

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

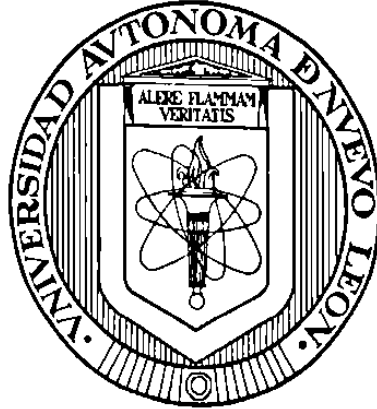
Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Hidrología Subterránea

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**

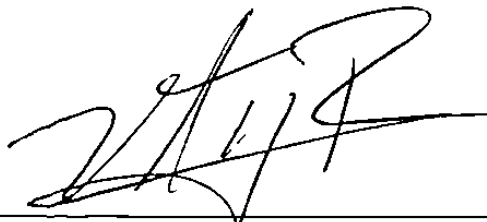
Mayo, 1999

BMU Raúl Rangel F
UANL
FONDO
TESIS

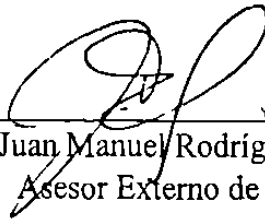
BUR Raúl Rando
F
TESIS.MAE

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

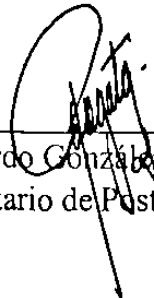
Aprobación de la Tesis:



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

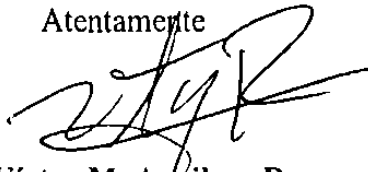
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
P R E S E N T E

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

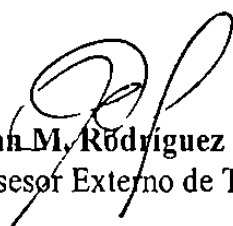
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
P R E S E N T E

Estimado Dr. González

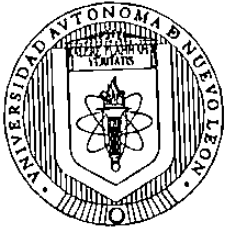
Por este conducto me permito comunicar a Usted, que el Ing. Eugenio Hernández Rico, pasante de la Maestría en Ciencias, con especialidad en Hidrología Subterránea, ha concluido con su trabajo de tesis titulado "**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y GEOQUÍMICO DEL ACUÍFERO GRANULAR DE LA CUENCA DE PAREDÓN-ICAMOLE, 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.

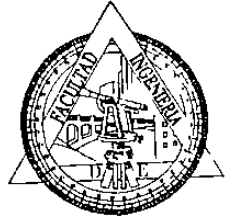
Atentamente



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 invaluable 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: _____