150	33.33	13.33	395	45.74	6.95
155	33.70	13.05	400	45.92	6.89
160	34.07	12.78	405	46.10	6.83
165	34.42	12.52	410	46.28	6.77
170	34.77	12.27	415	46.46	6.72
175	35.11	12.04	420	46.64	6.66
180	35.44	11.81	425	46.81	6.61
185	35.77	11.60	430	46.98	6.56
190	36.09	11.40	435	47.15	6.50
195	36.40	11.20	440	47.32	6.45
200	36.71	11.01	445	47.49	6.40
205	37.01	10.83	450	47.66	6.35
210	37.31	10.66	455	47.82	6.31
215	37.60	10.49	460	47.98	6.26
220	37.88	10.33	465	48.15	6.21
225	38.17	10.18	470	48.31	6.17
230	38.44	10.03	475	48.47	6.12
235	38.71	9.88	480	48.63	6.08
240	38.98	9.75	485	48.78	6.03
245	39.24	9.61	490	48.94	5.99

DETERMINACION DE LAS CURVAS I-D-Tr
ESTACION: Chupadero del Indio MPIO. Y EDO. : García, Nuevo León
Método de F.C. Bell

Período de Retorno de 1 año

Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h	Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h
495	49.09	5.95	740	55.55	4.50
500	49.25	5.91	745	55.67	4.48
505	49.40	5.87	750	55.78	4.46
510	49.55	5.83	755	55.89	4.44
515	49.70	5.79	760	56.01	4.42
520	49.85	5.75	765	56.12	4.40
525	50.00	5.71	770	56.23	4.38
530	50.15	5.68	775	56.34	4.36
535	50.29	5.64	780	56.45	4.34
540	50.44	5.60	785	56.56	4.32
545	50.58	5.57	790	56.67	4.30
550	50.72	5.53	795	56.77	4.28
555	50.87	5.50	800	56.88	4.27
560	51.01	5.47	805	56.99	4.25
565	51.15	5.43	810	57.10	4.23
570	51.29	5.40	815	57.20	4.21
575	51.42	5.37	820	57.31	4.19
580	51.56	5.33	825	57.41	4.18
585	51.70	5.30	830	57.52	4.16
590	51.83	5.27	835	57.62	4.14
595	51.97	5.24	840	57.73	4.12
600	52.10	5.21	845	57.83	4.11
605	52.24	5.18	850	57.93	4.09
610	52.37	5.15	855	58.04	4.07
615	52.50	5.12	860	58.14	4.06
620	52.63	5.09	865	58.24	4.04
625	52.76	5.07	870	58.34	4.02
630	52.89	5.04	875	58.44	4.01
635	53.02	5.01	880	58.54	3.99
640	53.15	4.98	885	58.64	3.98
645	53.27	4.96	890	58.74	3.96
650	53.40	4.93	895	58.84	3.94
655	53.52	4.90	900	58.94	3.93
660	53.65	4.88	905	59.04	3.91
665	53.77	4.85	910	59.14	3.90
670	53.90	4.83	915	59.23	3.88
675	54.02	4.80	920	59.33	3.87
680	54.14	4.78	925	59.43	3.85
685	54.26	4.75	930	59.52	3.84
690	54.38	4.73	935	59.62	3.83
695	54.50	4.71	940	59.72	3.81
700	54.62	4.68	945	59.81	3.80
705	54.74	4.66	950	59.91	3.78
710	54.86	4.64	955	60.00	3.77
715	54.98	4.61	960	60.09	3.76
720	55.09	4.59	965	60.19	3.74
725	55.21	4.57	970	60.28	3.73
730	55.32	4.55	975	60.37	3.72
735	55.44	4.53	980	60.47	3.70

DETERMINACION DE LAS CURVAS I-D-Tr
ESTACION: Chupadero del Indio MPIO. Y EDO. : García, Nuevo León

Método de F.C. Bell

Período de Retorno de 1 año

Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h	Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h
985	60.56	3.69	1230	64.70	3.16
990	60.65	3.68	1235	64.78	3.15
995	60.74	3.66	1240	64.86	3.14
1000	60.83	3.65	1245	64.93	3.13
1005	60.92	3.64	1250	65.01	3.12
1010	61.02	3.62	1255	65.09	3.11
1015	61.11	3.61	1260	65.17	3.10
1020	61.20	3.60	1265	65.24	3.09
1025	61.28	3.59	1270	65.32	3.09
1030	61.37	3.58	1275	65.39	3.08
1035	61.46	3.56	1280	65.47	3.07
1040	61.55	3.55	1285	65.55	3.06
1045	61.64	3.54	1290	65.62	3.05
1050	61.73	3.53	1295	65.70	3.04
1055	61.82	3.52	1300	65.77	3.04
1060	61.90	3.50	1305	65.85	3.03
1065	61.99	3.49	1310	65.92	3.02
1070	62.08	3.48	1315	65.99	3.01
1075	62.16	3.47	1320	66.07	3.00
1080	62.25	3.46	1325	66.14	3.00
1085	62.33	3.45	1330	66.22	2.99
1090	62.42	3.44	1335	66.29	2.98
1095	62.51	3.42	1340	66.36	2.97
1100	62.59	3.41	1345	66.44	2.96
1105	62.67	3.40	1350	66.51	2.96
1110	62.76	3.39	1355	66.58	2.95
1115	62.84	3.38	1360	66.65	2.94
1120	62.93	3.37	1365	66.73	2.93
1125	63.01	3.36	1370	66.80	2.93
1130	63.09	3.35	1375	66.87	2.92
1135	63.18	3.34	1380	66.94	2.91
1140	63.26	3.33	1385	67.01	2.90
1145	63.34	3.32	1390	67.08	2.90
1150	63.42	3.31	1395	67.15	2.89
1155	63.51	3.30	1400	67.22	2.88
1160	63.59	3.29	1405	67.30	2.87
1165	63.67	3.28	1410	67.37	2.87
1170	63.75	3.27	1415	67.44	2.86
1175	63.83	3.26	1420	67.51	2.85
1180	63.91	3.25	1425	67.58	2.85
1185	63.99	3.24	1430	67.65	2.84
1190	64.07	3.23	1435	67.72	2.83
1195	64.15	3.22	1440	67.78	2.82
1200	64.23	3.21	1445	67.85	2.82
1205	64.31	3.20	1450	67.92	2.81
1210	64.39	3.19	1455	67.99	2.80
1215	64.47	3.18	1460	68.06	2.80
1220	64.55	3.17	1465	68.13	2.79
1225	64.62	3.17			

DETERMINACION DE LAS CURVAS I-D-Tr
ESTACION: Saltillo MPIO. Y EDO. : Saltillo, Coahuila

Método de F.C. Bell

Período de Retorno de 1 año

Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h	Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h
20	17.49	52.47	1020	69.52	4.09
40	23.38	35.06	1040	69.92	4.03
60	27.32	27.32	1060	70.32	3.98
80	30.38	22.78	1080	70.72	3.93
100	32.90	19.74	1100	71.10	3.88
120	35.07	17.54	1120	71.49	3.83
140	36.98	15.85	1140	71.86	3.78
160	38.70	14.51	1160	72.24	3.74
180	40.26	13.42	1180	72.60	3.69
200	41.70	12.51	1200	72.97	3.65
220	43.04	11.74	1220	73.33	3.61
240	44.28	11.07	1240	73.68	3.57
260	45.45	10.49	1260	74.03	3.53
280	46.56	9.98	1280	74.38	3.49
300	47.61	9.52	1300	74.72	3.45
320	48.60	9.11	1320	75.05	3.41
340	49.55	8.74	1340	75.39	3.38
360	50.46	8.41	1360	75.72	3.34
380	51.33	8.11	1380	76.05	3.31
400	52.17	7.83	1400	76.37	3.27
420	52.98	7.57	1420	76.69	3.24
440	53.76	7.33	1440	77.00	3.21
460	54.51	7.11	1460	77.32	3.18
480	55.24	6.90	1480	77.63	3.15
500	55.95	6.71	1500	77.93	3.12
520	56.63	6.53	1520	78.24	3.09
540	57.30	6.37	1540	78.54	3.06
560	57.94	6.21	1560	78.84	3.03
580	58.58	6.06	1580	79.13	3.00
600	59.19	5.92	1600	79.42	2.98
620	59.79	5.79	1620	79.71	2.95
640	60.37	5.66	1640	80.00	2.93
660	60.95	5.54	1660	80.28	2.90
680	61.50	5.43	1680	80.57	2.88
700	62.05	5.32	1700	80.84	2.85
720	62.59	5.22	1720	81.12	2.83
740	63.11	5.12	1740	81.40	2.81
760	63.62	5.02	1760	81.67	2.78
780	64.13	4.93	1780	81.94	2.76
800	64.62	4.85	1800	82.20	2.74
820	65.10	4.76	1820	82.47	2.72
840	65.58	4.68	1840	82.73	2.70
860	66.05	4.61	1860	82.99	2.68
880	66.51	4.53	1880	83.25	2.66
900	66.96	4.46	1900	83.51	2.64
920	67.40	4.40	1920	83.76	2.62
940	67.84	4.33	1940	84.02	2.60
960	68.27	4.27	1960	84.27	2.58
980	68.69	4.21	1980	84.51	2.56
1000	69.11	4.15	2000	84.76	2.54

DETERMINACION DE LAS CURVAS I-D-Tr
ESTACION: Saltillo MPIO. Y EDO. : Saltillo, Coahuila

Método de F.C. Bell

Período de Retorno de 1 año

Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h	Tiempo minutos	Precipitación mm	Intensidad mm/h
2020	85.01	2.52	3040	95.62	1.89
2040	85.25	2.51	3060	95.80	1.88
2060	85.49	2.49	3080	95.98	1.87
2080	85.73	2.47	3100	96.15	1.86
2100	85.97	2.46	3120	96.33	1.85
2120	86.21	2.44	3140	96.51	1.84
2140	86.44	2.42	3160	96.68	1.84
2160	86.67	2.41	3180	96.86	1.83
2180	86.90	2.39	3200	97.03	1.82
2200	87.13	2.38	3220	97.20	1.81
2220	87.36	2.36	3240	97.37	1.80
2240	87.59	2.35	3260	97.54	1.80
2260	87.81	2.33	3280	97.71	1.79
2280	88.04	2.32	3300	97.88	1.78
2300	88.26	2.30	3320	98.05	1.77
2320	88.48	2.29	3340	98.22	1.76
2340	88.70	2.27	3360	98.39	1.76
2360	88.92	2.26	3380	98.55	1.75
2380	89.13	2.25	3400	98.72	1.74
2400	89.35	2.23	3420	98.88	1.73
2420	89.56	2.22	3440	99.05	1.73
2440	89.78	2.21	3460	99.21	1.72
2460	89.99	2.19	3480	99.37	1.71
2480	90.20	2.18	3500	99.54	1.71
2500	90.41	2.17	3520	99.70	1.70
2520	90.61	2.16	3540	99.86	1.69
2540	90.82	2.15	3560	100.02	1.69
2560	91.02	2.13	3580	100.18	1.68
2580	91.23	2.12	3600	100.34	1.67
2600	91.43	2.11	3620	100.49	1.67
2620	91.63	2.10	3640	100.65	1.66
2640	91.83	2.09	3660	100.81	1.65
2660	92.03	2.08	3680	100.96	1.65
2680	92.23	2.06	3700	101.12	1.64
2700	92.43	2.05	3720	101.27	1.63
2720	92.62	2.04	3740	101.43	1.63
2740	92.82	2.03	3760	101.58	1.62
2760	93.01	2.02	3780	101.73	1.61
2780	93.20	2.01	3800	101.89	1.61
2800	93.40	2.00	3820	102.04	1.60
2820	93.59	1.99	3840	102.19	1.60
2840	93.78	1.98	3860	102.34	1.59
2860	93.96	1.97	3880	102.49	1.58
2880	94.15	1.96	3900	102.64	1.58
2900	94.34	1.95	3920	102.79	1.57
2920	94.52	1.94	3940	102.94	1.57
2940	94.71	1.93	3960	103.08	1.56
2960	94.89	1.92	3980	103.23	1.56
2980	95.08	1.91	4000	103.38	1.55
3000	95.26	1.91	4020	103.52	1.55
3020	95.44	1.90			

```
*****
FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1)
SEPTMBER 1990
VERSION 4.0
RUN DATE 09/12/1997 TIME 19:51:54
*****
```

```
*****
U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
409 SECOND STREET
DAVIS, CALIFORNIA 95616
(916) 756-1104
*****
```

```
X X XXXXXX XXXX X
X X X X X XX
X X X X X X
XXXXXXXX XXXX X XXXX X
X X X X X X
X X X X X X
X X XXXXXX XXXX XXX
```

THIS PROGRAM REPLACES ALL PREVIOUS VERSIONS OF HEC-1 KNOWN AS HEC1 (JAN 73), HEC1GS, HEC1DR, AND HEC1M.

THE DEFINITIONS OF VARIABLES -RTIMP- AND -RTIDR- HAVE CHANGED FROM THOSE USED WITH THE 1973-STYLE INPUT STRUCTURE. THE DEFINITION OF -ANSI- ON RM-CARD WAS CHANGED WITH REVISIONS DATED 28 SEP 81. THIS IS THE FORTRAN77 VERSION
NEW OPTIONS: DAMBREAI, OUTFLOW SUBMERGENCE, SINGLE EVENT DAMAGE CALCULATION, DSS:WRITE STAGE FREQUENCY,
DSS:READ TIME SERIES AT DESIRED CALCULATION INTERVAL LOSS RATE:GREEN AND AMPT INFILTRATION
KINEMATIC WAVE: NEW FINITE DIFFERENCE ALGORITHM

LINE	ID.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10
1	ID SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLAREX
2	ID ESTACION METEOROLOGICA: Chupadero del Indio
3	ID PERIODO DE RETORNO TR = 1 AÑO
4	ID ANALISIS HIDROLOGICO: Rio Salinas
5	ID LOCALIZACION: Cuenca Faredon e Icamole
6	ID FECHA : Agosto de 1997
7	IM
8	IT 5 0 5 292
9	IO 1 2
10	KK 1
11	KM Lamina efectiva de tormenta simulada
12	BA 171.3
13	PB 0
14	FC 7.37 11.04 13.50 15.40 16.97 18.32 19.51 20.58 21.55 22.45
15	PC 23.28 24.05 24.78 25.47 26.12 26.74 27.33 27.90 28.44 28.96
16	FC 29.46 29.95 30.42 30.87 31.31 31.74 32.15 32.56 32.95 33.33
17	PC 33.70 34.07 34.42 34.77 35.11 35.44 35.77 36.09 36.40 36.71
18	FC 37.01 37.31 37.60 37.88 38.17 38.44 38.71 38.98 39.24 39.50
19	PC 39.76 40.01 40.26 40.50 40.75 40.98 41.22 41.45 41.68 41.91
20	FC 42.13 42.35 42.57 42.78 42.99 43.21 43.41 43.62 43.82 44.02
21	PC 44.22 44.42 44.61 44.81 45.00 45.19 45.37 45.56 45.74 45.92
22	FC 46.10 46.28 46.46 46.64 46.81 46.98 47.15 47.32 47.49 47.66
23	PC 47.82 47.98 48.15 48.31 48.47 48.63 48.78 48.94 49.09 49.25
24	FC 49.40 49.55 49.70 49.85 50.00 50.15 50.29 50.44 50.58 50.72
25	PC 50.87 51.01 51.15 51.29 51.42 51.56 51.70 51.83 51.97 52.10
26	FC 52.24 52.37 52.50 52.63 52.76 52.89 53.02 53.15 53.27 53.40
27	PC 53.52 53.65 53.77 53.90 54.02 54.14 54.26 54.38 54.50 54.62
28	FC 54.74 54.86 54.98 55.09 55.21 55.32 55.44 55.55 55.67 55.78
29	PC 55.89 56.01 56.12 56.23 56.34 56.45 56.56 56.67 56.77 56.88
30	FC 56.99 57.10 57.20 57.31 57.41 57.52 57.62 57.73 57.83 57.93
31	PC 58.04 58.14 58.24 58.34 58.44 58.54 58.64 58.74 58.84 58.94
32	FC 59.04 59.14 59.23 59.33 59.43 59.52 59.62 59.72 59.81 59.91
33	PC 60.00 60.09 60.19 60.28 60.37 60.47 60.56 60.65 60.74 60.83
34	FC 60.92 61.02 61.11 61.20 61.28 61.37 61.46 61.55 61.64 61.73
35	PC 61.82 61.90 61.99 62.08 62.16 62.25 62.33 62.42 62.51 62.59
36	FC 62.67 62.76 62.84 62.93 63.01 63.09 63.18 63.26 63.34 63.42
37	PC 63.51 63.59 63.67 63.75 63.83 63.91 63.99 64.07 64.15 64.23
38	FC 64.31 64.39 64.47 64.55 64.62 64.70 64.78 64.86 64.93 65.01
39	PC 65.09 65.17 65.24 65.32 65.39 65.47 65.55 65.62 65.70 65.77
40	FC 65.85 65.92 65.99 66.07 66.14 66.22 66.29 66.36 66.44 66.51
41	PC 66.58 66.65 66.73 66.80 66.87 66.94 67.01 67.08 67.15 67.22
42	FC 67.30 67.37 67.44 67.51 67.58 67.65 67.72 67.78 67.85 67.92
43	PC 67.99 68.06 68.13 68.20 68.27 68.34 68.41 68.48 68.55 68.62
44	LS 79.46
45	UC 7.14 10.89
46	ZI

```

#####
FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1)
  SEPTEMBER 1990
  VERSION 4.0
RUN DATE 09/12/1997 TIME 19:57:04
#####

```

```

#####
U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
  609 SECOND STREET
  DAVIS, CALIFORNIA 95616
  (916) 756-1104
#####

```

```

SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLARCK
ESTACION METEOROLOGICA: Chupadero del Indio
PERIODO DE RETORNO TR = 1 AÑO
ANALISIS HIDROLOGICO: Rio Salinas
LOCALIZACION: Cuenca Paredon e Icamole
FECHA : Agosto de 1997

```

```

9 IO  OUTPUT CONTROL VARIABLES
      IPRT  1  PRINT CONTROL
      IPLOT 2  PLOT CONTROL
      QSCAL 0.  HYDROGRAPH PLOT SCALE

```

```

IT  HYDROGRAPH TIME DATA
     NMIN  5  MINUTES IN COMPUTATION INTERVAL
     IDATE 1  0  STARTING DATE
     ITIME 0005 STARTING TIME
     HQ    292 NUMBER OF HYDROGRAPH ORDINATES
     NDATE 2  0  ENDING DATE
     NDTIME 0020 ENDING TIME
     ICENT 19  CENTURY MARK

```

```

COMPUTATION INTERVAL .08 HOURS
TOTAL TIME BASE 24.25 HOURS

```

```

METRIC UNITS
DRAINAGE AREA      SQUARE KILOMETERS
PRECIPITATION DEPTH MILLIMETERS
LENGTH, ELEVATION METERS
FLOW               CUBIC METERS PER SECOND
STORAGE VOLUME    CUBIC METERS
SURFACE AREA      SQUARE METERS
TEMPERATURE        DEGREES CELSIUS

```

```

#####

```

```

10 KK
#####

```

Lamina efectiva de tormenta simulada

SUBBASIN RUNOFF DATA

```

12 BA  SUBBASIN CHARACTERISTICS
      TAREA 171.30 SUBBASIN AREA

```

PRECIPITATION DATA

```

13 PB  STORM 60.69 BASIN TOTAL PRECIPITATION

```

```

14 PI  INCREMENTAL PRECIPITATION PATTERN
      3.67 2.46 1.90 1.57 1.35 1.19 1.07 .97 .90 .83
      .77 .73 .69 .65 .62 .59 .57 .54 .52 .50
      .49 .47 .45 .44 .43 .41 .41 .39 .38 .37
      .37 .35 .35 .34 .33 .33 .32 .31 .31 .30
      .30 .29 .28 .29 .27 .27 .27 .26 .26 .26

```

.20	.19	.20	.19	.19	.18	.19	.18	.18	.18
.18	.18	.18	.17	.17	.17	.17	.17	.17	.16
.16	.17	.16	.16	.16	.15	.16	.15	.16	.15
.15	.15	.15	.15	.15	.14	.15	.14	.14	.15
.14	.14	.14	.13	.14	.14	.13	.14	.13	.14
.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.12	.13	.12
.13	.12	.13	.12	.12	.12	.12	.12	.12	.12
.12	.12	.11	.12	.11	.12	.11	.12	.11	.11
.12	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.10	.11	.11
.11	.10	.11	.10	.11	.10	.11	.10	.10	.11
.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10
.10	.09	.10	.10	.09	.10	.10	.09	.10	.09
.09	.10	.09	.09	.10	.09	.09	.09	.09	.09
.10	.09	.09	.08	.09	.09	.09	.09	.09	.09
.08	.09	.09	.08	.09	.08	.09	.09	.08	.08
.09	.08	.09	.08	.08	.09	.08	.08	.08	.09
.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.07	.08	.08	.08	.07	.08	.08
.08	.07	.08	.07	.08	.08	.07	.08	.07	.08
.07	.07	.08	.07	.08	.07	.07	.08	.07	.07
.07	.08	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.08
.07	.07	.07	.07	.07	.07	.06	.07	.07	.07

44 LS SCS LOSS RATE
 STRL 13.13 INITIAL ABSTRACTION
 CRYNBR 79.46 CURVE NUMBER
 RTIMP .00 PERCENT IMPERVIOUS AREA

45 UC CLARK UNITGRAPH
 TC 7.14 TIME OF CONCENTRATION
 R 10.89 STORAGE COEFFICIENT

SYNTHETIC ACCUMULATED-AREA VS. TIME CURVE WILL BE USED

UNIT HYDROGRAPH PARAMETERS
 CLARK TC= 7.14 HR, R= 10.89 HR
 SNYDER TP= 7.06 HR, CP= .46

UNIT HYDROGRAPH
 300 END-OF-PERIOD ORDINATES
 VOLUME = .86

0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.

HYDROGRAPH AT STATION 1

DA	MON	HRMN	ORD	RAIN	LOSS	EXCESS	COMP @	DA	MON	HRMN	ORD	RAIN	LOSS	EXCESS	COMP @
1		0005	1	.00	.00	.00	0.	1		1215	147	.12	.05	.07	27.
1		0010	2	3.67	3.67	.00	0.	1		1220	148	.11	.05	.06	27.
1		0015	3	2.46	2.46	.00	0.	1		1225	149	.12	.05	.07	27.

1	0020	4	1.90	1.90	.00	0.	1	1230	150	.11	.05	.06	28.
1	0025	5	1.57	1.57	.00	0.	1	1235	151	.11	.05	.06	28.
1	0030	6	1.35	1.35	.00	0.	1	1240	152	.12	.05	.07	28.
1	0035	7	1.19	1.19	.00	0.	1	1245	153	.11	.05	.06	28.
1	0040	8	1.07	1.07	.00	0.	1	1250	154	.11	.05	.06	28.
1	0045	9	.97	.95	.02	0.	1	1255	155	.11	.05	.06	28.
1	0050	10	.90	.86	.04	0.	1	1300	156	.11	.05	.06	28.
1	0055	11	.83	.77	.06	0.	1	1305	157	.11	.05	.06	28.
1	0100	12	.77	.70	.07	0.	1	1310	158	.11	.05	.06	28.
1	0105	13	.73	.65	.08	0.	1	1315	159	.10	.04	.06	29.
1	0110	14	.69	.60	.09	0.	1	1320	160	.11	.05	.06	29.
1	0115	15	.65	.56	.09	0.	1	1325	161	.11	.05	.06	29.
1	0120	16	.62	.52	.10	0.	1	1330	162	.11	.05	.06	29.
1	0125	17	.59	.49	.10	0.	1	1335	163	.10	.04	.06	29.
1	0130	18	.57	.46	.11	0.	1	1340	164	.11	.05	.06	29.
1	0135	19	.54	.43	.11	0.	1	1345	165	.10	.04	.06	29.
1	0140	20	.52	.41	.11	0.	1	1350	166	.11	.05	.06	29.
1	0145	21	.50	.39	.11	0.	1	1355	167	.10	.04	.06	29.
1	0150	22	.49	.38	.11	0.	1	1400	168	.11	.04	.07	29.
1	0155	23	.47	.36	.11	0.	1	1405	169	.10	.04	.06	30.
1	0200	24	.45	.34	.11	0.	1	1410	170	.10	.04	.06	30.
1	0205	25	.44	.33	.11	0.	1	1415	171	.11	.04	.07	30.
1	0210	26	.43	.32	.11	0.	1	1420	172	.10	.04	.06	30.
1	0215	27	.41	.30	.11	0.	1	1425	173	.10	.04	.06	30.
1	0220	28	.41	.29	.12	0.	1	1430	174	.10	.04	.06	30.
1	0225	29	.39	.28	.11	0.	1	1435	175	.10	.04	.06	30.
1	0230	30	.38	.27	.11	1.	1	1440	176	.10	.04	.06	30.
1	0235	31	.37	.26	.11	1.	1	1445	177	.10	.04	.06	30.
1	0240	32	.37	.26	.11	1.	1	1450	178	.10	.04	.06	30.
1	0245	33	.35	.24	.11	1.	1	1455	179	.10	.04	.06	30.
1	0250	34	.35	.24	.11	1.	1	1500	180	.10	.04	.06	30.
1	0255	35	.34	.23	.11	1.	1	1505	181	.10	.04	.06	30.
1	0300	36	.33	.22	.11	1.	1	1510	182	.10	.04	.06	31.
1	0305	37	.33	.22	.11	1.	1	1515	183	.09	.04	.05	31.
1	0310	38	.32	.21	.11	1.	1	1520	184	.10	.04	.06	31.
1	0315	39	.31	.20	.11	1.	1	1525	185	.10	.04	.06	31.
1	0320	40	.31	.20	.11	1.	1	1530	186	.09	.04	.05	31.
1	0325	41	.30	.19	.11	2.	1	1535	187	.10	.04	.06	31.
1	0330	42	.30	.19	.11	2.	1	1540	188	.10	.04	.06	31.
1	0335	43	.29	.18	.11	2.	1	1545	189	.09	.04	.05	31.
1	0340	44	.28	.18	.10	2.	1	1550	190	.10	.04	.06	31.
1	0345	45	.29	.18	.11	2.	1	1555	191	.09	.04	.05	31.
1	0350	46	.27	.17	.10	2.	1	1600	192	.09	.04	.05	31.
1	0355	47	.27	.17	.10	2.	1	1605	193	.10	.04	.06	31.
1	0400	48	.27	.16	.11	3.	1	1610	194	.09	.03	.06	31.
1	0405	49	.26	.16	.10	3.	1	1615	195	.09	.03	.06	31.
1	0410	50	.26	.16	.10	3.	1	1620	196	.10	.04	.06	31.
1	0415	51	.26	.16	.10	3.	1	1625	197	.09	.03	.06	31.
1	0420	52	.25	.15	.10	3.	1	1630	198	.09	.03	.06	31.
1	0425	53	.25	.15	.10	4.	1	1635	199	.09	.03	.06	31.
1	0430	54	.24	.14	.10	4.	1	1640	200	.09	.03	.06	31.
1	0435	55	.25	.15	.10	4.	1	1645	201	.09	.03	.06	31.
1	0440	56	.23	.13	.10	4.	1	1650	202	.10	.04	.06	32.
1	0445	57	.24	.14	.10	4.	1	1655	203	.09	.03	.06	32.
1	0450	58	.23	.13	.10	5.	1	1700	204	.09	.03	.06	32.
1	0455	59	.23	.13	.10	5.	1	1705	205	.08	.03	.05	32.
1	0500	60	.23	.13	.10	5.	1	1710	206	.09	.03	.06	32.
1	0505	61	.22	.12	.10	5.	1	1715	207	.09	.03	.06	32.
1	0510	62	.22	.12	.10	6.	1	1720	208	.09	.03	.06	32.
1	0515	63	.22	.12	.10	6.	1	1725	209	.09	.03	.06	32.
1	0520	64	.21	.12	.09	6.	1	1730	210	.09	.03	.06	32.
1	0525	65	.21	.12	.09	6.	1	1735	211	.09	.03	.06	32.
1	0530	66	.22	.12	.10	7.	1	1740	212	.08	.03	.05	32.
1	0535	67	.20	.11	.09	7.	1	1745	213	.09	.03	.06	32.
1	0540	68	.21	.12	.09	7.	1	1750	214	.09	.03	.06	32.
1	0545	69	.20	.11	.09	8.	1	1755	215	.08	.03	.05	32.
1	0550	70	.20	.11	.09	8.	1	1800	216	.09	.03	.06	32.
1	0555	71	.20	.11	.09	8.	1	1805	217	.08	.03	.05	32.
1	0600	72	.20	.11	.09	8.	1	1810	218	.09	.03	.06	32.
1	0605	73	.19	.10	.09	9.	1	1815	219	.09	.03	.06	32.
1	0610	74	.20	.11	.09	9.	1	1820	220	.08	.03	.05	32.
1	0615	75	.19	.10	.09	9.	1	1825	221	.08	.03	.05	32.
1	0620	76	.19	.10	.09	10.	1	1830	222	.09	.03	.06	32.
1	0625	77	.18	.09	.09	10.	1	1835	223	.08	.03	.05	32.
1	0630	78	.19	.10	.09	10.	1	1840	224	.09	.03	.06	32.
1	0635	79	.18	.09	.09	11.	1	1845	225	.08	.03	.05	32.
1	0640	80	.18	.09	.09	11.	1	1850	226	.08	.03	.05	32.
1	0645	81	.18	.09	.09	11.	1	1855	227	.09	.03	.06	32.
1	0650	82	.18	.09	.09	12.	1	1900	228	.08	.03	.05	32.
1	0655	83	.18	.09	.09	12.	1	1905	229	.08	.03	.05	32.
1	0700	84	.18	.09	.09	12.	1	1910	230	.08	.03	.05	32.
1	0705	85	.17	.09	.08	13.	1	1915	231	.09	.03	.06	32.
1	0710	86	.17	.09	.08	13.	1	1920	232	.08	.03	.05	32.
1	0715	87	.17	.09	.08	13.	1	1925	233	.08	.03	.05	32.
1	0720	88	.17	.09	.08	14.	1	1930	234	.08	.03	.05	32.
1	0725	89	.17	.09	.08	14.	1	1935	235	.08	.03	.05	32.
1	0730	90	.17	.09	.08	14.	1	1940	236	.08	.03	.05	32.
1	0735	91	.16	.08	.08	15.	1	1945	237	.08	.03	.05	32.

1	0740	92	.16	.08	.08	15.	1	1950	238	.08	.03	.05	32.
1	0745	93	.17	.08	.09	15.	1	1955	239	.08	.03	.05	32.
1	0750	94	.16	.08	.08	15.	1	2000	240	.08	.03	.05	32.
1	0755	95	.16	.08	.08	16.	1	2005	241	.08	.03	.05	32.
1	0800	96	.16	.08	.08	16.	1	2010	242	.08	.03	.05	32.
1	0805	97	.15	.07	.08	16.	1	2015	243	.08	.03	.05	32.
1	0810	98	.16	.08	.08	17.	1	2020	244	.08	.03	.05	32.
1	0815	99	.15	.07	.08	17.	1	2025	245	.07	.03	.04	32.
1	0820	100	.16	.08	.08	17.	1	2030	246	.08	.03	.05	32.
1	0825	101	.15	.07	.08	18.	1	2035	247	.08	.03	.05	32.
1	0830	102	.15	.07	.08	18.	1	2040	248	.08	.03	.05	32.
1	0835	103	.15	.07	.08	18.	1	2045	249	.07	.02	.05	32.
1	0840	104	.15	.07	.08	18.	1	2050	250	.08	.03	.05	32.
1	0845	105	.15	.07	.08	19.	1	2055	251	.08	.03	.05	32.
1	0850	106	.15	.07	.08	19.	1	2100	252	.08	.03	.05	32.
1	0855	107	.14	.07	.07	19.	1	2105	253	.07	.02	.05	32.
1	0900	108	.15	.07	.08	20.	1	2110	254	.08	.03	.05	32.
1	0905	109	.14	.07	.07	20.	1	2115	255	.07	.02	.05	32.
1	0910	110	.14	.07	.07	20.	1	2120	256	.08	.03	.05	32.
1	0915	111	.15	.07	.08	20.	1	2125	257	.08	.03	.05	32.
1	0920	112	.14	.07	.07	21.	1	2130	258	.07	.02	.05	32.
1	0925	113	.14	.07	.07	21.	1	2135	259	.08	.03	.05	32.
1	0930	114	.14	.06	.08	21.	1	2140	260	.07	.02	.05	32.
1	0935	115	.13	.06	.07	21.	1	2145	261	.08	.03	.05	32.
1	0940	116	.14	.06	.08	22.	1	2150	262	.07	.02	.05	32.
1	0945	117	.14	.06	.08	22.	1	2155	263	.07	.02	.05	32.
1	0950	118	.13	.06	.07	22.	1	2200	264	.08	.03	.05	32.
1	0955	119	.14	.06	.08	22.	1	2205	265	.07	.02	.05	32.
1	1000	120	.13	.06	.07	22.	1	2210	266	.08	.03	.05	32.
1	1005	121	.14	.06	.08	23.	1	2215	267	.07	.02	.05	32.
1	1010	122	.13	.06	.07	23.	1	2220	268	.07	.02	.05	32.
1	1015	123	.13	.06	.07	23.	1	2225	269	.08	.03	.05	32.
1	1020	124	.13	.06	.07	23.	1	2230	270	.07	.02	.05	32.
1	1025	125	.13	.06	.07	24.	1	2235	271	.07	.02	.05	32.
1	1030	126	.13	.06	.07	24.	1	2240	272	.07	.02	.05	32.
1	1035	127	.13	.06	.07	24.	1	2245	273	.08	.03	.05	32.
1	1040	128	.13	.06	.07	24.	1	2250	274	.07	.02	.05	32.
1	1045	129	.12	.05	.07	24.	1	2255	275	.07	.02	.05	32.
1	1050	130	.13	.06	.07	24.	1	2300	276	.07	.02	.05	32.
1	1055	131	.12	.05	.07	25.	1	2305	277	.07	.02	.05	32.
1	1100	132	.13	.06	.07	25.	1	2310	278	.07	.02	.05	32.
1	1105	133	.12	.05	.07	25.	1	2315	279	.07	.02	.05	32.
1	1110	134	.13	.06	.07	25.	1	2320	280	.07	.02	.05	32.
1	1115	135	.12	.05	.07	25.	1	2325	281	.08	.03	.05	32.
1	1120	136	.12	.05	.07	26.	1	2330	282	.07	.02	.05	32.
1	1125	137	.12	.05	.07	26.	1	2335	283	.07	.02	.05	32.
1	1130	138	.12	.05	.07	26.	1	2340	284	.07	.02	.05	32.
1	1135	139	.12	.05	.07	26.	1	2345	285	.07	.02	.05	32.
1	1140	140	.12	.05	.07	26.	1	2350	286	.07	.02	.05	32.
1	1145	141	.12	.05	.07	26.	1	2355	287	.07	.02	.05	32.
1	1150	142	.12	.05	.07	26.	2	0000	288	.06	.02	.04	32.
1	1155	143	.12	.05	.07	27.	2	0005	289	.07	.02	.05	32.
1	1200	144	.11	.05	.06	27.	2	0010	290	.07	.02	.05	32.
1	1205	145	.12	.05	.07	27.	2	0015	291	.07	.02	.05	32.
1	1210	146	.11	.05	.06	27.	2	0020	292	.07	.02	.05	32.

.....

TOTAL RAINFALL = .60.69, TOTAL LOSS = 40.71, TOTAL EXCESS = - 19.98

PEAK FLOW (CU M/S)	TIME (HR)	(CU M/S)	MAXIMUM AVERAGE FLOW			
			6-HR	24-HR	72-HR	24.25-HR
32.	20.00		32.	21.	21.	21.
		(MM)	4.041	10.699	10.699	10.699
		(1000 CU M)	692.	1833.	1833.	1833.

CUMULATIVE AREA = 171.30 SQ KM

STATION 1

DAHRMN PER	(0) OUTFLOW										0. (L) PRECIP. 2.	0. (X) EXCESS 1.	0. 0.			
	0.	4.	8.	12.	16.	20.	24.	28.	32.	36.						
10005 10
10010 20
10015 30
10020 40
10025 50
10030 60
10035 70
10040 80
10045 90
10050 100
10055 110
10100 120
10105 130
10110 140
10115 150
10120 160
10125 170
10130 180
10135 190
10140 200
10145 210
10150 220
10155 230
10200 24.0
10205 25.0
10210 26.0
10215 27.0
10220 28.0
10225 29.0
10230 30.0
10235 31.0
10240 32.0
10245 33.0
10250 34.0
10255 35.0
10300 36.0
10305 37.0
10310 38.0
10315 39.0
10320 40.0
10325 41.0
10330 42.0
10335 43.0
10340 44.0
10345 45.0
10350 46.0
10355 47.0
10400 48.0
10405 49.0
10410 50.0
10415 51.0
10420 52.0
10425 53.0
10430 54.0
10435 55.0
10440 56.0
10445 57.0
10450 58.0
10455 59.0
10500 60.0
10505 61.0
10510 62.0
10515 63.0
10520 64.0
10525 65.0
10530 66.0
10535 67.0

LINE	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ID	SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLARCK									
2	ID	ESTACION METEOROLOGICA: Chupadero del Indio									
3	ID	PERIODO DE RETORNO TR = 1 AÑO									
4	ID	ANALISIS HIDROLOGICO: Arroyo Los Ranchos									
5	ID	LOCALIZACION: Cuenca Chupadero del Indio									
6	ID	FECHA : Agosto de 1997									
7	IM										
8	IT	5	0	5	292						
9	IO	1	2								
10	KK	2									
11	XM	Lamina efectiva de tormenta simulada									
12	BA	133.4									
13	FB	0									
14	PC	7.37	11.04	13.50	15.40	16.97	18.32	19.51	20.58	21.55	22.45
15	PC	23.28	24.05	24.78	25.47	26.12	26.74	27.33	27.90	28.44	28.96
16	PC	29.46	29.95	30.42	30.87	31.31	31.74	32.15	32.56	32.95	33.33
17	PC	33.70	34.07	34.42	34.77	35.11	35.44	35.77	36.09	36.40	36.71
18	PC	37.01	37.31	37.60	37.88	38.17	38.44	38.71	38.98	39.24	39.50
19	PC	39.76	40.01	40.26	40.50	40.75	41.08	41.22	41.45	41.68	41.91
20	PC	42.13	42.35	42.57	42.78	42.99	43.21	43.41	43.62	43.82	44.02
21	PC	44.22	44.42	44.61	44.81	45.00	45.19	45.37	45.56	45.74	45.92
22	FC	46.10	46.28	46.46	46.64	46.81	46.98	47.15	47.32	47.49	47.66
23	PC	47.82	47.98	48.15	48.31	48.47	48.63	48.78	48.94	49.09	49.25
24	FC	49.40	49.55	49.70	49.85	50.00	50.15	50.29	50.44	50.58	50.72
25	PC	50.87	51.01	51.15	51.29	51.42	51.56	51.70	51.83	51.97	52.10
26	PC	52.24	52.37	52.50	52.63	52.76	52.89	53.02	53.15	53.27	53.40
27	PC	53.52	53.65	53.77	53.90	54.02	54.14	54.26	54.38	54.50	54.62
28	PC	54.74	54.86	54.98	55.09	55.21	55.32	55.44	55.55	55.67	55.78
29	FC	55.89	56.01	56.12	56.23	56.34	56.45	56.56	56.67	56.77	56.88
30	PC	56.99	57.10	57.20	57.31	57.41	57.52	57.62	57.73	57.83	57.93
31	PC	58.04	58.14	58.24	58.34	58.44	58.54	58.64	58.74	58.84	58.94
32	PC	59.04	59.14	59.23	59.33	59.43	59.52	59.62	59.72	59.81	59.91
33	FC	60.00	60.09	60.19	60.28	60.37	60.47	60.56	60.65	60.74	60.83
34	FC	60.92	61.02	61.11	61.20	61.28	61.37	61.46	61.55	61.64	61.73
35	PC	61.82	61.90	61.99	62.08	62.16	62.25	62.33	62.42	62.51	62.59
36	FC	62.67	62.76	62.84	62.93	63.01	63.09	63.18	63.26	63.34	63.42
37	PC	63.51	63.59	63.67	63.75	63.83	63.91	63.99	64.07	64.15	64.23
38	FC	64.31	64.39	64.47	64.55	64.62	64.70	64.78	64.86	64.93	65.01
39	FC	65.09	65.17	65.24	65.32	65.39	65.47	65.55	65.62	65.70	65.77
40	PC	65.85	65.92	65.99	66.07	66.14	66.22	66.29	66.36	66.44	66.51
41	FC	66.58	66.65	66.73	66.80	66.87	66.94	67.01	67.08	67.15	67.22
42	PC	67.30	67.37	67.44	67.51	67.58	67.65	67.72	67.78	67.85	67.92
43	PC	67.99	68.06								
44	LS	86.75									
45	UC	2.39	4.73								
46	ZZ										

```

#####
FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1)
SEPTMBER 1990
VERSION 4.0
RUN DATE 09/12/1997 TIME 20:06:47
#####

```

```

#####
U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
609 SECOND STREET
DAVIS, CALIFORNIA 95616
(916) 756-1104
#####

```

```

SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLARCK
ESTACION METEOROLOGICA: Chupadero del Indio
PERIODO DE RETORNO TR = 1 AÑO
ANALISIS HIDROLOGICO: Arroyo Los Ranchos
LOCALIZACION: Cuenca Chupadero del Indio
FECHA : Agosto de 1997

```

```

9 IO  OUTPUT CONTROL VARIABLES
      IFPRT      1  PRINT CONTROL
      IPLOT      2  PLOT CONTROL
      OSCAL      0.  HYDROGRAPH PLOT SCALE

17    HYDROGRAPH TIME DATA
      NMIN       5  MINUTES IN COMPUTATION INTERVAL
      IDATE      1  0  STARTING DATE
      ITIME      0005 STARTING TIME
      ND        292  NUMBER OF HYDROGRAPH ORDINATES
      NODATE     2  0  ENDING DATE
      NDTIME     0020 ENDING TIME
      ICENT      19  CENTURY MARK

      COMPUTATION INTERVAL .08 HOURS
      TOTAL TIME BASE     24.25 HOURS

```

```

METRIC UNITS
DRAINAGE AREA      SQUARE KILOMETERS
PRECIPITATION DEPTH MILLIMETERS
LENGTH, ELEVATION  METERS
FLOW               CUBIC METERS PER SECOND
STORAGE VOLUME    CUBIC METERS
SURFACE AREA      SQUARE METERS
TEMPERATURE       DEGREES CELSIUS

```

```

#####

```

TOTAL RAINFALL = 60.69, TOTAL LOSS = 30.15, TOTAL EXCESS = 30.54

PEAK FLOW (CU M/S)	TIME (HR)	MAXIMUM AVERAGE FLOW				
		6-HR	24-HR	72-HR	24.25-HR	
54.	8.08	53.	40.	39.	39.	
		(MN)	8.582	25.769	25.769	25.769
		(1000 CU M)	1145.	3438.	3438.	3438.

CUMULATIVE AREA = 133.40 SQ KM

LINE	ID.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10
1	ID SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLARCK
2	ID ESTACION METEOROLOGICA: Icamole
3	ID PERIODO DE RETORNO TR = 1 AÑO
4	ID ANALISIS HIDROLOGICO: Arroyo Los Carrizos
5	ID LOCALIZACION: Cuenca Carrizos
6	ID FECHA : Agosto de 1997
7	IN
8	IT 5 0 5 166
9	IO 1 2
10	KK 3
11	KM Lamina efectiva de tormenta simulada
12	RA 82.60
13	FB 0
14	FC 5.84 8.74 10.68 12.18 13.43 14.50 15.44 16.28 17.06 17.76
15	PC 18.42 19.03 19.61 20.16 20.67 21.16 21.63 22.08 22.51 22.92
16	PC 23.32 23.70 24.07 24.43 24.78 25.12 25.45 25.76 26.08 26.38
17	PC 26.67 26.96 27.24 27.52 27.79 28.05 28.31 28.56 28.81 29.05
18	PC 29.29 29.53 29.76 29.98 30.20 30.42 30.64 30.85 31.06 31.26
19	PC 31.47 31.67 31.86 32.06 32.25 32.43 32.62 32.80 32.97 33.14
20	PC 32.99 33.16 33.34 33.52 33.69 33.86 34.03 34.19 34.36 34.52
21	FC 34.68 34.84 35.00 35.15 35.31 35.46 35.61 35.76 35.91 36.06
22	PC 36.20 36.34 36.49 36.63 36.77 36.91 37.04 37.18 37.32 37.45
23	PC 37.50 37.71 37.85 37.97 38.10 38.23 38.36 38.48 38.61 38.73
24	FC 38.85 39.97 39.10 39.22 39.33 39.45 39.57 39.69 39.80 39.92
25	PC 40.03 40.14 40.26 40.37 40.49 40.59 40.70 40.81 40.91 41.02
26	PC 41.13 41.23 41.34 41.44 41.55 41.65 41.75 41.86 41.96 42.06
27	PC 42.16 42.26 42.36 42.46 42.56 42.65 42.75 42.85 42.94 43.04
28	FC 43.13 43.23 43.32 43.41 43.51 43.60 43.69 43.78 43.87 43.97
29	FC 44.06 44.14 44.23 44.32 44.41 44.50 44.59 44.67 44.76 44.85
30	PC 44.93 45.02 45.10 45.19 45.27 45.35
31	LS 85.40
32	UC 2.22 4.56
33	ZI

```

*****
FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1)
  SEPTEMBER 1990
  VERSION 4.0
RUN DATE 09/12/1997 TIME 19:40:51
*****

```

```

*****
U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
609 SECOND STREET
DAVIS, CALIFORNIA 95616
(916) 756-1104
*****

```

```

SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLARCA
ESTACION METEOROLOGICA: Icanole
PERIODO DE RETORNO TR = 1 AÑO
ANALISIS HIDROLOGICO: Arroyo Los Carrizos
LOCALIZACION: Cuenca Carrizos
FECHA : Agosto de 1997

```

```

9 10  OUTPUT CONTROL VARIABLES
      IFPRINT      1  PRINT CONTROL
      IFPLOT       2  PLOT CONTROL
      QSCAL        0.  HYDROGRAPH PLOT SCALE

11    HYDROGRAPH TIME DATA
      NMIN         5  MINUTES IN COMPUTATION INTERVAL
      IDATE        1  0  STARTING DATE
      ITIME        0005 STARTING TIME
      NO           166 NUMBER OF HYDROGRAPH ORDINATES
      NDDATE       1  0  ENDING DATE
      NDTIME       1350 ENDING TIME
      ICENT        19  CENTURY MARK

      COMPUTATION INTERVAL .08 HOURS
      TOTAL TIME BASE     13.75 HOURS

```

```

METRIC UNITS
DRAINAGE AREA      SQUARE KILOMETERS
PRECIPITATION DEPTH MILLIMETERS
LENGTH, ELEVATION  METERS
FLOW               CUBIC METERS PER SECOND
STORAGE VOLUME    CUBIC METERS
SURFACE AREA      SQUARE METERS
TEMPERATURE       DEGREES CELSIUS

```

```

*****
TOTAL RAINFALL = 39.51, TOTAL LOSS = 26.59, TOTAL EXCESS = 12.92

```

PEAK FLOW (CU M/S)	TIME (HR)	MAXIMUM AVERAGE FLOW			
		6-HR	24-HR	72-HR	13.75-HR
20.	9.50	19.	14.	14.	14.
		(MM)	8.515	8.515	8.515
		(1000 CU M)	420.	703.	703.

```

CUMULATIVE AREA = 82.60 SQ KM

```

```

LINE      ID.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10
1         ID  SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLARCK
2         ID  ESTACION METEOROLOGICA: Saltillo
3         ID  PERIODO DE RETORNO TR = 1 AÑOS
4         ID  ANALISIS HIDROLOGICO: Rio Patos
5         ID  LOCALIZACION: Cuenca Saltillo-Paredon
6         ID  FECHA : Agosto de 1997
7         IH
8         IT      20      0      20      156
9         IO      1      2

10        IX      4
11        KM  Lamina efectiva de tormenta simulada
12        BA  9925.1
13        PB      0
14        PC  17.49  23.38  27.32  30.38  32.90  35.07  36.98  38.70  40.26  41.70
15        PC  43.04  44.28  45.45  46.56  47.61  48.60  49.55  50.46  51.33  52.17
16        PC  52.98  53.76  54.51  55.24  55.95  56.63  57.30  57.94  58.58  59.19
17        PC  59.79  60.37  60.95  61.50  62.05  62.59  63.11  63.62  64.13  64.62
18        PC  65.10  65.58  66.05  66.51  66.96  67.40  67.84  68.27  68.69  69.11
19        PC  69.52  69.92  70.32  70.72  71.10  71.49  71.86  72.24  72.60  72.97
20        PC  73.33  73.68  74.03  74.38  74.72  75.05  75.39  75.72  76.05  76.37
21        PC  76.69  77.00  77.32  77.63  77.93  78.24  78.54  78.84  79.13  79.42
22        PC  79.71  80.00  80.28  80.57  80.84  81.12  81.40  81.67  81.94  82.20
23        FC  82.47  82.73  82.99  83.25  83.51  83.76  84.02  84.27  84.51  84.76
24        FC  85.01  85.25  85.49  85.73  85.97  86.21  86.44  86.67  86.90  87.13
25        FC  87.36  87.59  87.81  88.04  88.26  88.48  88.70  88.92  89.13  89.35
26        PC  89.56  89.78  89.99  90.20  90.41  90.61  90.82  91.02  91.23  91.43
27        FC  91.63  91.83  92.03  92.23  92.43  92.62  92.82  93.01  93.20  93.40
28        PC  93.59  93.78  93.96  94.15  94.34  94.52  94.71  94.89  95.08  95.26
29        PC  95.44  95.62  95.80  95.98  96.15  96.33
30        LS      79.63
31        UC  30.78  16.94
32        ZZ
    
```

```

*****
FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1)
SEPTEMBER 1990
VERSION 4.0
RUN DATE 09/12/1997 TIME 19:51:54
*****

```

```

*****
U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
609 SECOND STREET
DAVIS, CALIFORNIA 95616
(916) 756-1104
*****

```

```

SIMULACION HIDROLOGICA POR LA UNIDAD HIDROGRAFICA DE CLARCK
ESTACION METEOROLOGICA: Saltillo
PERIODO DE RETORNO TR = 1 ARO
ANALISIS HIDROLOGICO: Rio Patos
LOCALIZACION: Cuenca Saltillo-Paredon
FECHA : Agosto de 1997

```

```

9 10 OUTPUT CONTROL VARIABLES
      IFRNT      1 PRINT CONTROL
      IFLOT      2 PLOT CONTROL
      QSCAL      0. HYDROGRAPH PLOT SCALE

11 HYDROGRAPH TIME DATA
      NMIN      20 MINUTES IN COMPUTATION INTERVAL
      IDATE      1 0 STARTING DATE
      ITIME      0020 STARTING TIME
      NO        156 NUMBER OF HYDROGRAPH ORDINATES
      NDDATE      3 0 ENDING DATE
      NDTIME      0400 ENDING TIME
      ICENT      19 CENTURY MARK

      COMPUTATION INTERVAL .33 HOURS
      TOTAL TIME BASE 51.67 HOURS

```

```

METRIC UNITS
DRAINAGE AREA SQUARE KILOMETERS
PRECIPITATION DEPTH MILLIMETERS
LENGTH, ELEVATION METERS
FLOW CUBIC METERS PER SECOND
STORAGE VOLUME CUBIC METERS
SURFACE AREA SQUARE METERS
TEMPERATURE DEGREES CELSIUS

```

```

*****

```

TOTAL RAINFALL = 78.84, TOTAL LOSS = 45.70, TOTAL EXCESS = 33.14

PEAK FLOW (CU M/S)	TIME (HR)	MAXIMUM AVERAGE FLOW			
		6-HR	24-HR	72-HR	51.67-HR
1589.	44.00	1586.	1487.	888.	888.
		(MM)	3.452	12.943	16.640
		(1000 CU M)	34258.	128460.	165158.

CUMULATIVE AREA = 9925.10 SQ KM

*** GRÁFICAS DE INTERPRETACIÓN DE PRUEBA DE
BOMBEO**

PRUEBA DE BOMBEO

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Rancho San Fernando

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO: Coahuila

PROPIETARIO: Francisco García Cirilo

FECHA DE PRUEBA: 5 de julio de 1997

PRUEBA REALIZADA POR: Eugenio Hdez. Rico y Fco. Torres C.

INFORMACIÓN DEL APROVECHAMIENTO

POZO DE EXTRACCIÓN

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN: 16 pulg

DIÁMETRO DEL ADEME: 14 pulg

DIÁMETRO DE SUCCIÓN: 8 pulg

DIÁMETRO DE DESCARGA: 8 pulg

PROFUNDIDAD TOTAL DE PERFORACIÓN: 91.00 m

LONGITUD DE COLUMNA DE BOMBEO: 46.00 m

HP DEL MOTOR: 75

NÍVEL ESTÁTICO: 31.40 m

NÍVEL DINAMICO: 33.18 m

GASTO DE EXTRACCIÓN: 51 lps

POZO DE OBSERVACIÓN

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN: 16 pulg

DIÁMETRO DEL ADEME: 14 pulg

PROFUNDIDAD TOTAL DE PERFORACIÓN: 45.00 m

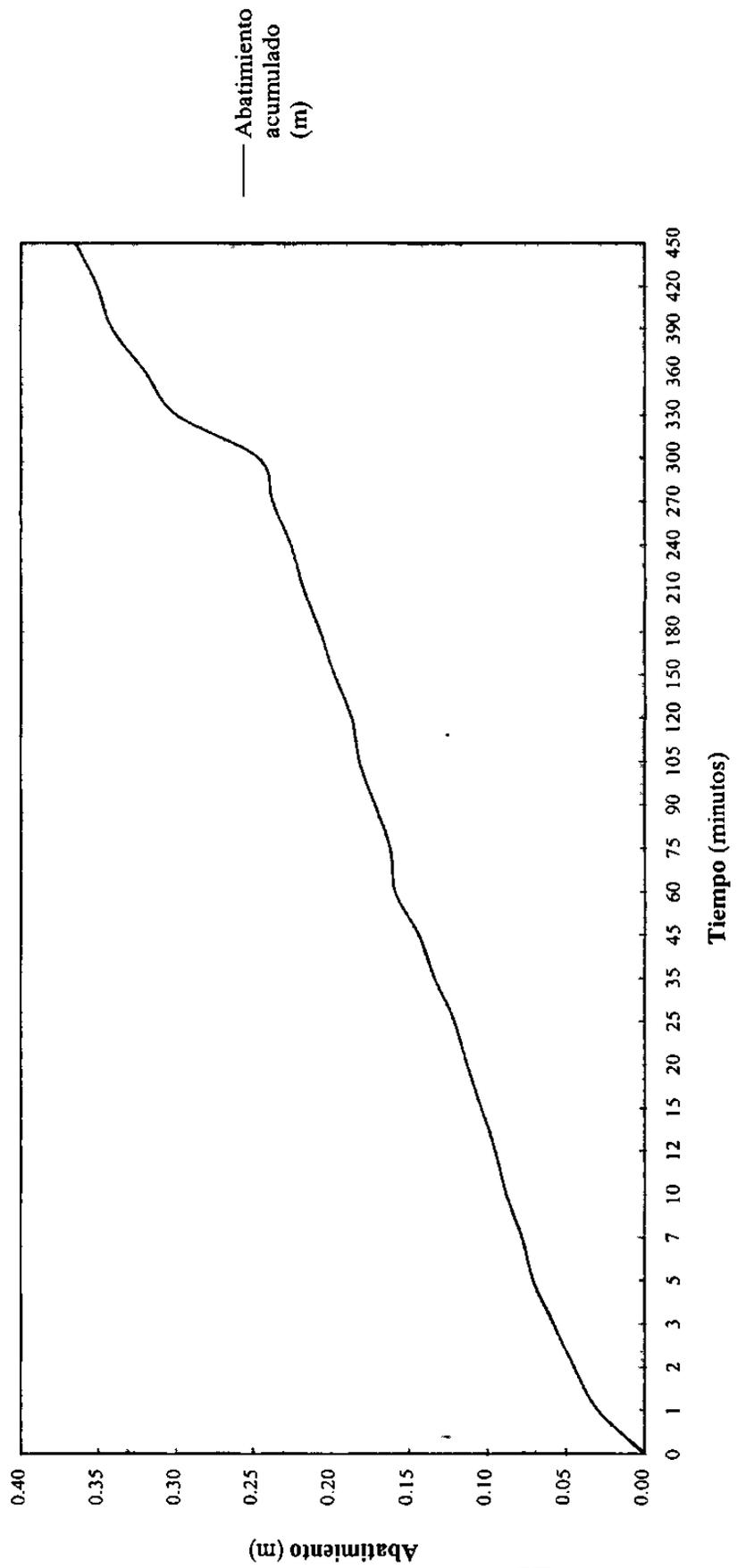
NÍVEL ESTÁTICO: 30.85 m

NÍVEL DE ABATIMIENTO: 31.22 m

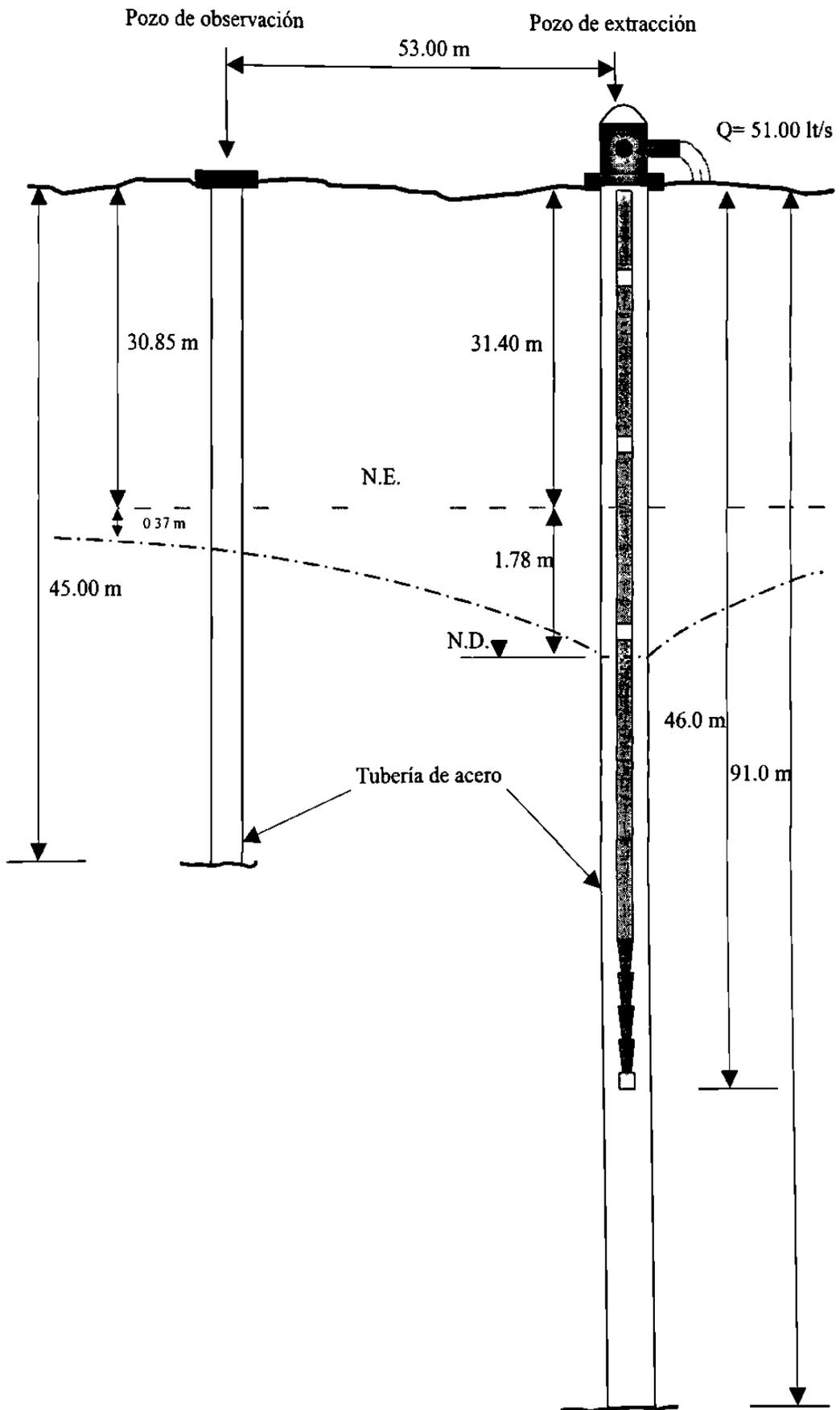
DISTANCIA AL POZO DE EXTRACCIÓN: 53.00 m

REGISTRO DE PRUEBA DE BOMBEO (POZO DE OBSERVACIÓN)					
Nº de Lectura	Tiempo (mn)	Profundidad del Nivel Estático (m)	Profundidad del Nivel de abatimiento (m)	Abatimiento en cada lectura (m)	Abatimiento acumulado (m)
1	0	30.850	-	-	-
2	1		30.880	0.030	0.030
3	2		30.895	-0.015	0.045
4	3		30.908	-0.013	0.058
5	5		30.921	-0.013	0.071
6	7		30.928	-0.007	0.078
7	10		30.938	-0.010	0.088
8	12		30.945	-0.007	0.095
9	15		30.954	-0.009	0.104
10	20		30.963	-0.009	0.113
11	25		30.971	-0.008	0.121
12	35		30.984	-0.013	0.134
13	45		30.994	-0.010	0.144
14	60		31.009	-0.015	0.159
15	75		31.012	-0.003	0.162
16	90		31.022	-0.010	0.172
17	105		31.032	-0.010	0.182
18	120		31.037	-0.005	0.187
19	150		31.048	-0.011	0.198
20	180		31.057	-0.009	0.207
21	210		31.068	-0.011	0.218
22	240		31.076	-0.008	0.226
23	270		31.088	-0.012	0.238
24	300		31.097	-0.009	0.247
25	330		31.150	-0.053	0.300
26	360		31.170	-0.020	0.320
27	390		31.191	-0.021	0.341
28	420		31.201	-0.010	0.351
29	450		31.215	-0.014	0.365

**PRUEBA DE BOMBEO
(POZO SAN FERNANDO)**

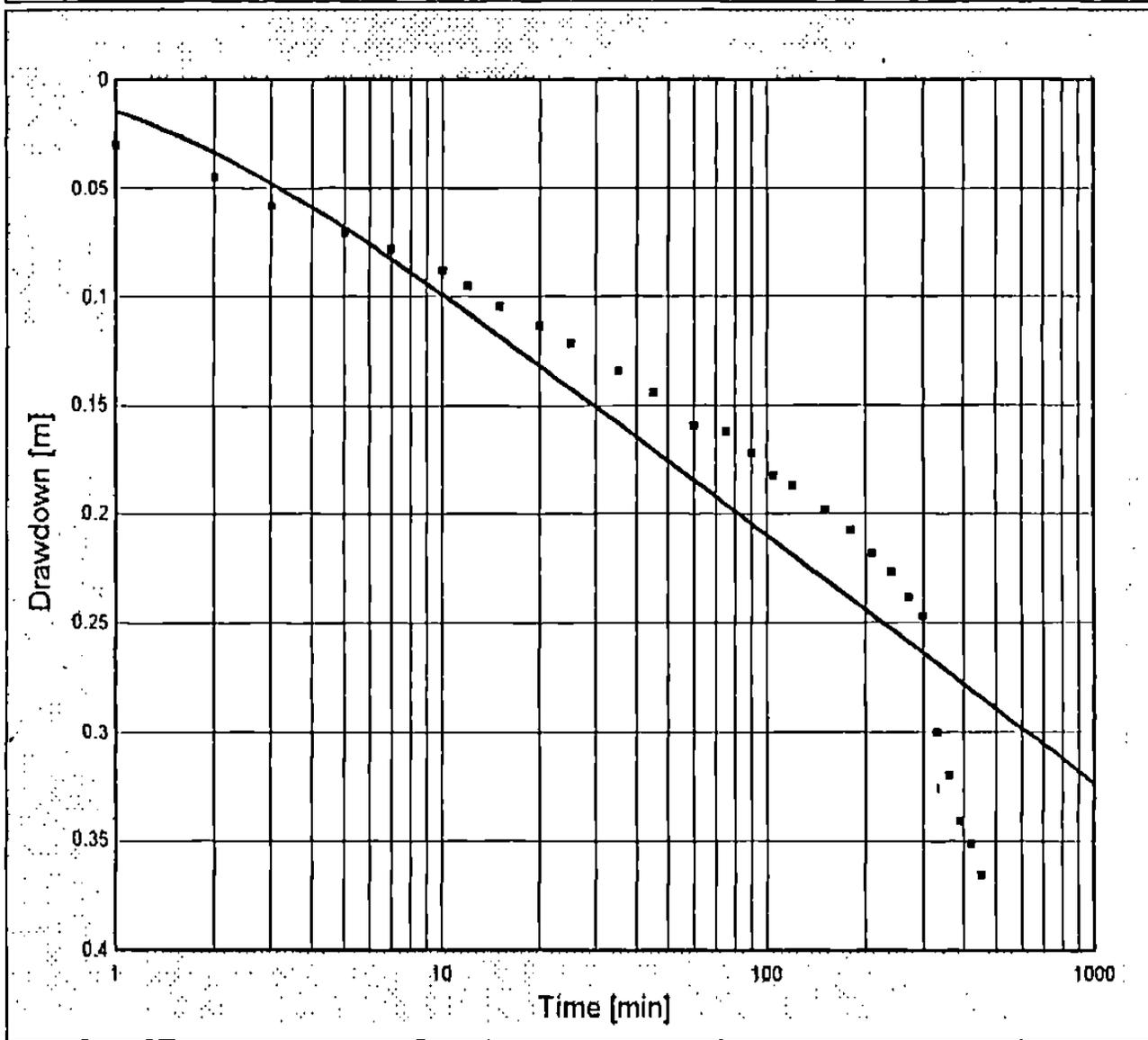


PRUEBA DE BOMBEO



Pumping Test

Well Ident		Name	
P. PAREDON			
Obs. Well Distance [m] 53.00	Average Pump. Rate [m3/day] 51.000	Duration [min] 450.00	Initial Sat. Thickness [m]
Results			
Transmissivity [m2/day] 9333	Storage Coefficient 0.0074453	Leakance [1/day]	Estimation Error [m] 0.03
Fit Method		Jacob Method	



Pumping Test

Well Ident

P. PAREDON

Name

Obs. Well Distance [m]
53.00

Average Pump. Rate [m3/day]
51.000

Duration [min]
450.00

Initial Sat. Thickness [m]

Results

Transmissivity [m2/day]
7210

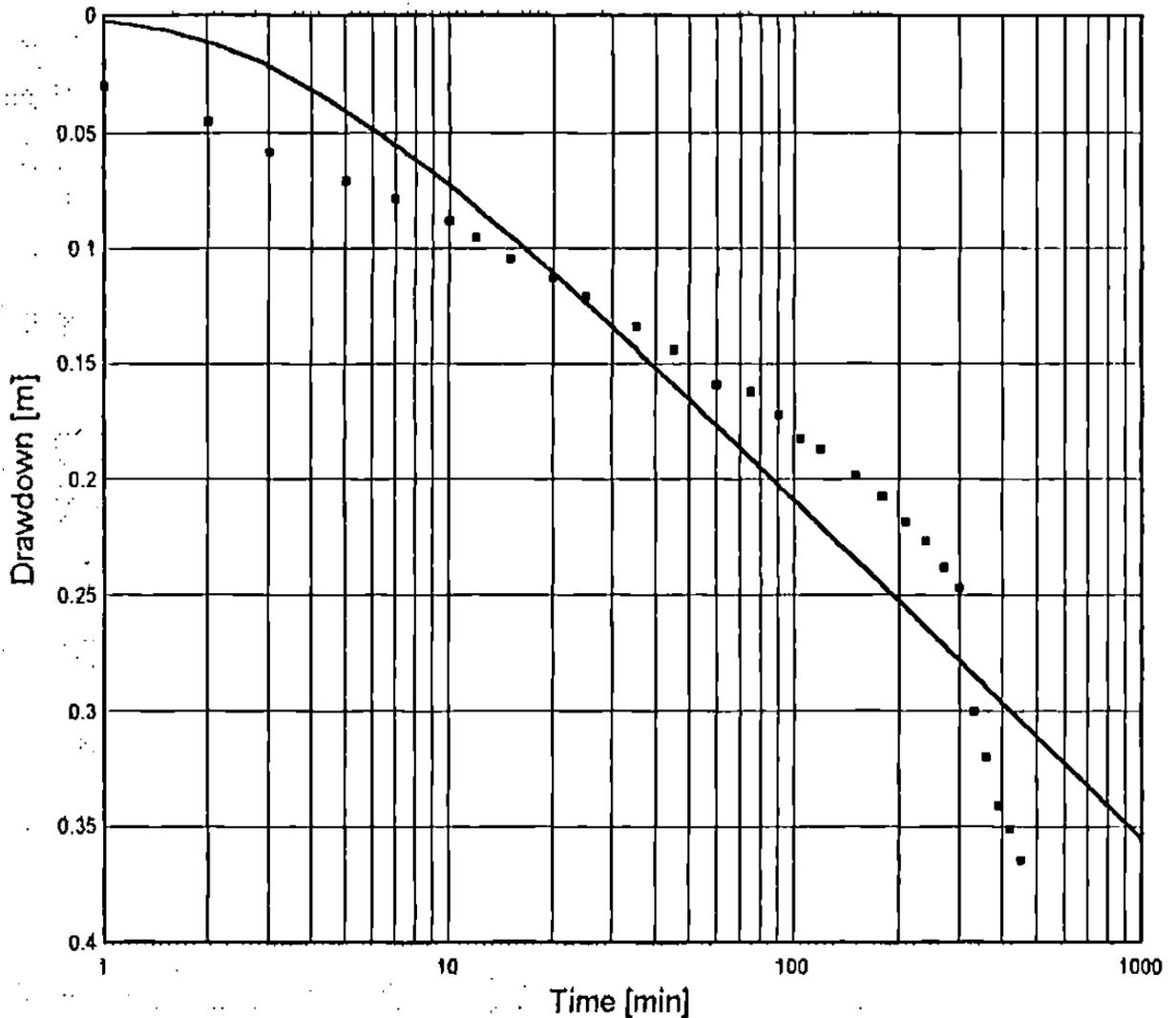
Storage Coefficient
0.015436

Leakance [1/day]
0.00000017488

Estimation Error [m]
0.03

Fit Method

Hantush Method



Pumping Test

Well Ident

P. PAREDON

Name

Obs. Well Distance [m]

53.00

Average Pump. Rate [m³/day]

51.000

Duration [min]

450.00

Initial Sat. Thickness [m]

Results

Transmissivity [m²/day]

7556

Storage Coefficient

0.014457

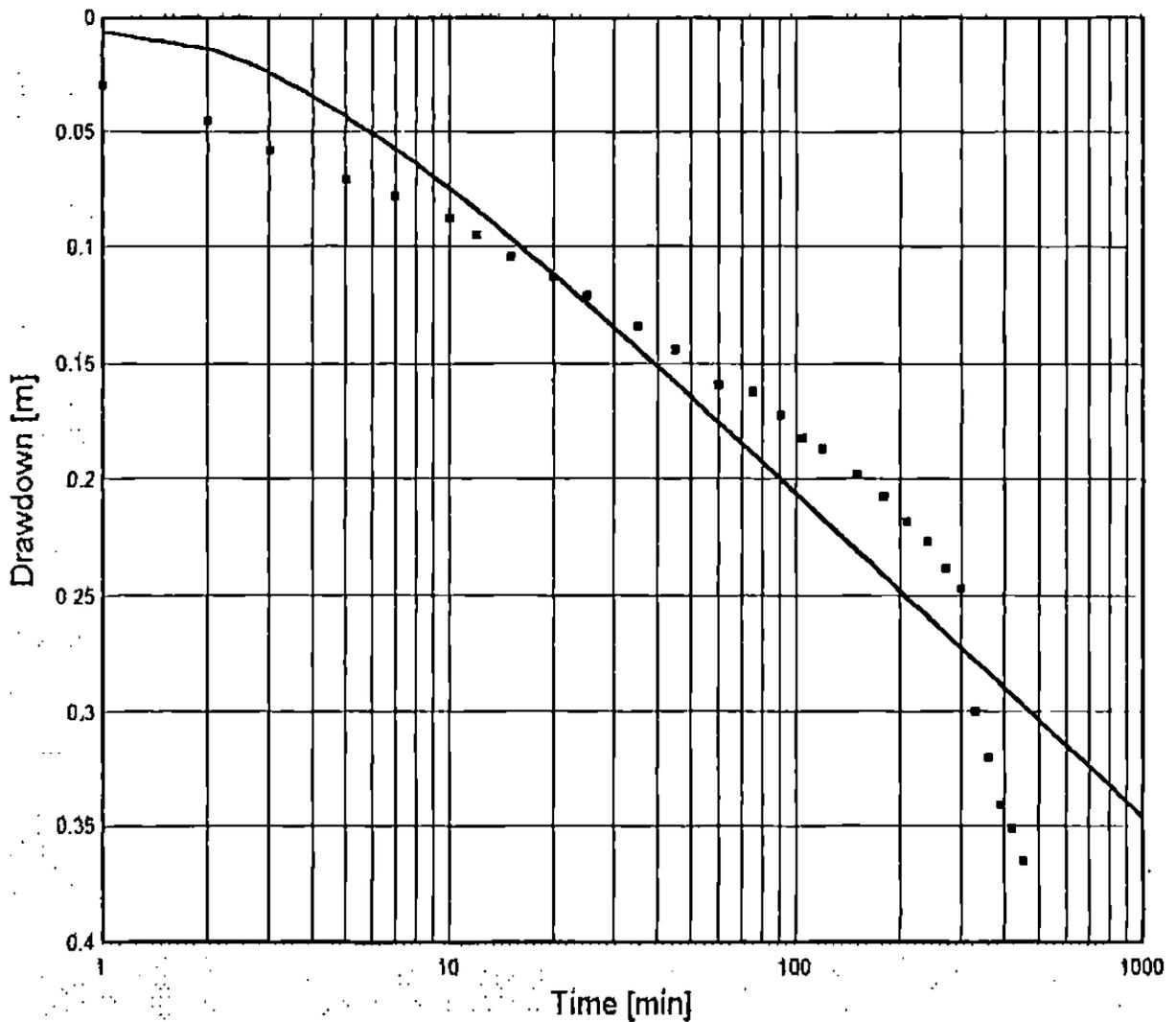
Leakance [1/day]

Estimation Error [m]

0.03

Fit Method

Thels Method



ANEXO B

- * ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE MUESTRAS DE AGUA**
- * NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM-127-SSA1-1996)**

*** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE MUESTRAS DE
AGUA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS: M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS: Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N°: 1

N° Y TIPO DE FUENTE: 1.- Pozo

UBICACIÓN: Rcho. San Francisco

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO: Coahuila

FECHA DE MUESTREO: 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS: 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR: Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 28 °C **pH:** 6.5

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 6.5	DUREZA TOTAL : 1800 mg/l CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3650 umhos/cm	DUREZA CALCICA : 1010 mg/l CaCO ₃
STD : 3860 mg/l	DUREZA MAGNESICA : 790 mg/l CaCO ₃
TURBIEDAD : 1.5 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL : 235 mg/l CaCO ₃

CACIONES

Calcio (Ca) :	404.20	mg/l
Magnesio (Mg) :	191.97	mg/l
Sodio (Na) :	300.00	mg/l
Hierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	286.70	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1589.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	2.50	mg/l
Cloruro (Cl) :	430.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 20.70 mg/l

Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3

PARAMETROS CALCULADOS

CACIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	20.23	41.12	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.61	9.37
Magnesio (Mg) :	15.79	32.09	Sulfatos (SO ₄) :	31.71	64.44
Sodio (Na) :	13.18	26.79	Nitrato (NO ₃) :	0.04	0.08
Hierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	12.85	26.11
suma	49.20	100.00	suma	49.21	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 2

N° Y TIPO DE FUENTE : 2.- Pozo

UBICACIÓN: Rcho. San Ignacio

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 28 °C pH : 6.6

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 6.8	DUREZA TOTAL :	1760	mg/l CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3600 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	940	mg/l CaCO ₃
STD : 3240 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	820	mg/l CaCO ₃
TURBIEDAD : 6,3 mg/l SiO ₄	ALCALINIDAD TOTAL :	235	mg/l CaCO ₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	376.75	mg/l
Magnesio (Mg) :	199.30	mg/l
Sodio (Na) :	280.00	mg/l
Fierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	286.75	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1520.50	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	2.50	mg/l
Cloruro (Cl) :	336.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 20.50 mg/l

Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 2,9

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq l	% meq/l
Calcio (Ca) :	18.25	40.00	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.73	10.37
Magnesio (Mg) :	15.31	33.55	Sulfatos (SO ₄) :	30.97	67.89
Sodio (Na) :	12.07	26.45	Nitrato (NO ₃) :	0.04	0.09
Fierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	9.88	21.66
suma	45.63	100.00	suma	45.62	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 3

N° Y TIPO DE FUENTE : 5.- Pozo

UBICACIÓN: Rcho. San Ignacio

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 29 °C pH : 6.8

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 6.9	DUREZA TOTAL :	1520	mg/l CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3500 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	880	mg/l CaCO ₃
STD : 3250 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	640	mg/l CaCO ₃
TURBIEDAD : 4,7 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL :	235	mg/l CaCO ₃

CACIONES

Calcio (Ca) :	352.70	mg/l
Magnesio (Mg) :	155.55	mg/l
Sodio (Na) :	300.00	mg/l
Hierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	286.75	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1435.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	2.30	mg/l
Cloruro (Cl) :	355.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 21.8 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3,4

PARAMETROS CALCULADOS

CACIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	17.45	40.35	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.58	10.59
Magnesio (Mg) :	12.34	28.53	Sulfatos (SO ₄) :	28.70	66.36
Sodio (Na) :	13.46	31.12	Nitrato (NO ₃) :	0.03	0.07
Hierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	9.94	22.98
suma	43.25	100.00	suma	43.25	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 4

N° Y TIPO DE FUENTE : 10.- Pozo

UBICACIÓN: Rcho. Estrella

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 26 °C pH : 6.8

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 6.9	DUREZA TOTAL : 1600 mg/l CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3765 umhos/cm	DUREZA CALCICA : 840 mg/l CaCO ₃
STD : 3135 mg/l	DUREZA MAGNESICA : 760 mg/l CaCO ₃
TURBIEDAD : 0,6 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL : 200 mg/l CaCO ₃

CACIONES

Calcio (Ca) :	336.67	mg/l
Magnesio (Mg) :	184.72	mg/l
Sodio (Na) :	300.00	mg/l
Hierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	244.00	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1545.80	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	2.40	mg/l
Cloruro (Cl) :	355.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 19.5 mg/l

Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3,3

PARAMETROS CALCULADOS

CACIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	16.71	37.27	Bicarbonatos (HCO ₃) :	3.91	8.72
Magnesio (Mg) :	14.74	32.87	Sulfatos (SO ₄) :	30.90	68.90
Sodio (Na) :	13.39	29.86	Nitrato (NO ₃) :	0.04	0.09
Hierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	10.00	22.30
suma	44.84	100.00	suma	44.85	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 5

N° Y TIPO DE FUENTE : 13.- Pozo

UBICACIÓN: Rcho. Santa Herminia

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 25 °C pH : 7.0

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 7,1	DUREZA TOTAL :	1700	mg/l	CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3875 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	820	mg/l	CaCO ₃
STD : 3470 mg/l	DUREZA MAGNÉSICA :	880	mg/l	CaCO ₃
TURBIEDAD : 1,1 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL :	225	mg/l	CaCO ₃

CACIONES

Calcio (Ca) :	328.10	mg/l
Magnesio (Mg) :	213.80	mg/l
Sodio (Na) :	320.00	mg/l
Hierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	270.00	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1498.90	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	2.60	mg/l
Cloruro (Cl) :	459.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 21.2 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3,4

PARAMETROS CALCULADOS

CACIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	16.32	34.61	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.32	9.16
Magnesio (Mg) :	17.09	36.24	Sulfatos (SO ₄) :	29.97	63.52
Sodio (Na) :	13.76	29.18	Nitrato (NO ₃) :	0.04	0.08
Hierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	12.84	27.21
suma	47.17	100.02	suma	47.17	99.98

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 9

N° Y TIPO DE FUENTE : 22.- Manantial

UBICACIÓN: Rcho. La Azufrosa

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 45 °C pH : 6.6

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 6,7	DUREZA TOTAL :	1285	mg/l	CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3485 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	890	mg/l	CaCO ₃
STD : 2795 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	395	mg/l	CaCO ₃
TURBIEDAD : 15 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL :	230	mg/l	CaCO ₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	356.00	mg/l
Magnesio (Mg) :	95.98	mg/l
Sodio (Na) :	310.00	mg/l
Fierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	280.60	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1392.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	0.80	mg/l
Cloruro (Cl) :	215.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 28.9 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3,8

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	17.45	45.36	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.49	11.67
Magnesio (Mg) :	7.69	19.99	Sulfatos (SO ₄) :	27.83	72.34
Sodio (Na) :	13.33	34.65	Nitrato (NO ₃) :	0.13	0.34
Fierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	6.02	15.65
suma	38.47	100.00	suma	38.47	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 11

N° Y TIPO DE FUENTE : 25.- Manantial

UBICACIÓN: Comunidad Las Cuatas

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 28 °C pH : 7.1

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 7,2	DUREZA TOTAL :	1640	mg/l	CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 4250 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	1230	mg/l	CaCO ₃
STD : 3780 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	410	mg/l	CaCO ₃
TURBIEDAD : 66 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL :	225	mg/l	CaCO ₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	492.00	mg/l
Magnesio (Mg) :	99.63	mg/l
Sodio (Na) :	317.00	mg/l
Hierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	274.50	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1693.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	0.10	mg/l
Cloruro (Cl) :	265.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 30.6 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3,4

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	24.10	52.75	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.39	9.61
Magnesio (Mg) :	7.97	17.44	Sulfatos (SO ₄) :	33.86	74.12
Sodio (Na) :	13.62	29.81	Nitrato (NO ₃) :	0.01	0.02
Hierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	7.42	16.24
suma	45.69	100.00	suma	45.68	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 12

N° Y TIPO DE FUENTE : 26.- Pozo

UBICACIÓN: Rancho Nuevo

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 28 °C pH : 6.7

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 6,9	DUREZA TOTAL :	1450	mg/l CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 2425 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	800	mg/l CaCO ₃
STD : 3310 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	650	mg/l CaCO ₃
TURBIEDAD : 15 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL :	250	mg/l CaCO ₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	320.00	mg/l
Magnesio (Mg) :	157.95	mg/l
Sodio (Na) :	307.00	mg/l
Fierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	305.00	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1510.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	1.40	mg/l
Cloruro (Cl) :	235.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 12.4 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3,5

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	15.65	37.49	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.88	11.69
Magnesio (Mg) :	12.91	30.92	Sulfatos (SO ₄) :	30.25	72.47
Sodio (Na) :	13.19	31.59	Nitrato (NO ₃) :	0.02	0.05
Fierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	6.59	15.79
suma	41.75	100.00	suma	41.74	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R..

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 13

N° Y TIPO DE FUENTE : 28.- Pozo

UBICACIÓN: Rancho Nuevo

MUNICIPIO: Ramos Arizpe

ESTADO : Coahuila

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 30 °C pH : 6.9

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 7,0	DUREZA TOTAL :	1530	mg/l CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3540 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	820	mg/l CaCO ₃
STD : 3300 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	710	mg/l CaCO ₃
TURBIEDAD : 21 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL :	255	mg/l CaCO ₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	328.00	mg/l
Magnesio (Mg) :	172.53	mg/l
Sodio (Na) :	300.00	mg/l
Hierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	311.12	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1505.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	1.90	mg/l
Cloruro (Cl) :	274.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 18.4 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3,4

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq l	% meq l
Calcio (Ca) :	16.07	37.57	Bicarbonatos (HCO ₃) :	4.98	11.64
Magnesio (Mg) :	13.80	32.27	Sulfatos (SO ₄) :	30.10	70.36
Sodio (Na) :	12.90	30.16	Nitrato (NO ₃) :	0.03	0.07
Hierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	7.67	17.93
suma	42.77	100.00	suma	42.78	100.00

Los análisis se efectuaron siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 14

N° Y TIPO DE FUENTE : 29.- Pozo

UBICACIÓN: Comunidad El Milagro

MUNICIPIO: García

ESTADO : Nuevo León

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 27 °C pH : 7.3

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 7,5	DUREZA TOTAL :	1205	mg/l	CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 3200 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	715	mg/l	CaCO ₃
STD : 2650 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	490	mg/l	CaCO ₃
TURBIEDAD : 3.3 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL :	290	mg/l	CaCO ₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	286.00	mg/l
Magnesio (Mg) :	119.07	mg/l
Sodio (Na) :	290.00	mg/l
Fierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	353.80	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1080.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	2.10	mg/l
Cloruro (Cl) :	320.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 16.1 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 3.6

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	14.02	38.68	Bicarbonatos (HCO ₃) :	5.66	15.62
Magnesio (Mg) :	9.76	26.92	Sulfatos (SO ₄) :	21.60	59.59
Sodio (Na) :	12.47	34.40	Nitrato (NO ₃) :	0.03	0.08
Fierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	8.96	24.72
suma	36.25	100.00	suma	36.25	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 15

N° Y TIPO DE FUENTE : 31.- Pozo

UBICACIÓN: Comunidad El Milagro

MUNICIPIO: García

ESTADO : Nuevo León

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 27 °C **pH :** 7.3

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 7.3	DUREZA TOTAL : 1050	mg/l CaCO₃
CONDUCTIVIDAD : 3565 umhos/cm	DUREZA CALCICA : 510	mg/l CaCO₃
STD : 3175 mg/l	DUREZA MAGNESICA : 540	mg/l CaCO₃
TURBIEDAD : 52 mg/l SiO ₂	ALCALINIDAD TOTAL : 300	mg/l CaCO₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	204.41	mg/l
Magnesio (Mg) :	131.25	mg/l
Sodio (Na) :	390.00	mg/l
Fierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO₃) :	365.00	mg/l
Sulfatos (SO₄) :	1159.00	mg/l
Nitrato (NO₃) :	1.90	mg/l
Cloruro (Cl) :	325.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 15.6 **mg/l**
Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 5.2

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	10.20	26.71	Bicarbonatos (HCO₃) :	5.84	15.29
Magnesio (Mg) :	10.50	27.49	Sulfatos (SO₄) :	23.18	60.68
Sodio (Na) :	17.49	45.80	Nitrato (NO₃) :	0.03	0.08
Fierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	9.15	23.95
suma	38.19	100.00	suma	38.20	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

NOMBRE DE LA TESIS:

"Comportamiento hidráulico y geoquímico del acuífero granular de la cuenca de Paredón-Icamole, entre los estados de Nuevo León y Coahuila, en México"

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

ASESOR INTERNO DE TESIS : M. C. Víctor M. Aguilera R.

ASESOR EXTERNO DE TESIS : Dr. Juan M. Rodríguez Mtz.

MUESTRA N° : 16

N° Y TIPO DE FUENTE : 32.- Pozo

UBICACIÓN: Comunidad El Milagro

MUNICIPIO: García

ESTADO : Nuevo León

FECHA DE MUESTREO : 3 de Julio de 1996

FECHA DE ANÁLISIS : 4 de Julio de 1996

MUESTRA TOMADA POR : Ing. Fco. Torres Cerda e Ing. Eugenio H. Rico

DETERMINACIONES EN CAMPO

TEMPERATURA: 30 °C pH : 7.3

DETERMINACIONES EN LABORATORIO

pH : 7,5	DUREZA TOTAL :	1170	mg/l CaCO ₃
CONDUCTIVIDAD : 1133 umhos/cm	DUREZA CALCICA :	600	mg/l CaCO ₃
STD : 850 mg/l	DUREZA MAGNESICA :	570	mg/l CaCO ₃
TURBIEDAD : 4 mg/l SiO ₄	ALCALINIDAD TOTAL :	283	mg/l CaCO ₃

CATIONES

Calcio (Ca) :	240.00	mg/l
Magnesio (Mg) :	138.51	mg/l
Sodio (Na) :	320.00	mg/l
Fierro (Fe) :	0.00	mg/l

ANIONES

Bicarbonatos (HCO ₃) :	345.26	mg/l
Sulfatos (SO ₄) :	1125.00	mg/l
Nitrato (NO ₃) :	2.10	mg/l
Cloruro (Cl) :	315.00	mg/l

OTRAS DETERMINACIONES

Silice (SiO₂) : 17.5 mg/l
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) : 4.0

PARAMETROS CALCULADOS

CATIONES	meq/l	% meq/l	ANIONES	meq/l	% meq/l
Calcio (Ca) :	11.76	31.90	Bicarbonatos (HCO ₃) :	5.52	14.98
Magnesio (Mg) :	11.35	30.78	Sulfatos (SO ₄) :	22.50	61.03
Sodio (Na) :	13.76	37.32	Nitrato (NO ₃) :	0.03	0.07
Fierro (Fe) :	0.00	0.00	Cloruro (Cl) :	8.82	23.92
suma	36.87	100.00	suma	36.87	100.00

Los análisis se efectuarán siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas y los procedimientos de los métodos estandar para análisis de agua de la APHA, AWWA y WPCF.

*** NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM-127-SSA1-1996)**

SECRETARIA DE SALUD

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".

GUSTAVO OLAIZ FERNANDEZ, Director General de Salud Ambiental, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3o fracción XIV, 13 apartado A fracción I, 118 fracción II y 119 fracción II de la Ley General de Salud; 38 fracción II, 40 fracción I y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 218, 224, 227 y demás aplicables del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios; 8o. fracción IV y 28 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 31 de mayo de 1994, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Dirección General de Salud Ambiental presentó al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, el anteproyecto de la presente Norma Oficial Mexicana.

Que con fecha 16 de agosto, en cumplimiento del acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana a efecto de que dentro de los siguientes noventa días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario

Que en fecha previa 3 de febrero de 1995, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la respuesta a los comentarios recibidos por el mencionado Comité, en términos del artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION"

INDICE

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION
2. REFERENCIAS
3. DEFINICIONES
4. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AGUA
6. TRATAMIENTOS PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA
6. BIBLIOGRAFIA
7. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
8. OBSERVANCIA DE LA NORMA
9. VIGENCIA
0. Introducción

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas.

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización.

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

2. Referencias

NOM-008-SCFI-1993 "Sistema General de Unidades de Medida".

3. Definiciones

3.1 Ablandamiento: Proceso de remoción de los iones calcio y magnesio, principales causantes de la dureza del agua.

3.2 Adsorción: Remoción de iones y moléculas de una solución que presentan afinidad a un medio sólido adecuado, de forma tal que son separadas de la solución.

3.3 Agua para uso y consumo humano: Aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano.

3.4 Características bacteriológicas: Son aquellas debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y organismos coliformes fecales.

3.5 Características físicas y organolépticas: Son aquellas que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

3.6 Características químicas: Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana.

3.7 Características radiactivas: Son aquellas resultantes de la presencia de elementos radiactivos.

3.8 Coagulación química: Adición de compuestos químicos al agua, para alterar el estado físico de los sólidos disueltos, coloidales o suspendidos, a fin de facilitar su remoción por precipitación o filtración.

3.9 Contingencia: Situación de cambio imprevisto en las características del agua por contaminación externa, que ponga en riesgo la salud humana.

3.10 Desinfección: Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

3.11 Filtración: Remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.

3.12 Floculación: Aglomeración de partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación química, a través de medios mecánicos o hidráulicos.

3.13 Intercambio iónico: Proceso de remoción de aniones o cationes específicos disueltos en el agua a través de su reemplazo por aniones o cationes provenientes de un medio de intercambio, natural o sintético, con el que se pone en contacto.

3.14 Límite permisible: Concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.

3.15 Neutralización: Ajuste del pH, mediante la adición de agentes químicos básicos o ácidos al agua en su caso, con la finalidad de evitar incrustación o corrosión de materiales que puedan afectar su calidad.

3.16 Osmosis Inversa: Proceso esencialmente físico para remoción de iones y moléculas disueltos en el agua, en el cual por medio de altas presiones se fuerza el paso de ella a través de una membrana semipermeable de porosidad específica, reteniéndose en dicha membrana los iones y moléculas de mayor tamaño.

3.17 Oxidación: Introducción de oxígeno en la molécula de ciertos compuestos para formar óxidos.

3.18 Potabilización: Conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano.

3.19 Precipitación: Proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas sedimentables del agua, por efecto gravitacional.

3.20 Sistema de abastecimiento: Conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, cárcamos de bombeo, líneas de conducción y red de distribución.

4. Límites permisibles de calidad del agua

4.1 Límites permisibles de características bacteriológicas

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar.

TABLA 1

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml 2 UFC/100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

4.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

TABLA 2

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

4.3 Límites permisibles de características químicas

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

TABLA 3

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN ⁻)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl ⁻)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Hierro	0.30

Fluoruros (como F ⁻)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plagucidas en microgramos/l: Aldrin y dieldrin (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4 - D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

4.4 Límites permisibles de características radiactivas

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

TABLA 4

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
Radiactividad alfa global	0.1
Radiactividad beta global	1.0

5. Tratamientos para la potabilización del agua

La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe fundamentarse en estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad cuando los contaminantes biológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua enlistados a continuación, excedan los límites permisibles establecidos en el apartado 4.

5.1 Contaminación biológica

5.1.1 Bacterias, helmintos, protozoarios y virus.- Desinfección con cloro, compuestos de cloro, ozono o luz ultravioleta.

5.2 Características físicas y organolépticas

5.2.1 Color, olor, sabor y turbiedad.- Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, adsorción en carbón activado u oxidación.

5.3 Constituyentes químicos

- 5.3.1 Arsénico.- Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos; Intercambio iónico u ósmosis Inversa.
- 5.3.2 Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo.- Intercambio iónico u ósmosis Inversa.
- 5.3.3 Cloruros.- Intercambio iónico, ósmosis inversa o destilación.
- 5.3.4 Dureza.- Ablandamiento químico o intercambio iónico.
- 5.3.5 Fenoles o compuestos fenólicos.- Adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.
- 5.3.6 Hierro y/o manganeso.- Oxidación-filtración, Intercambio iónico u ósmosis Inversa.
- 5.3.7 Fluoruros.- Ósmosis Inversa o coagulación química.
- 5.3.8 Materia orgánica.- Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.
- 5.3.9 Mercurio.- Proceso convencional: coagulación-floculación-precipitación-filtración, cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Procesos especiales: en carbón activado granular y ósmosis Inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l; con carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l.
- 5.3.10 Nitratos y nitritos.- Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos.
- 5.3.11 Nitrógeno amoniacal.- Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, desgasificación o desorción en columna.
- 5.3.12 pH (potencial de hidrógeno).- Neutralización.
- 5.3.13 Plagulcidas.- Adsorción en carbón activado granular.
- 5.3.14 Sodio.- Intercambio iónico.
- 5.3.15 Sólidos disueltos totales.- Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o Intercambio iónico.
- 5.3.16 Sulfatos.- Intercambio iónico u ósmosis Inversa.
- 5.3.17 Sustancias activas al azul de metileno.- Adsorción en carbón activado.
- 5.3.18 Trihalometanos.- Alreación u oxidación con ozono y adsorción en carbón activado granular.
- 5.3.19 Zinc.- Destilación o Intercambio iónico.
- 5.3.20 En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, se deben coordinar con la autoridad sanitaria competente, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares; instituciones públicas o empresas privadas involucrados en la contingencia, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población.

6. Bibliografía

- 6.1 "Desinfección del Agua"; Oscar Cáceres López. Lima, Perú. Ministerio de Salud.- Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1990.
- 6.2 "Guías para la Calidad del Agua Potable". Volumen 1. Recomendaciones. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1985.
- 6.3 "Guías para la Calidad del Agua Potable". Volumen 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Organización Panamericana de la Salud. 1987.
- 6.4 "Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas". Proyecto de Revisión. SECOFI. 1992.
- 6.5 "Guide to Selection of Water Treatment Processes". Carl L. Hamann Jr., P.E., J. Brock McEwen, P.E., Anthony G. Meyers, P.E.
- 6.6 "Ingeniería Ambiental". Revista No. 23. Año 7. 1994.
- 6.7 "Ingeniería Sanitaria Aplicada a la Salud Pública". Francisco Unda Opazo. UTEHA 1969.
- 6.8 "Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales". Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Gordon M. Fair, John C. Geyer, Daniel A. Okun. Limusa Wiley. 1971.

6.9 "Instructivo para la Vigilancia y Certificación de la Calidad Sanitaria del Agua para Consumo Humano". Comisión Interna de Salud Ambiental y Ocupacional. Secretaría de Salud. 1987.

6.10 "Integrated Design of Water Treatment Facilities". Susumu Kawamura. John Wiley and Sons, Inc. 1991.

6.11 "Manual de Normas de Calidad para Agua Potable". Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1982.

6.12 "Manual de Normas Técnicas para el Proyecto de Plantas Potabilizadoras". Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1979.

6.13 "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios". Diario Oficial de la Federación, 18 de enero de 1988.

6.14 "Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". JPS. International Programme on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1991.

6.15 "WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". Volume 1: Recommendations. World Health Organization. 1992.

6.16 "WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". Volume 2. Health Criteria and Other Supporting Information. Chapter 1: Microbiological Aspects. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1992.

7. Concordancia con normas internacionales

Al momento de la emisión de esta Norma no se encontró concordancia con normas internacionales.

8. Observancia de la Norma

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que distribuya agua para uso y consumo humano.

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas en coordinación con la Comisión Nacional del Agua, en sus respectivos ámbitos de competencia.

9. Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con carácter de obligatorio, al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 30 de noviembre de 1995.- El Director General de Salud Ambiental; Gustavo Olaiz Fernández.- Rúbrica.

ANEXO C

PLANOS

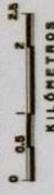


CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

- POBLADOS — (red dots)
- LÍMITE ESTATAL — (dashed line)
- CARRETERAS — (solid black line)
- CAMINOS — (dashed black line)
- FERROCARRIL — (dotted black line)
- ARROYOS — (blue wavy line)
- RÍOS — (solid blue line)
- CURVAS DE NIVEL — (contour lines)
- LÍMITE DE CUENCA — (dashed red line)
- APROVECHAMIENTO — (green circles with '19')

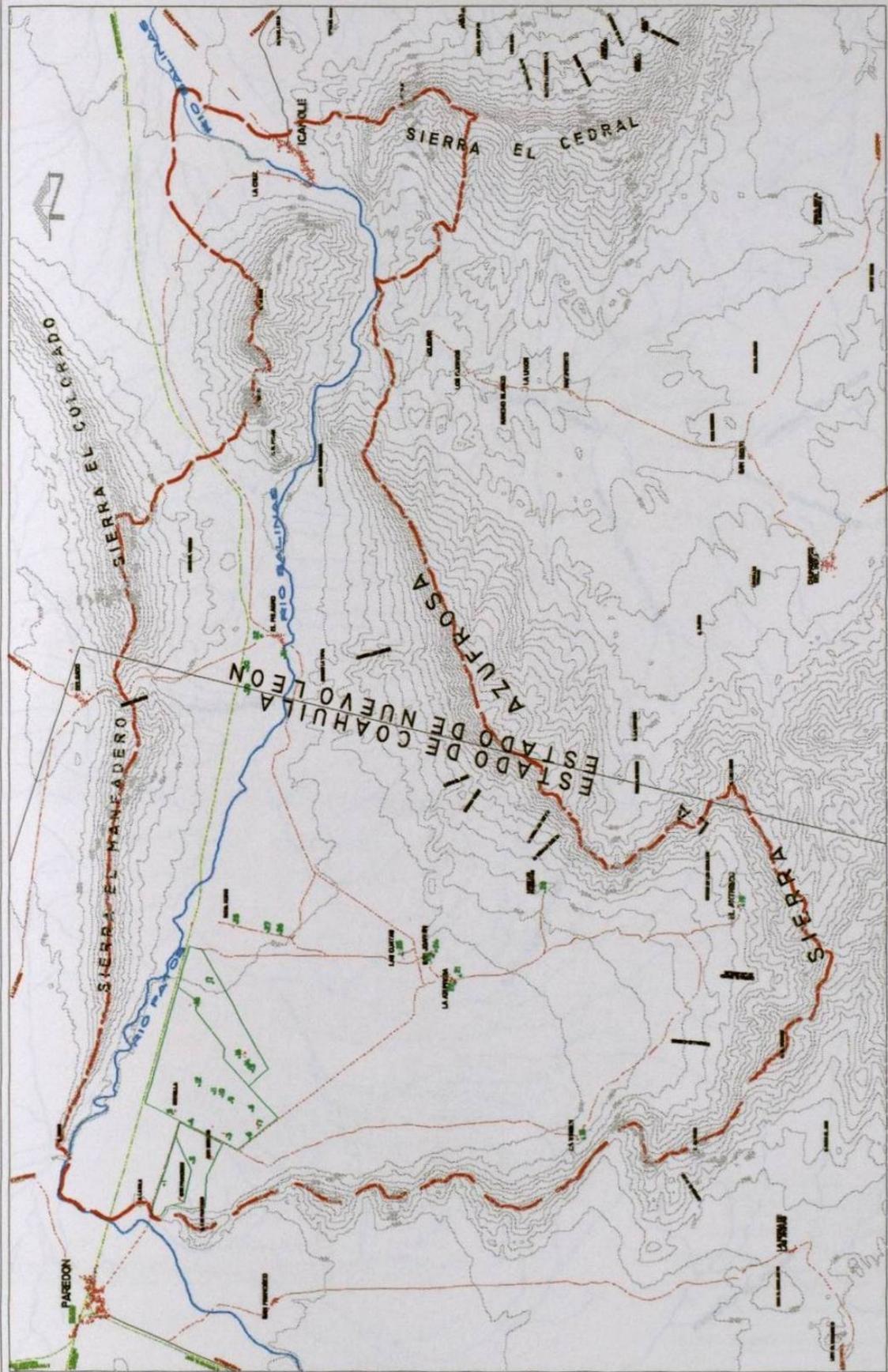
ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
 NOMBRE DE TESIS

COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y ECOLÓGICO DEL ACUÍFDO SUBSALINO DE LA CUENCA DE PARRÓN-CAPULE ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA DE ZARAGOZA

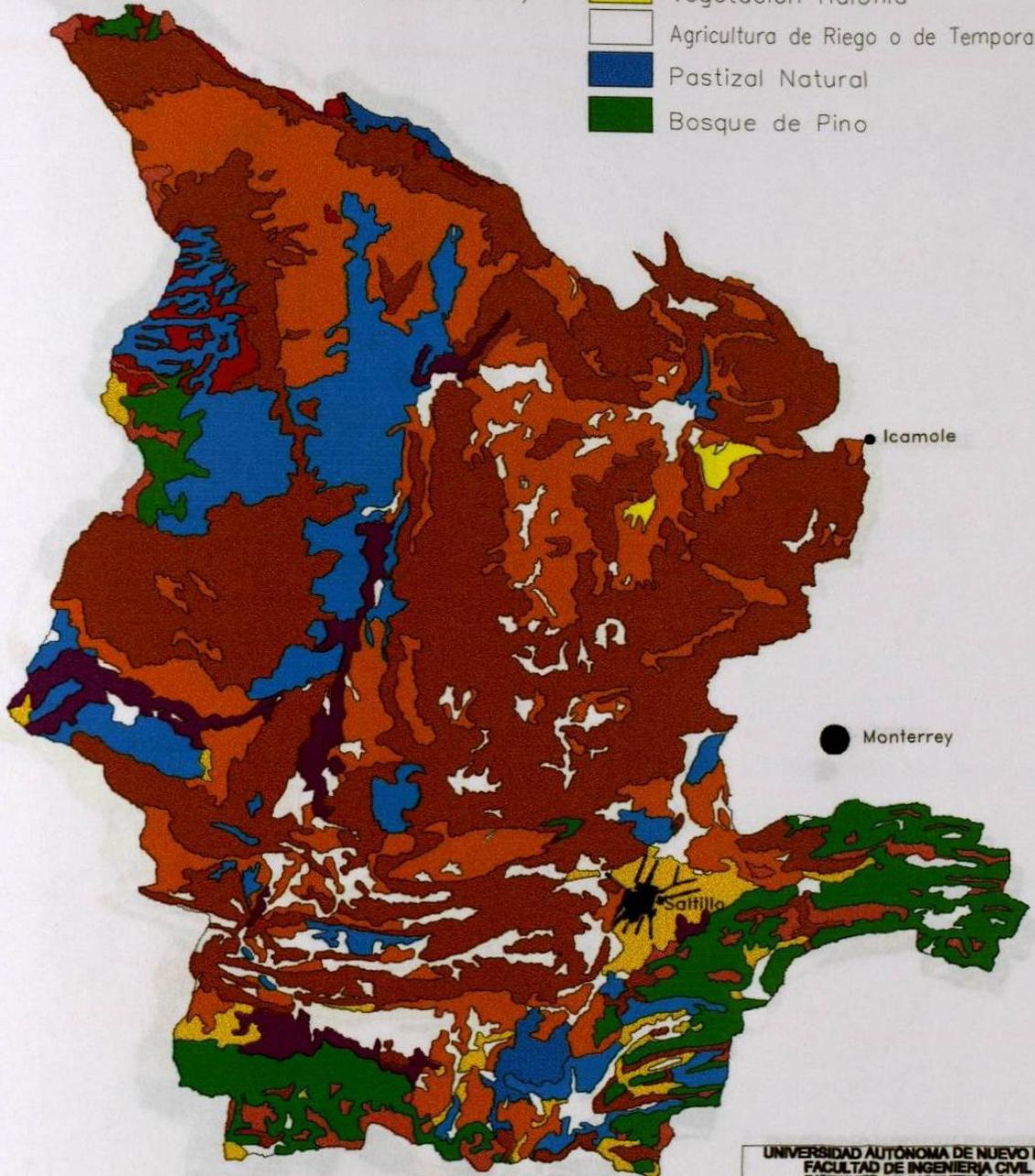
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
 TESIS DE GRADUACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL
 TERCERA EDICIÓN HERNÁNDEZ RICO MONTEAL, F. L.
 PLANO No. 1 | HOJA ÚNICA | SEPTIEMBRE DE 1998



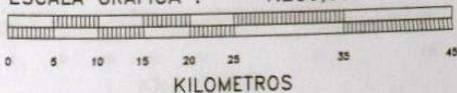
CUENCA SALTILLO-ICAMOLE

TIPO DE VEGETACIÓN

- | | | | |
|---|--|---|------------------------------------|
|  | Matorral Desértico Rosetofilo (Crasi-Rosulifolios) |  | Matorral Submontano |
|  | Matorral Desértico Microfilo (Matorral Subinorme) |  | Pastizal Inducido |
|  | Matorral Desértico Microfilo (Matorral Espinoso) |  | Chaparral |
|  | Matorral Desértico Microfilo (Matorral Inorme) |  | Vegetación Halófila |
| | |  | Agricultura de Riego o de Temporal |
| | |  | Pastizal Natural |
| | |  | Bosque de Pino |



ESCALA GRAFICA : 1:250,000



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD EN CUENCA
(ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA)

NOMBRE DE TESIS
COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO
GRAMULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS
ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO

TEMA: HIDROLOGÍA SUPERFICIAL (TIPO DE VEGETACIÓN)

TESISTA: Eugenio Hernández Rico

CCO. UNIVERSITARIA
MONTERREY, N.L.

PLANO No.: 8

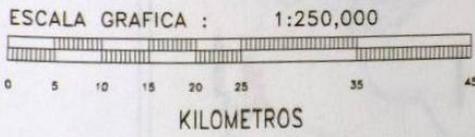
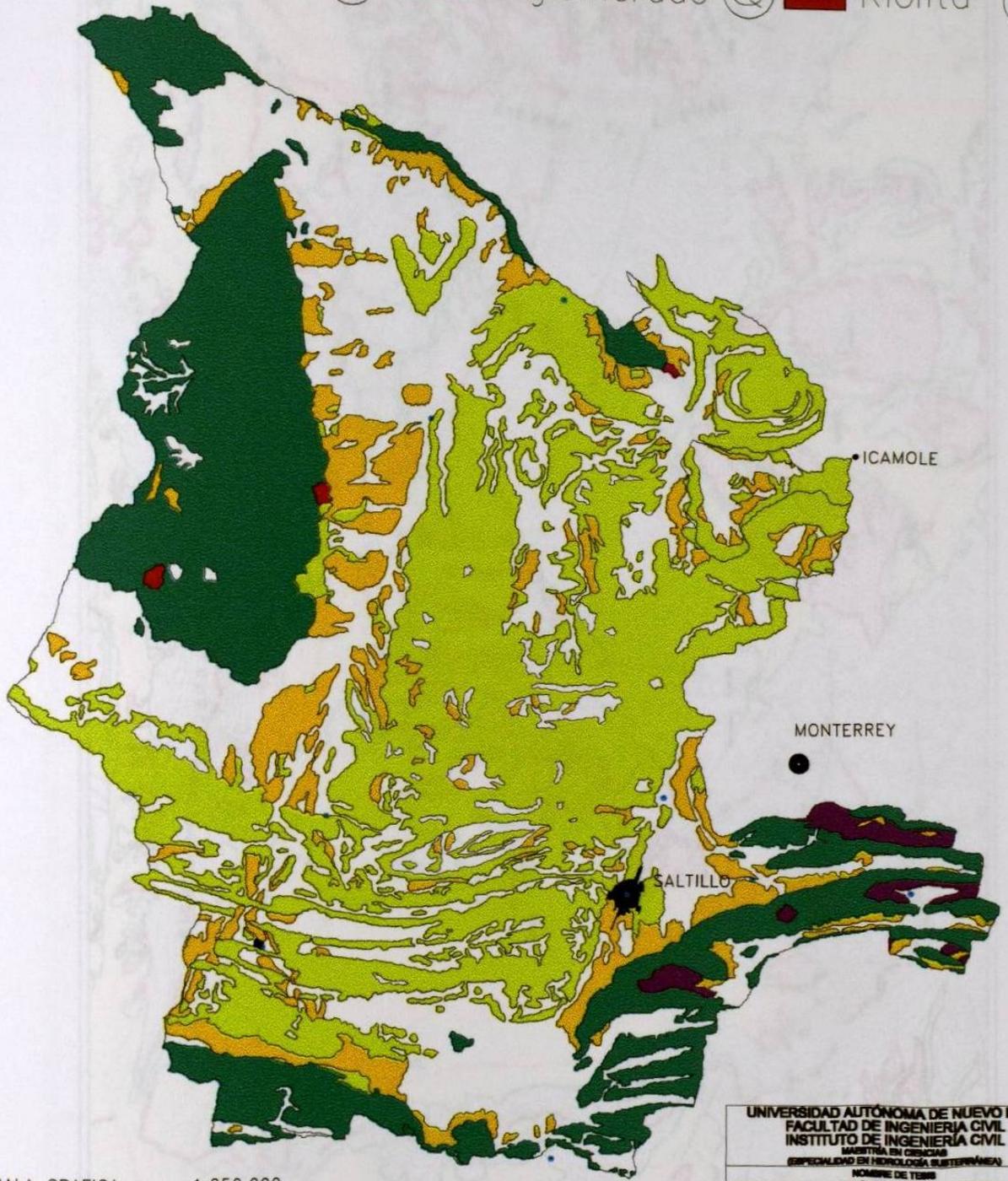
HOJA ÚNICA

ABR. 1988

CUENCA SALTILLO-ICAMOLE

TIPO DE SUELO

- Caliza (Ki)
- Travertino (Tr)
- Aluvi3n (Q)
- Lutita-Arenisca (Ks)
- Conglomerado (Q)
- Riolita (T)



UNIVERSIDAD AUT3NOMA DE NUEVO LE3N
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
MAESTRIA EN CIENCIAS
 ESPECIALIDAD EN HIDROLOGIA SUBTERRANEA

NOMBRE DE TEMA
 COMPORTAMIENTO HIDRAULICO Y GEOLOGICO DEL ACUIFERO
 GRANULAR DE LA CUENCA DE PARED3N-ICAMOLE, ENTRE LOS
 ESTADOS DE NUEVO LE3N Y COAHUILA, EN M3XICO

TEMA: HIDROLOGIA SUPERFICIAL (TIPO DE SUELO)

TECNISTA: Eugenio Hern3ndez Rico CC. UNIVERSITARIA
 MONTERREY, NL,
 ABR 1988

PLANO No.: 4 HOJA UNICA



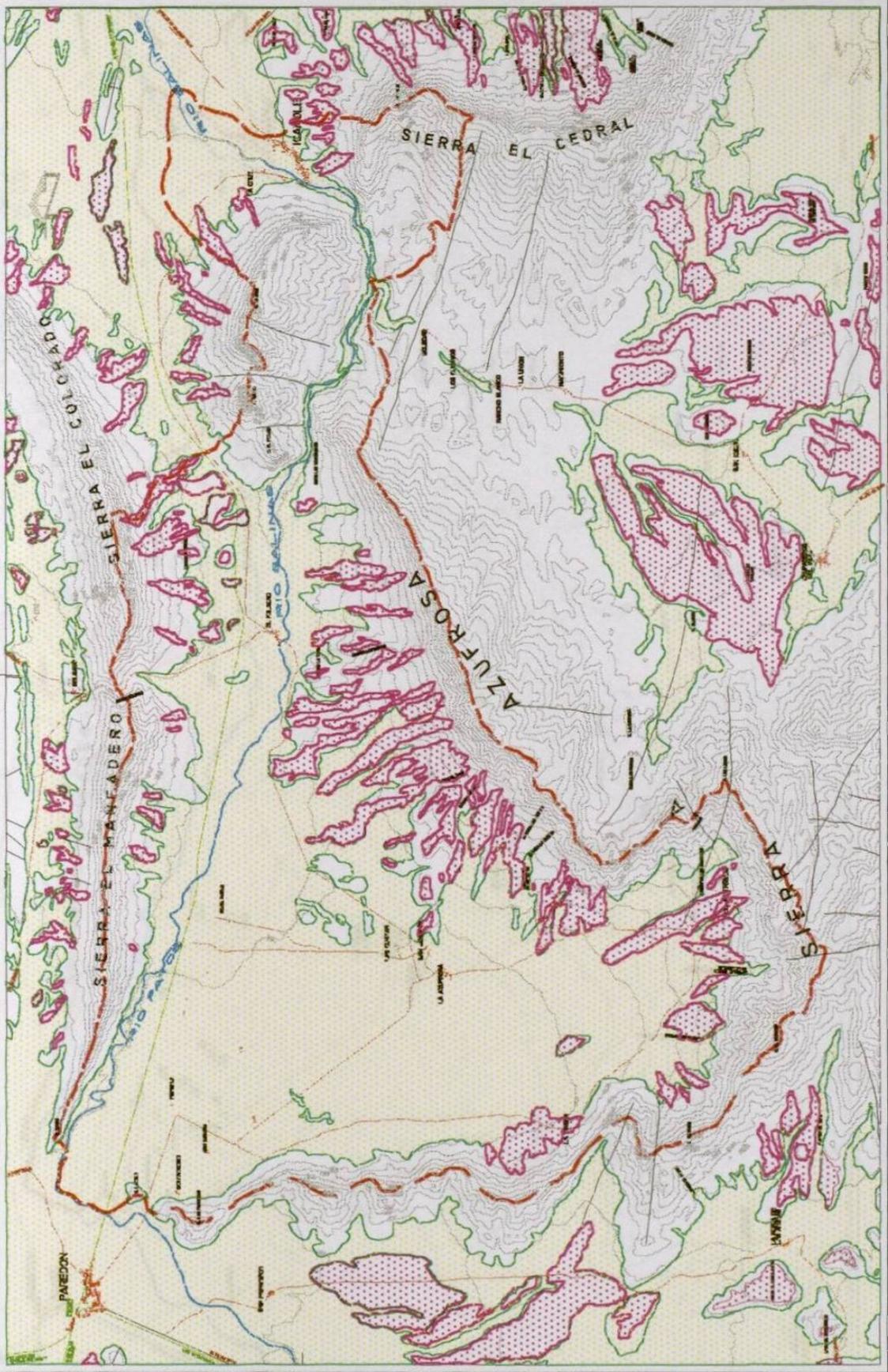
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

	POBLADOS
	CARRETERAS
	CAMINOS
	FERROCARRIL
	ARROYOS
	RIGOS
	CURVAS DE NIVEL
	ALUVIÓN
	LÍMITE DE CUENCA
	CONGLOMERADO
	LUTITA-ARENISCA
	FRACTURA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA
 NOMBRE DE TESIS: **CONFERENCIA NACIONAL Y SIMPOSIO EN INGENIERÍA CIVIL SOBRE LAS BARRAS DE TIPO CÓNICO Y CÓNICA EN RÍOS**
 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO: **SIERRA EL CEDRAL Y SIERRA AZUFROSA**
 AUTOR: **TERIBITA ELENA HERNÁNDEZ RICO**
 PLANO N.º: **8** | HOJA ÚNICA | OCTUBRE DE 1996



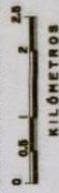


CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

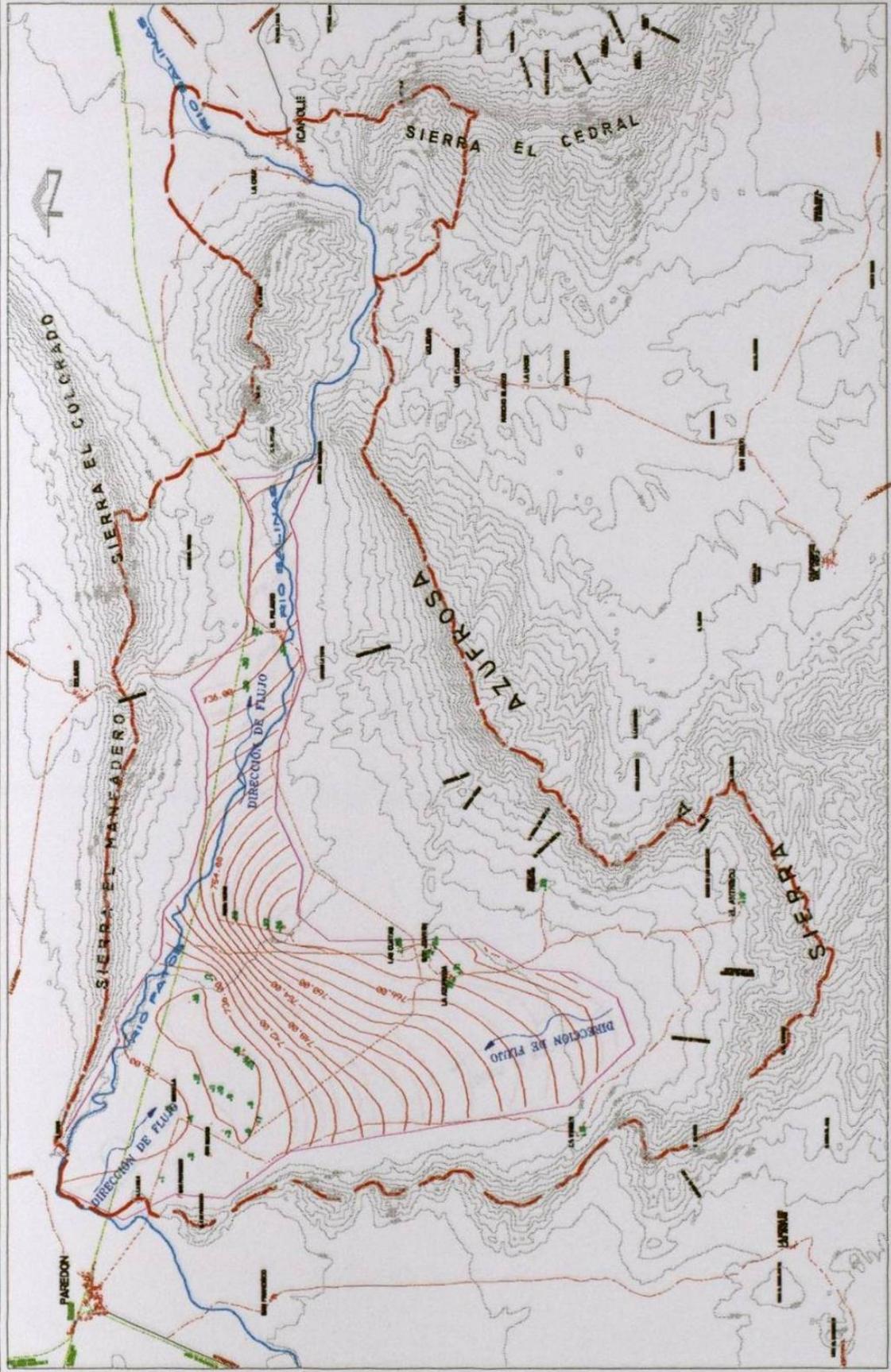
SIMBOLOGÍA

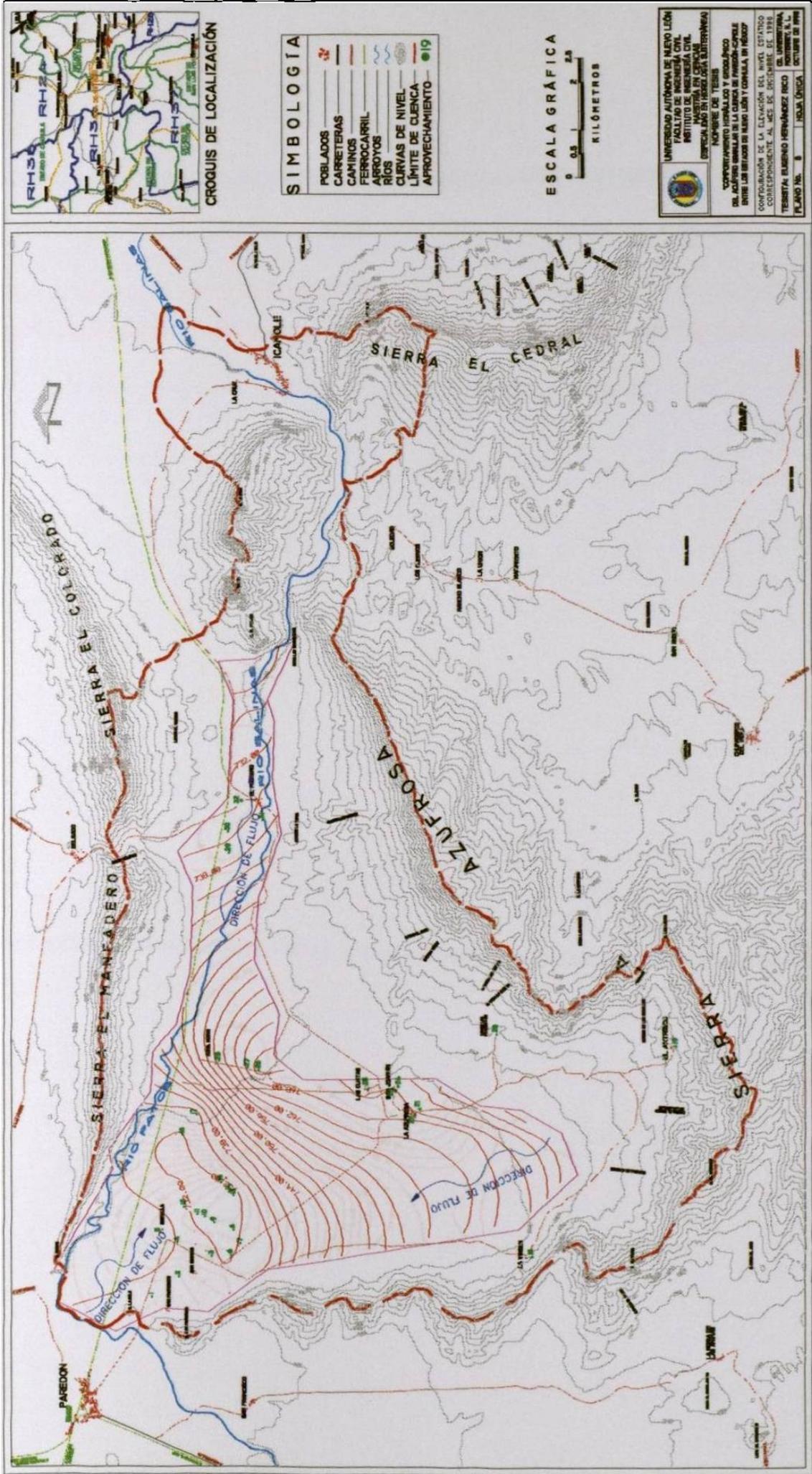
POBLADOS	
CARRETERAS	
CAMINOS	
FERROCARRIL	
ARROYOS	
RIOS	
CURVAS DE NIVEL	
LÍMITE DE CUENCA	
APROVECHAMIENTO	

ESCALA GRÁFICA




 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE DRENAJE
 MONSIEUR DE TESSÉ
 CONVENIO INTERMUNICIPAL Y ACUERDO
 DEL ACERVO INICIAL DE LA CUNCA DE PARÍCUTI-CAPILLA
 ENTRE LOS MUNICIPIOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA DE ZARAGOZA
 CONFECCIONADO AL MES DE ENERO DE 1995
 COAHUILA DE ZARAGOZA, COAHUILA DE ZARAGOZA, COAHUILA DE ZARAGOZA
 TESIS DE GRADUACIÓN
 TITULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA EL MUNICIPIO DE
 NUEVO LEÓN.



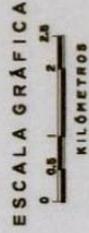




CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

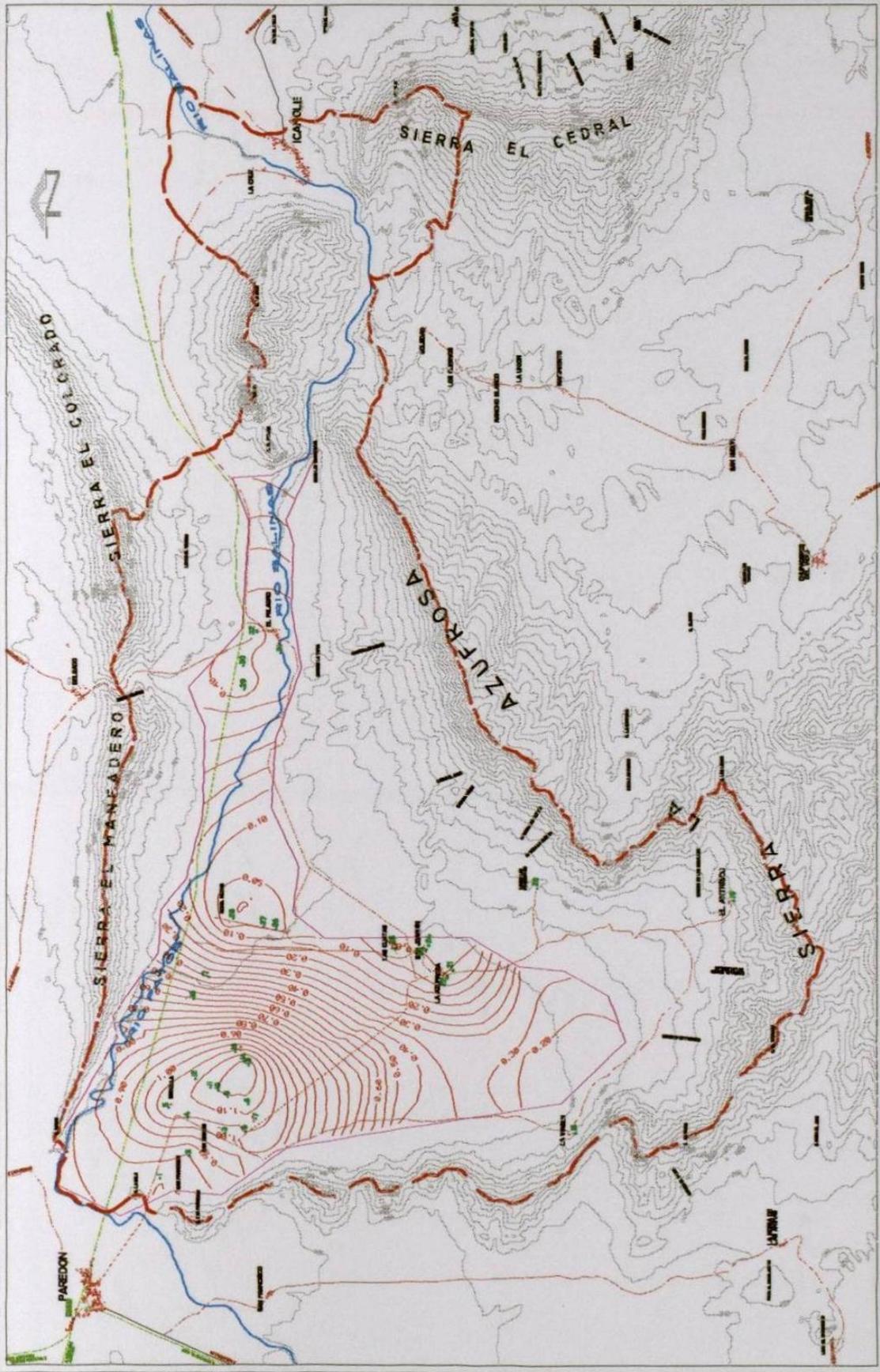
SIMBOLOGÍA

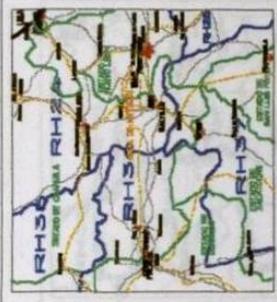
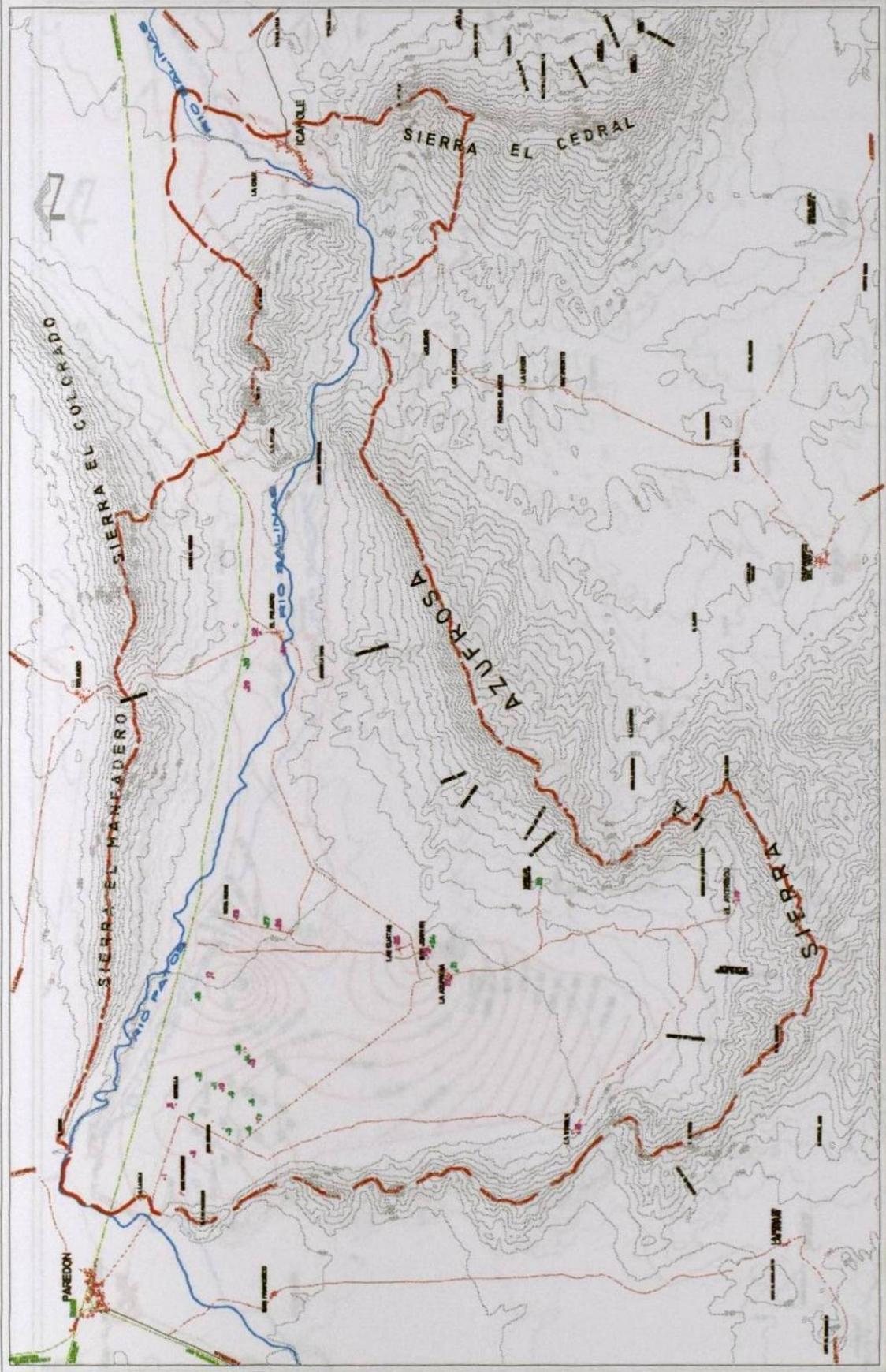
POBLADOS	
CARRETERAS	
CAMINOS	
FERROCARRIL	
ARROYOS	
RIOS	
CURVAS DE NIVEL	
LÍMITE DE CUENCA	
APROVECHAMIENTO	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS (IIC)
 ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA (MATERIA)
 NOMBRAMIENTO DE TESIS

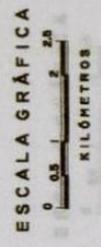
CONFERENTE: HERNÁNDEZ Y GARCÍA
 DEL ACUERDO SUPLENTE DE LA CATEDRA DE INGENIERÍA CIVIL
 ENTRE LOS INGENIEROS EN INGENIERÍA CIVIL Y CIVIL EN INGENIERÍA
 EN LA CATEDRA DE INGENIERÍA CIVIL
 TESIS: BARRIO HERNÁNDEZ Y GARCÍA
 PLANO No. 9 HOGAR ÚNICO





SIMBOLOGÍA

POBLADOS	
CARRETERAS	
CANINOS	
FERROCARRIL	
RIGOS	
CURVAS DE NIVEL	
LÍMITE DE CUENCA	
APROVECHAMIENTOS	
MUESTREADOS	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA AMBIENTAL

NOMBRE DE TESIS
 "CONVENIENCIA HORTÍCOLA Y ZOOINCO
 DE ACUÍFERO SUBSUELO DE LA CUENCA DE PAREDÓN-CAPULLI
 ENTRE LOS RÍOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN 1980"

LOCALIZACIÓN DE APROVECHAMIENTOS MUESTREADOS
 DE LA CUENCA
 SIERRA EL CEDRAL, SIERRA EL MANADERO Y SIERRA AZUFROSA

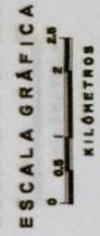
PLANO No. 10 HOJA ÚNICA
 OCTUBRE DE 1980



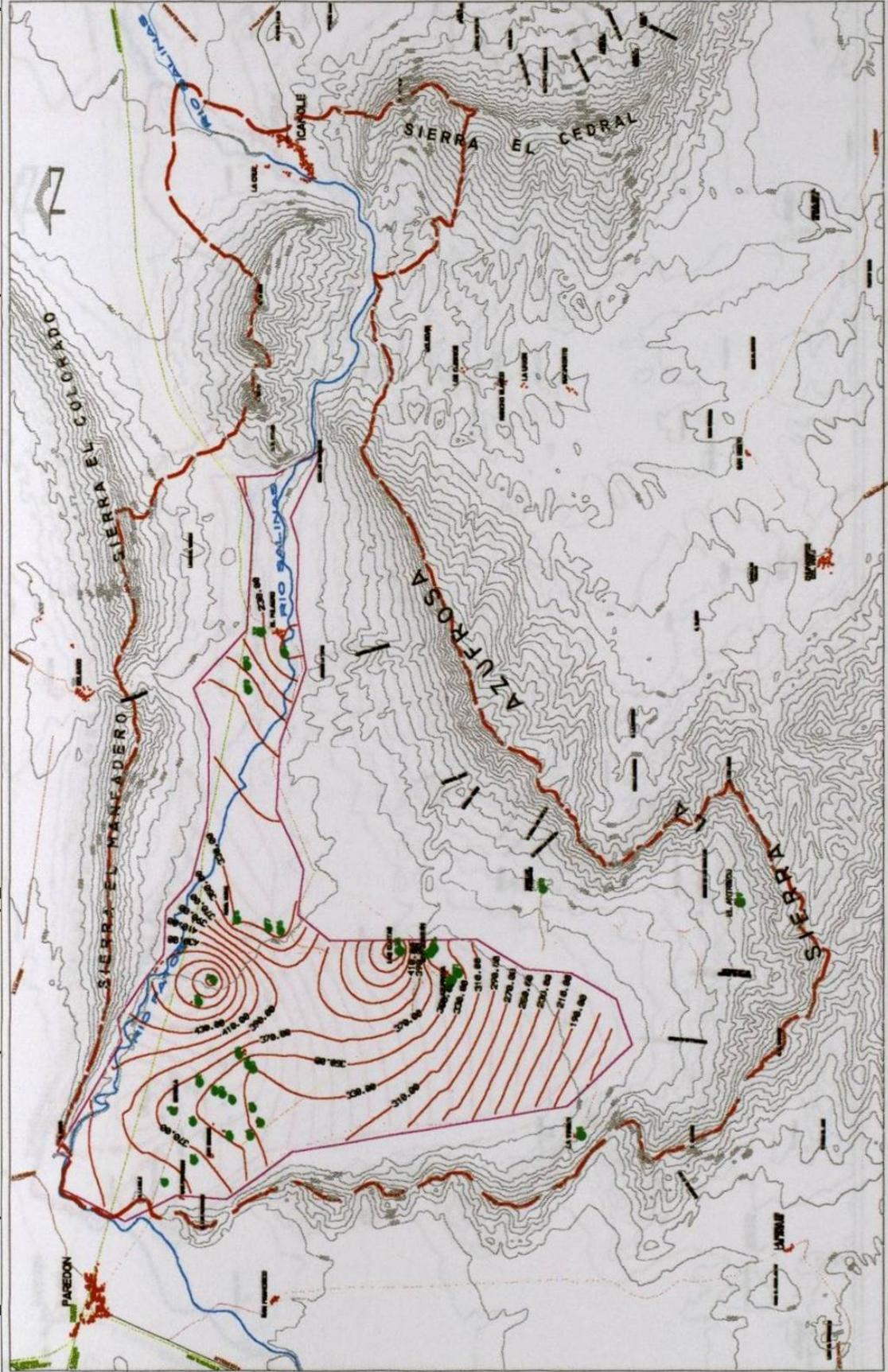
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

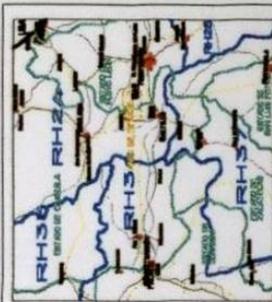
SIMBOLOGÍA

- POBLADOS
- CARRETERAS
- CAMINOS
- FERROCARRIL
- ARROYOS
- RIOS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍMITE DE CUENCA
- LÍMITE DE ACUÍFERO
- APROVECHAMIENTO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA DE OBRAS DE CONCRETO
NOMBRE DE TESIS
COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOLÓGICO
DEL ACUÍFERO SUBSUELO EN LA CUENCA DE PAREDÓN-CAPULE
BETWEEN LOS SERVICIOS DE NUEVO LEÓN Y CÁMARA DE REGISTRO
COMPROBACIÓN DE LOS VALORES DE CALDO EN LOS
APROVECHAMIENTOS DE LA CUENCA PAREDÓN-CAPULE
DE LA CUENCA DE PAREDÓN-CAPULE
TERCERA EDICIÓN
PLANO No. II
1964 ÚNICA
OCTUBRE DE 1964





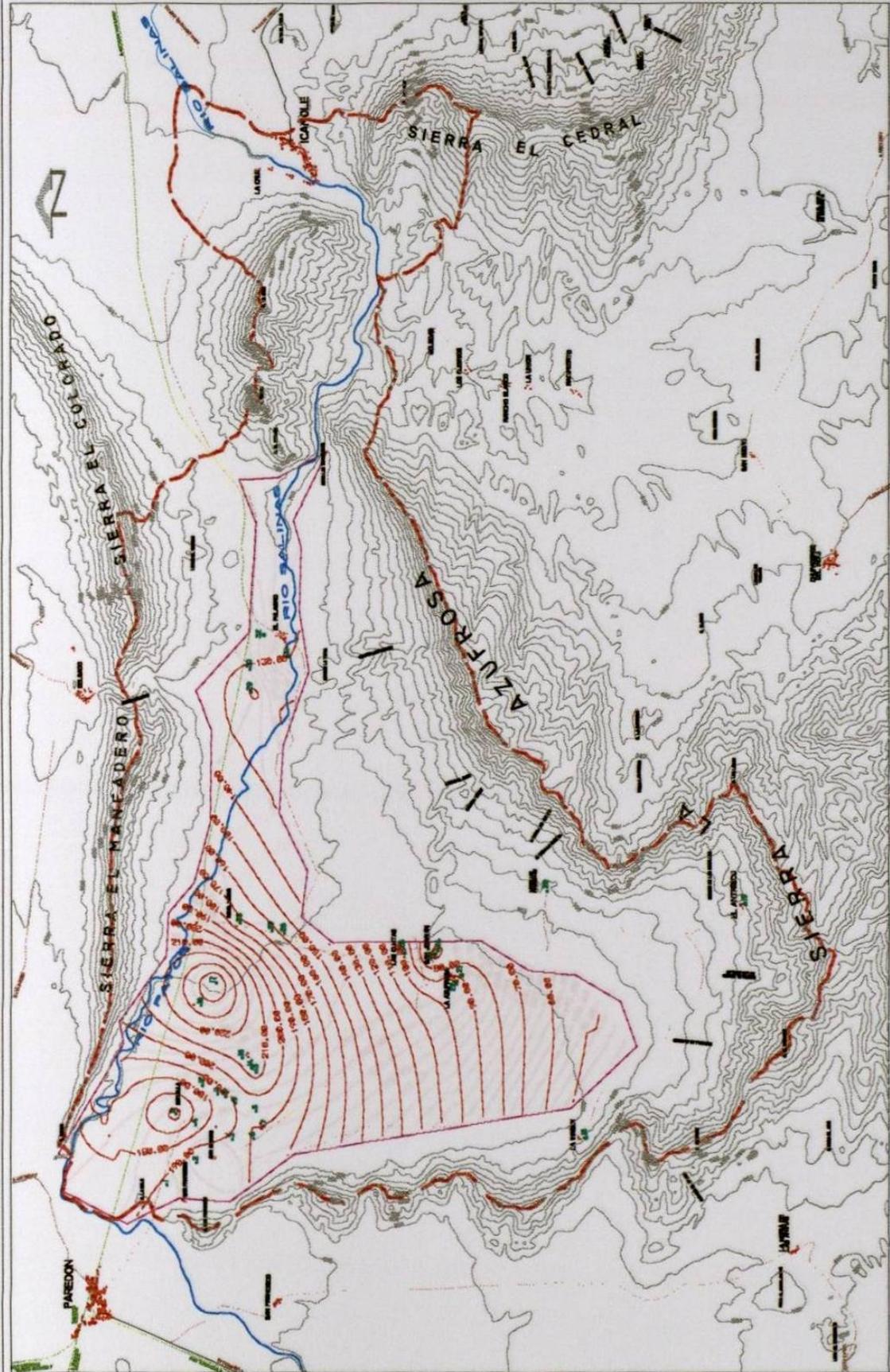
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

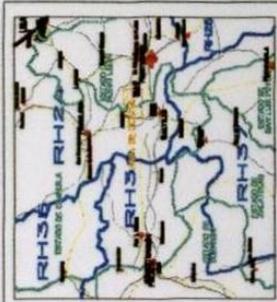
SIMBOLOGÍA

POBLADOS	
CARRETERAS	
CAMINOS	
FERROCARRIL	
ARROYOS	
RIOS	
CURVAS DE NIVEL	
LÍMITE DE CUENCA	
LÍMITE DE ACUÍFERO	
APROVECHAMIENTO	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 MAESTRÍA EN CIENCIAS
 ESPECIALIDAD EN HIDRÁULICA (HIDROLOGÍA)
 Nombre del tesis: **CONSERVACIÓN DEL AGUAFUERTE EN LA CUENCA DE PAREDÓN-CAPULE ENTRE LOS RÍOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA EN MÉXICO**
 APROVECHAMIENTO DE LA CUENCA PAREDÓN-CAPULE
 ELABORADO POR: **ELABORADO POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**
 TITULAR DEL TÍTULO: **ROSA ORTIZ**



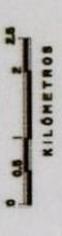


CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

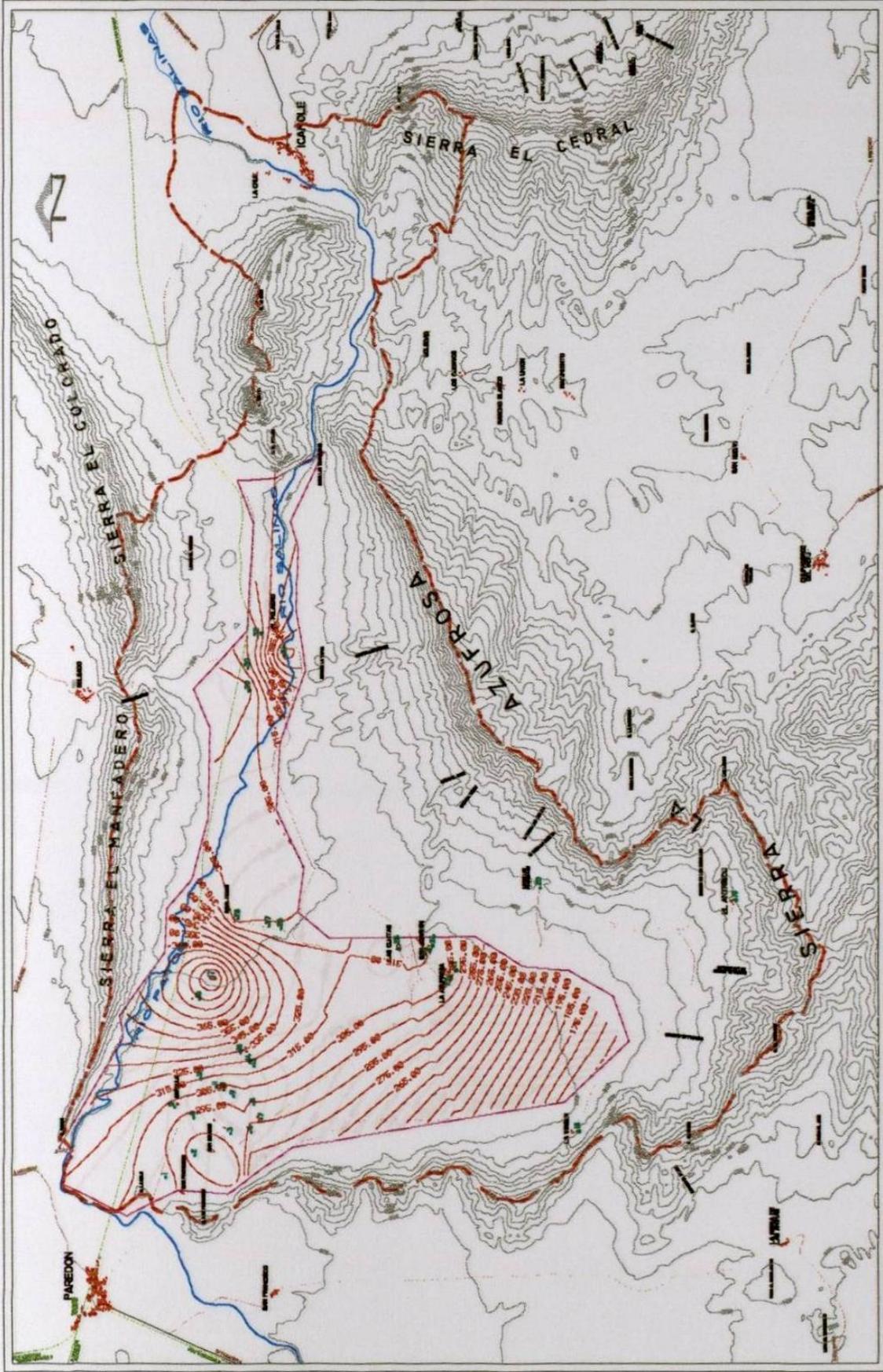
SIMBOLOGÍA

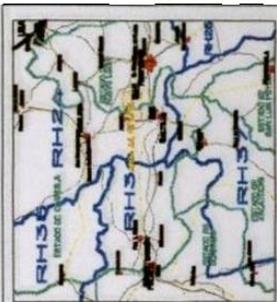
- POBLADOS
- CARRETERAS
- CAMINOS
- FERROCARRIL
- ARROYOS
- RIOS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍMITE DE CUENCA
- LÍMITE DE ACUÍFERO
- APROVECHAMIENTO

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA DE SANEAMIENTO
 TÍTULO DE TESIS
 COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y ECOLÓGICO
 DEL ACUÍFERO SUBSUELO DE LA CUENCA DE PAREDÓN-CAPULE
 ENTRE LOS RÍOS DE SAN JUAN Y CANALE, DE PAREDÓN
 CONFIRMACIÓN DE LOS VALORES DE COTAS EN LOS
 APROVECHAMIENTOS DE LA CUENCA PAREDÓN-CAPULE
 TITULAR: ELIZABETH HERNÁNDEZ BICO
 PLANO No. 11 HOLA ÚNICA
 OCTUBRE DE 1994

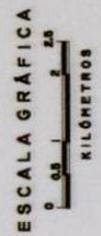




CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

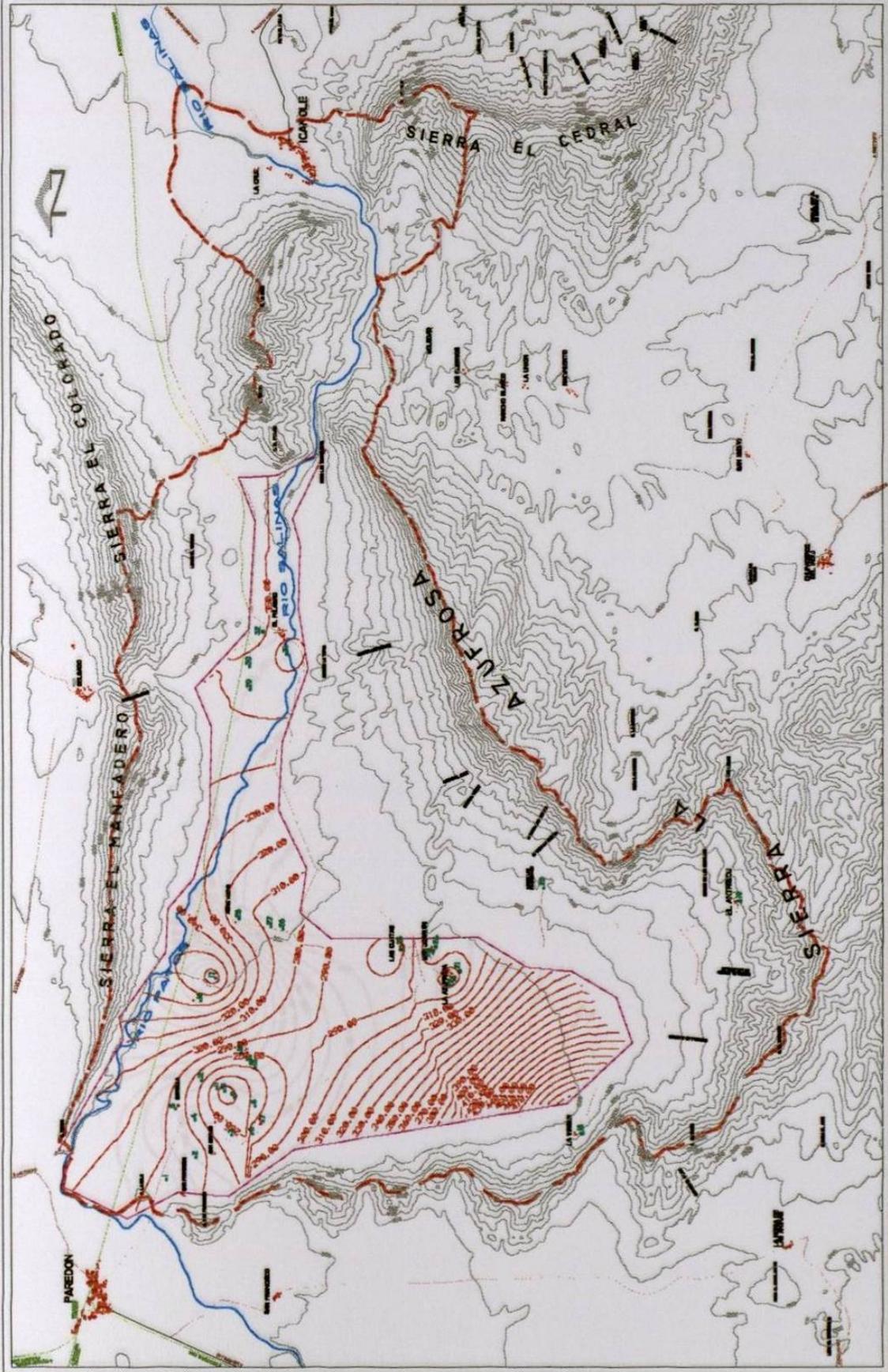
POBLADOS	3
CARRITERAS	—
CAMINOS	—
FERROCARRIL	—
ARROYOS	—
RIOS	—
CURVAS DE NIVEL	—
LÍMITE DE CUENCA	—
LÍMITE DE ACUÍFERO	—
APROVECHAMIENTO	●19

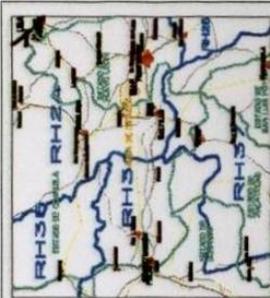


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA SUTERRÁNEA

NOMBRE DE TESIS
 "CONFERENCIA DE NIVELACIÓN Y DISEÑO DEL ACUÍFERO SUBSUELO DE LA CUENCA DE PIVASO-CAPOTE ENTRE LOS DEJOS DE EL TIO Y COMILLA, EN PIVASO"

CONFIRMACIÓN DE LOS VALORES DE REGISTRO:
 EL INGENIERO
 TERESA BLANCO HERNÁNDEZ RICO
 PLAZO No. 14
 HOJA ÚNICA



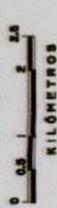


CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

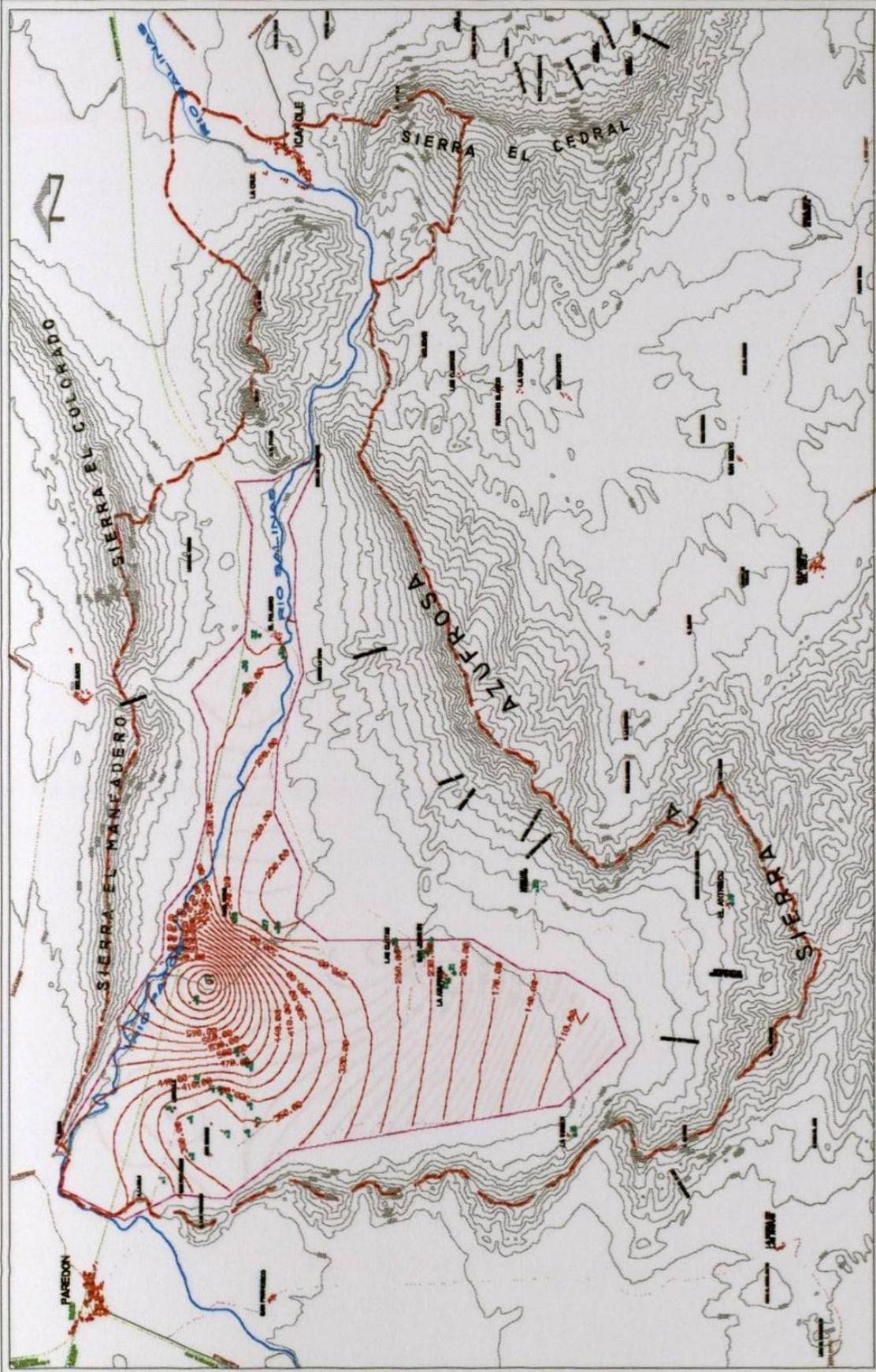
- POBLADOS
- CARRETERAS
- CAMINOS
- FERROCARRIL
- ARROYOS
- RÍOS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍMITE DE CUENCA
- LÍMITE DE ACUÍFERO
- APROVECHAMIENTO

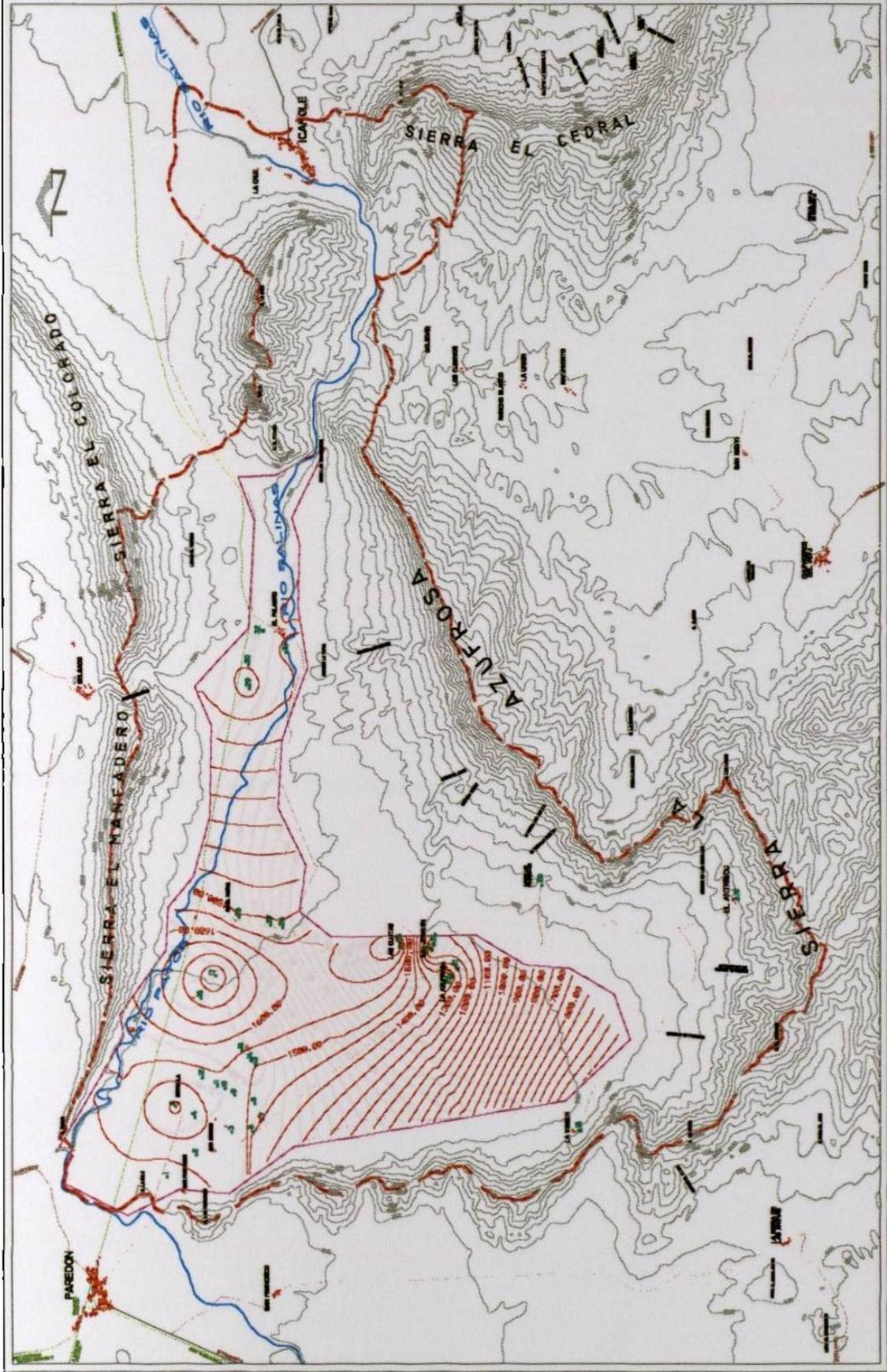
ESCALA GRÁFICA




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 DEPARTAMENTO DE HIDROLOGÍA (INTERVENCIÓN)
 MÓDULO DE TRAZADO
 SALICOMUNICACIÓN DE LA CUENCA DE PARRAS-CAPULE
 ENTRE LOS SITIOS DE NUEVO LEÓN Y COMALÁ EN 1957

COORDINACIÓN DE LOS VALORES DE COTAS POR
 EL INGENIERO
 TIBERTIA SUAREZ JARAMILLO
 FOLIO No. 8 HSAJ 0004





CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

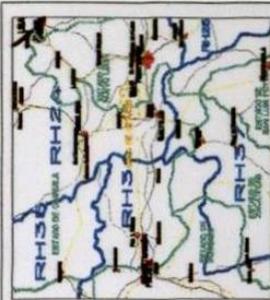
- POBLADOS
- CARRETERAS
- CAMINOS
- FERROCARRIL
- ARROYOS
- RÍOS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍMITE DE CUENCA
- LÍMITE DE ACUÍFERO
- APROVECHAMIENTO 019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN OBRAS DE
 EFECTIVIDAD DEL TERRESTRE
 INGENIERÍA DE TERRESTRE

CONFERENCIANTE: JUAN CARLOS GARCÍA
 DEL ACUÍFERO SUBSUELO DE LA CUENCA DE PIEDRA BUENA
 ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN 1982

CONFIGURACIÓN DE LOS VALORES DE SULFATOS
 EN LA UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL
 TERRESTRE SUBSUELO DE PIEDRA BUENA
 PUNTO No. 18 HOJA ÚNICA

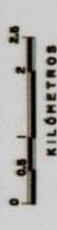


CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

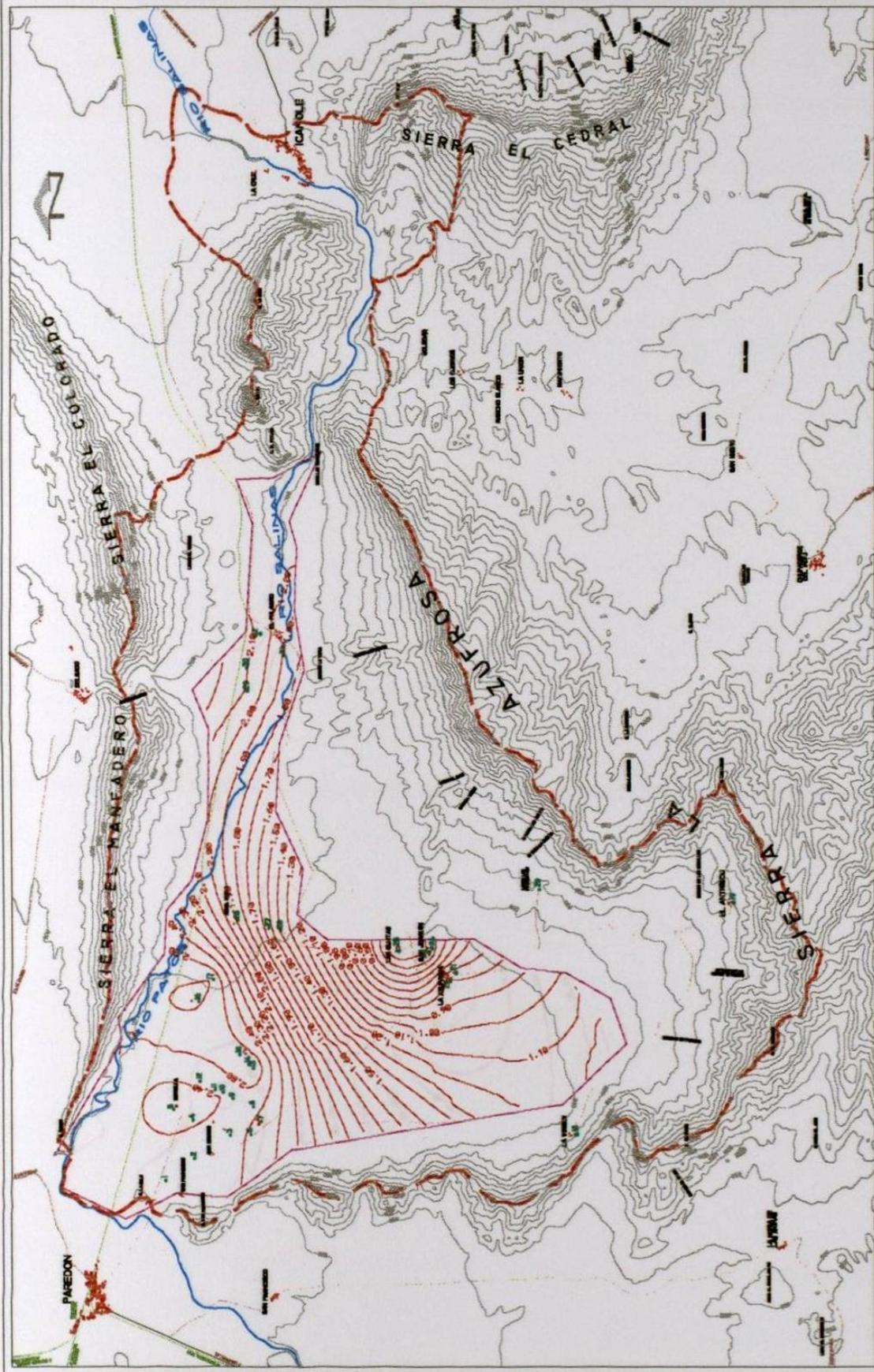
SIMBOLOGÍA

- POBLADOS
- CARRITERAS
- CAMINOS
- FERROCARRIL
- ARROYOS
- RÍOS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍMITE DE CUENCA
- LÍMITE DE ACUÍFERO
- APROVECHAMIENTO

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 MAESTRÍA EN CIENCIAS
 ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA SUBTERRÁNEA
 NOMBRE DE TESIS
 Caracterización hidrogeológica y estructural
 del acuífero de la zona de estudio
 entre los cerros de Sierra El Cedral y Sierra
 El Colorado
 CONFIGURACIÓN DE LOS VALORES DE NITRATOS
 EN LA SIERRA EL CEDRAL
 TERCERA SEMANA DE INVESTIGACIÓN
 PLANO No. 77





CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

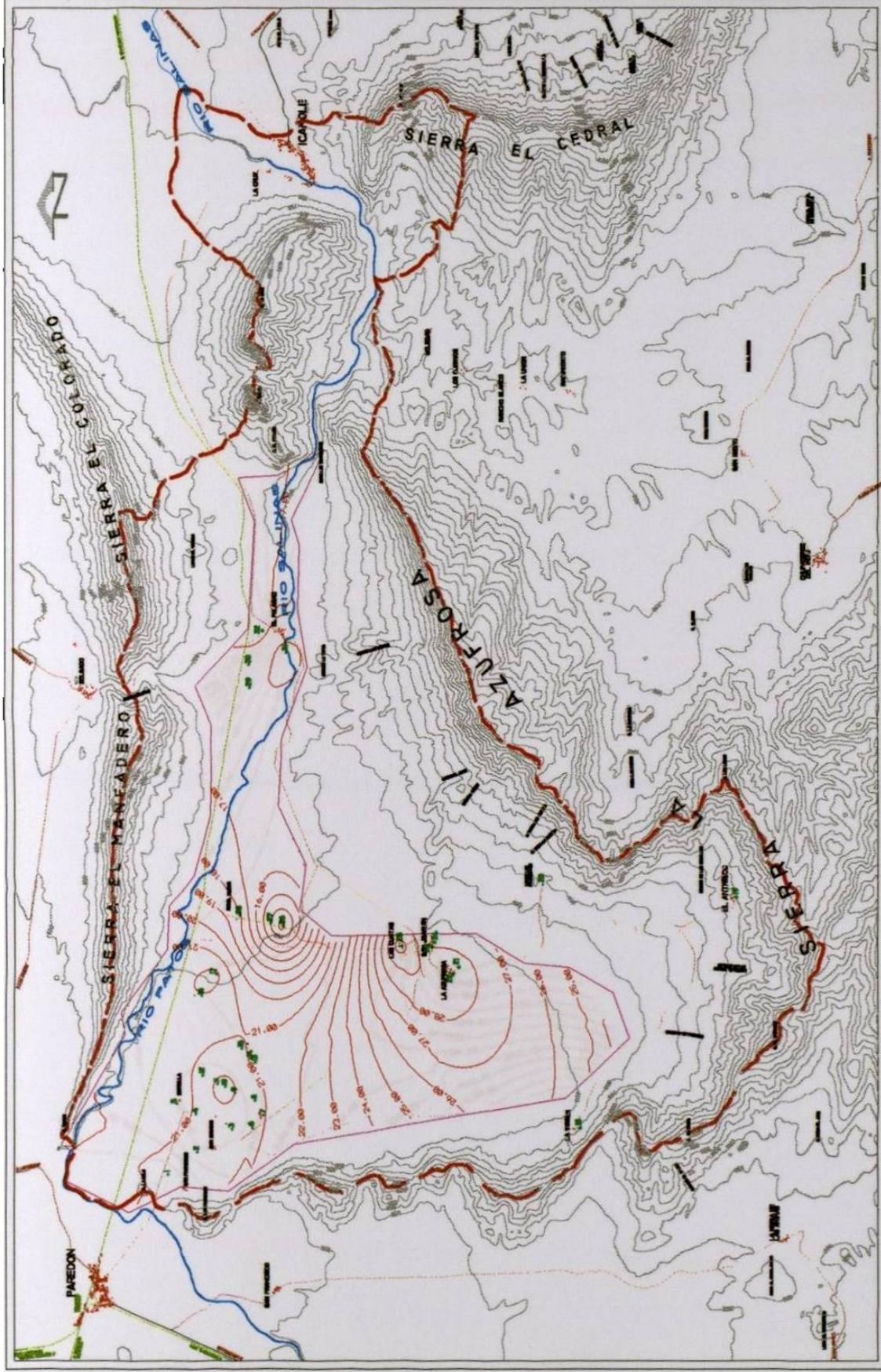
SIMBOLOGÍA

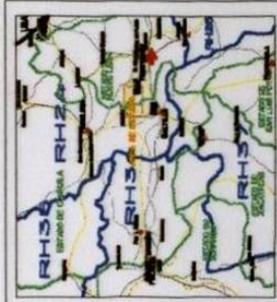
POBLADOS	
CARRETERAS	
CAMINOS	
FERROCARRIL	
ARROYOS	
RIOS	
CURVAS DE NIVEL	
LÍMITE DE CUENCA	
LÍMITE DE ACUÍFERO	
APROVECHAMIENTO	

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN OBRAS DE
 NOVEDAD DE TIERRAS
 CONCEPTO JURÁDICO Y TECNICO
 DEL ACUÍFERO SUBALFARZO DE LA CUENCA DE PARRÓN-COYULE
 ENTRE LOS MUNICIPIOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA DE ZARAGOZA
 CONFIGURACIÓN DE LOS VALORES DE SUELO
 DEL TERRITORIO
 TITULARIA: BERENICE HERNÁNDEZ RICO
 PLANO No. 18 | HOJA ÚNICA





CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

- POBLADOS
- CARRETERAS
- CAMINOS
- FERROCARRIL
- ARROYOS
- RÍOS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍMITE DE CUENCA
- LÍMITE DE ACUÍFERO
- APROVECHAMIENTO

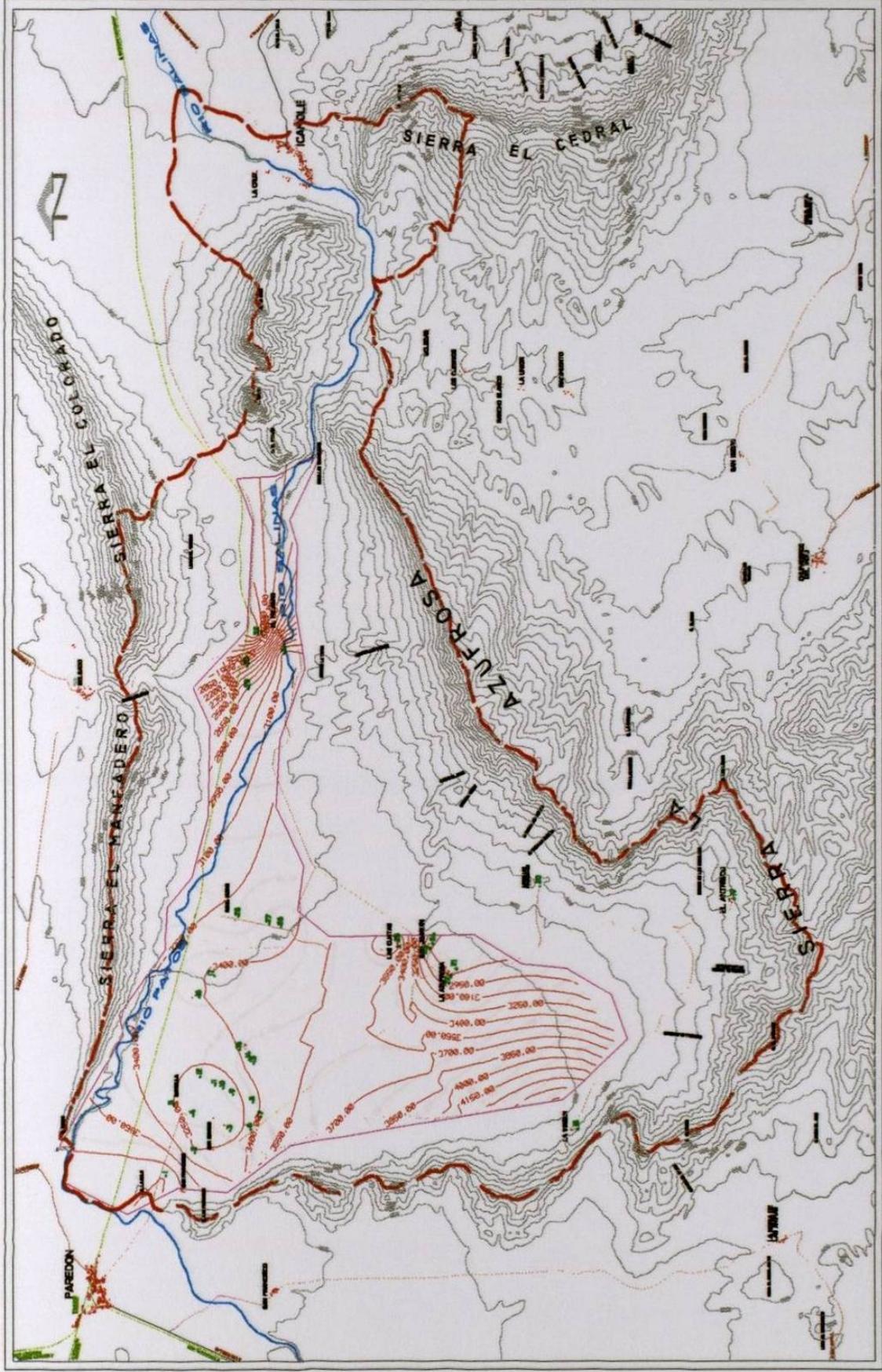


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA SANEAMIENTO
 NOVIEMBRE DE 2018

CONFORMACIÓN HIDROLÓGICA Y GEOLÓGICA
 DEL ACUÍFERO SUBSUELO DE LA CUENCA DE PARRIS-CAPULE
 ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA DE ZARAGOZA

CONFIGURACIÓN DE LOS VALORES DE STD
 DEL SUBSUELO DE LA CUENCA DE PARRIS-CAPULE
 ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA DE ZARAGOZA

TEMA: SIERRA EL CEDRAL
 PLANO No. 19

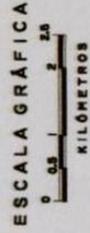




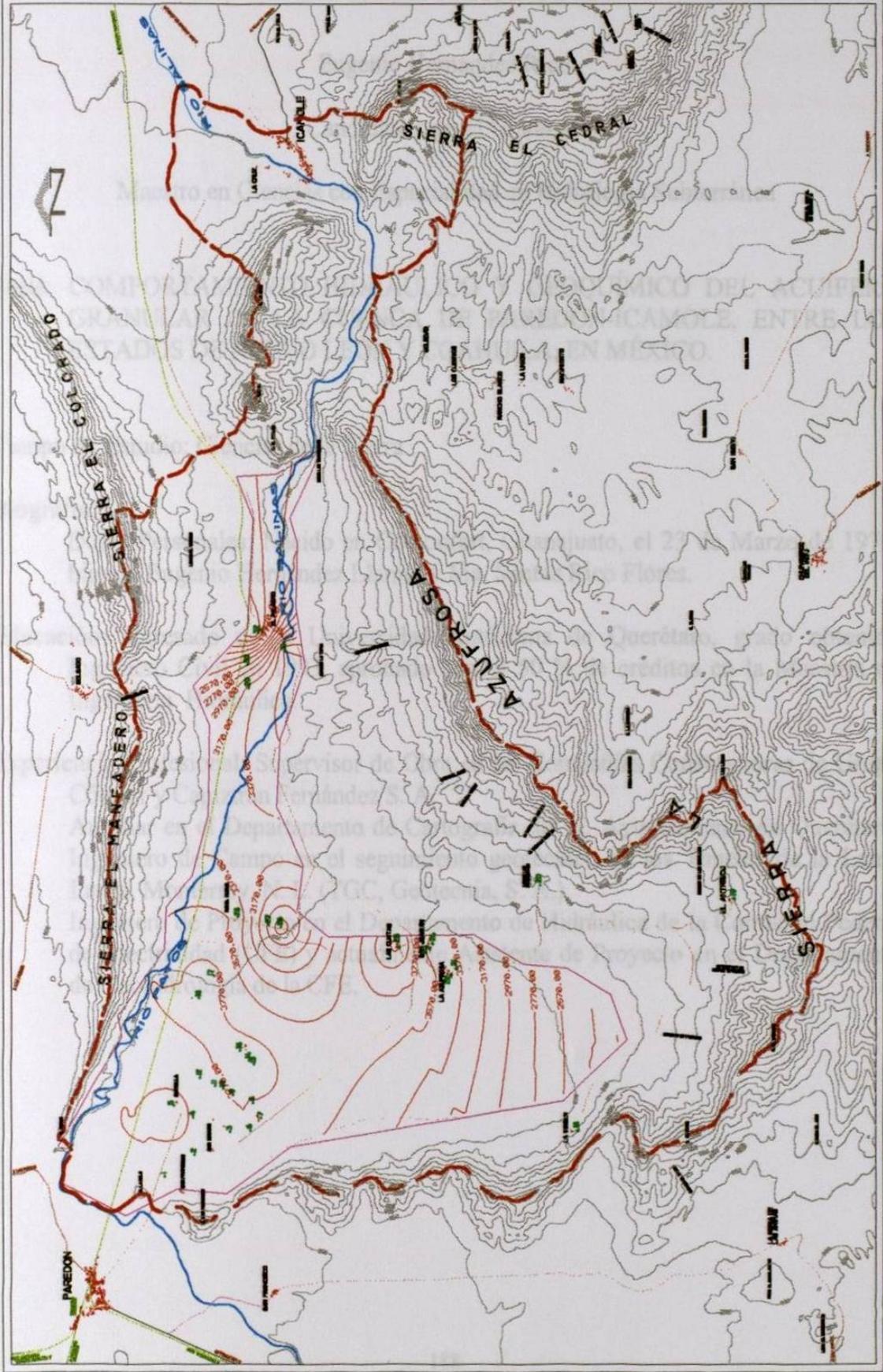
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

- POBLADOS
- CARRETERAS
- CAMINOS
- FERROCARRIL
- ARROYOS
- RÍOS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍMITE DE CUENCA
- LÍMITE DE ACUÍFERO
- APROVECHAMIENTO 019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 EN INGENIERÍA DE OBRAS DE
 INFRAESTRUCTURA
 LABORATORIO DE TERREMOTOS
 CONFECCIONADO POR: MARIO A. GARCÍA
 DEL ACUÍFERO SUBSUELO DE LA CUENCA DE PIEDRA-CAPULE
 ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA DE GARCÍA
 Y GARCÍA
 COORDINACIÓN DE LOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
 DE LA UNIVERSIDAD
 TIERRAS BARRIO SERRANEROS RICO
 PLANEO No. 21 HSAJ. ORECA. Lectura de 1994



RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Eugenio Hernández Rico

Candidato para el Grado de

Maestro en Ciencias con Especialidad en Hidrología Subterránea

Tesis: COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, ENTRE LOS ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y COAHUILA, EN MÉXICO.

Campo de Estudio: Ciencias de la Tierra

Biografía:

Datos Personales: Nacido en Comonfort, Guanajuato, el 23 de Marzo de 1970, hijo de Eugenio Hernández Llanito y Ma. Santos Rico Flores.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Querétaro, grado obtenido Ingeniero Civil en 1993, aprobado con el 50 % de créditos en la Maestría en Ingeniería Hidráulica.

Experiencia Profesional: Supervisor de Obra en las Compañías Constructoras de Grupo Cóndor y Capiztrán Fernández S. A.

Auxiliar en el Departamento de Cartografía del H. Ayuntamiento de Querétaro.

Ingeniero de Campo en el seguimiento geotécnico de los Túneles de la Loma Larga, Monterrey, N. L. (TGC, Geotecnia, S. A.).

Ingeniero de Proyecto en el Departamento de Hidráulica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y actualmente Asistente de Proyecto en el Departamento de Geohidrología de la CFE.

