

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**Actualización de la Información Geohidrológica  
del Estado de Coahuila de Zaragoza, utilizando Arcview®**

**Por:**

**Juan Pablo Castañeda Lizardo**

**Tesis**

**Presentada como Requisito Parcial  
Para Obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo En Irrigación**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Junio 2003**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**Actualización de la Información Geohidrológica  
del Estado de Coahuila de Zaragoza, utilizando Arcview®**

**Tesis  
Realizada Por:**

**Juan Pablo Castañeda Lizardo**

**Que someten a consideración el H. Jurado Examinador como  
Requisito Parcial para Obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Irrigación**

**Aprobada:**

**Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho  
Asesor Principal**

**Ing. Arturo Monroy Nieto      M. C. Luis Samaniego  
Moreno**

**Asesor**

**Asesor**

**M. C. Luis Edmundo Ramírez Ramos  
Coordinador de la División de Ingeniería**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Junio 2003**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Terra Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado abrigo en su seno, por todos los conocimientos que adquirí, por la formación que se me impartió, por eso y por mucho más siempre estaré orgulloso de mi escuela, solo me queda decir gracias de todo corazón.

A mis maestros, por transmitirme los conocimientos que ellos adquirieron, y que son parte de mi formación, a todos y cada uno de ellos muchas gracias.

A mis compañeros y amigos de mi generación, por todos los momentos que compartimos juntos, tanto en las buenas como en las malas, gracias por hacer grata la estancia en esta universidad.

A todas aquellas personas con las que conviví en mi estancia en esta ciudad, a mis compañeros y amigos de trabajo, por todo lo que aprendí, gracias.

Al Doctor Javier de Jesús Cortés Bracho, por todo el apoyo que me brindo, por los ánimos que me dio para seguir y concluir este trabajo, sinceramente gracias.

Al M. C. Luis Samaniego Moreno, por todo el apoyo y consejos que me dió en el transcurso de mi carrera y en la realización de este trabajo, sinceramente gracias.

Al Ing. Arturo Monroy Nieto por el apoyo brindado para realizar este trabajo, y por todos los consejos recibidos de su parte, muchas gracias.

A la Maestra Irma Guadalupe Flores Zaragoza, Por todo el apoyo que me dió cuando llegue a esta ciudad, y en lo subsecuente por todos los consejos, por escuchar mis problemas y ayudarme a encontrar una solución, por adoptarme prácticamente como a un hijo, por todo eso y muchas cosas más le doy las gracias y mi más sincero agradecimiento

A mis amigos: Erik Gutiérrez, Martín F. A. Trejo, Víctor Álvarez, Juan Carlos Roblero, Alejandro Salas, Juan Carlos Pacas, Francisco Laguna, Daniel Alvarado, Darío Alvarado, Carlos Carranza, por estar conmigo en las buenas y en las malas, muchas gracias.



## DEDICATORIAS

A Dios por haberme dado la vida, y por darme salud a mi familia y a mi, por estar siempre a mi lado, por haberme dado una familia como la que tengo, por haberme dejado concluir mis estudios gracias Dios mío.

A mis padres a quiénes les debo lo que soy, por todo el apoyo que me han dado, por la formación que me han dado, por ser los mejores padres para mí, gracias por todo, no se como he de pagar todo lo que han hecho por mí, por ser mi ejemplo y la fuerza que me impulsa a seguir adelante y ser siempre mejor.

A mis hermanos: Juan Ángel, Tomás Andrés, Víctor Alfonso, Daniel, Eduardo Antonio y Pascual a quiénes les deseo todo lo mejor que les pueda pasar, y refrendarles todo mi apoyo en lo que se propongan, recuerden que siempre estaré ahí.

A mis hermanas: Dalia Margarita, Maribel, Ma. Guadalupe, Ma. Josefina y Fátima Alejandra por darme ánimos, darme consejos, y ser las mejores hermanas que uno pueda tener, les deseo lo mejor, y siempre estaré con ustedes en las buenas y malas.

A mi Tío Pascual Lizardo Casas, por todo el apoyo que nos ha brindado, por estar ahí siempre que lo necesitamos, por tantas cosas que nos ha enseñado y han sido parte fundamental en nuestra educación.

A mi novia Penélope, quién sin estar cerca me ha dado ánimos para seguir adelante y ha confiado en mi, por ser la luz que ilumina mi vida.

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Definición De Un SIG	3
Antecedentes Históricos de un SIG	4
Tipos De Formato De Un SIG	5
- Vectorial	5
- Raster	6
Usos En La Actualidad De Un SIG	6
Software Que Se Utiliza Para Un SIG	9
- Arcview®	9
- Vertical Map®	10
- Map Info®	10
- Idrisi®	10
- Cartalinx®	10
MATERIALES Y METODOS	11

Descripción Del Estado De Coahuila	11
- Provincia Geológicas	11
- Regiones Hidrológicas	14
- Cuenca Hidrológica	16
- Unidades Hidrogeológicas	21
Uso de Arcview® para integrar a un SIG las Zonas Geohidrológicas de Coahuila	54
RESULTADOS	75
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87

## INDICE DE FIGURAS.

Figura 3.1 Provincias geológicas del Estado de Coahuila	12
Figura 3.2 Regiones Hidrológicas.	15
Figura 3.3 Cuencas Hidrológicas.	17
Figura 3.4 unidades Hidrogeológicas	23
Figura 3.5 Unidad hidrogeológica COA-01 Allende-Piedras Negras.	24
Figura 3.6 Unidad hidrogeológica COA-02 Cañón de Derramadero.	25
Figura 3.7 Unidad hidrogeológica COA-03 Cerro Colorado-La Partida.	26
Figura 3.8 Unidad hidrogeológica COA-04 Cuatro ciénegas-Ocampo.	28
Figura 3.9 Unidad hidrogeológica COA-05 General Cepeda-Sauceda.	29
Figura 3.10 Unidad hidrogeológica COA-06 El Hundido.	30
Figura 3.11 Unidad hidrogeológica COA-07 Moncolva	31
Figura 3.12 Unidad hidrogeológica COA-08 Paredón.	33
Figura 3.13 Unidad hidrogeológica COA-09 La Paila.	34

Figura 3.14 Unidad hidrogeológica COA-10 Saltillo-Ramos Arizpe.	35
Figura 3.15 Unidad hidrogeológica COA-11 Zona Manzanera-Zapalinamé.	36
Figura 3.16 Unidad hidrogeológica COA-12 Región Carbonífera.	38
Figura 3.17 Unidad hidrogeológica COA-13 Palestina.	39
Figura 3.18 Unidad hidrogeológica COA-14 Hidalgo.	40
Figura 3.19 Unidad hidrogeológica COA-15 Santa Fe del Pino.	41
Figura 3.20 Unidad hidrogeológica COA-16 Hércules.	43
Figura 3.21 Unidad hidrogeológica COA-17 Laguna el Guaje.	44
Figura 3.22 Unidad hidrogeológica COA-18 Laguna El Coyote.	45
Figura 3.23 Unidad hidrogeológica COA-19 Castaños.	46
Figura 3.24 Unidad hidrogeológica COA-20 Laguna del Rey-Sierra Mojada.	48
Figura 3.25 Unidad hidrogeológica COA-21 Saltillo Sur.	49
Figura 3.26 Unidad hidrogeológica COA-22 Presa La Amistad.	50
Figura 3.27 Unidad hidrogeológica COA-23 Principal Región Lagunera.	51
Figura 3.28 Unidad hidrogeológica COA-24 Acatita.	53
Figura 3.29 Unidad hidrogeológica COA-25 Valle de Las Delicias.	54

Figura 3.30 Unidad hidrogeológica COA-26 Serranía del Burro.	55
Figura 3.31 Unidad hidrogeológica COA-27 Valle de San Marcos.	56
Figura 3.32 Unidad hidrogeológica COA-28 Cuatro Ciénegas.	57
Figura 3.33 Ventana de proyecto en Arc View.	60
Figura 3.34 Vista (View) de Arc View.	61
Figura 3.35 Editor de Leyenda	65
Figura 3.36 Ventana de Geoproccesing Wizard.	67
Figura 3.37 Tabla de Arc View.	68
Figura 3.38 Constructor de consultas.	68
Figura 3.39 Manejo de las propiedades de la tabla.	70
Figura 3.40 Gráfica de Arc View.	71
Figura 3.41 Mapa o Layout de Arc View.	72
Figura 3.42 Editor de gradículas o retículas.	73
Figura 4.1 Elevaciones del Estado de Coahuila.	76
Figura 4.2 Corrientes superficiales del Estado de Coahuila.	78
Figura 4.3 Distribución de la población en el Estado de Coahuila.	79
Figura 4.4 Extracción en Millones de metros cúbicos /año de las unidades hidrogeológicas del Estado de Coahuila.	80

Figura 4.5 Recarga en Millones de metros cúbicos /año de las unidades hidrogeológicas del Estado de Coahuila 81

Figura 4.6 Condición de las unidades hidrogeológicas del Estado de Coahuila. 83

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances tecnológicos están a la orden del día en todas las áreas de estudio, y la geografía no podría ser la excepción donde se ha desarrollado software como los sistemas CAD, o de diseño asistido por computadora, la percepción remota, el diseño de bases de datos con capacidad para almacenar un gran volumen de información que junto con la cartografía y la fotogrametría han sentado las bases tecnológicas para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS por sus siglas en inglés Geographic Information Systems).

Los SIG son herramientas muy útiles para el manejo de información que pueda ser localizable, y son de gran apoyo en la toma de decisiones. Como ejemplo puede ser la ubicación de un determinado pueblo en un mapa, o simplemente saber que tienda de autoservicio está más cerca de casa, este tipo de preguntas a las cuáles puede responder un SIG.

La Hidrología y la Geohidrología son ramas de la Ingeniería que permiten manipular información como: precipitación, evaporación, escurrimientos superficiales, infiltración, flujos de agua subterránea, niveles freáticos, extracción y recarga en un acuífero ofreciendo con ellos resultados de la forma y precisión requeridos por la toma de decisiones en el desarrollo de los recursos hidráulicos.

El desarrollo de los recursos hidráulicos involucra todos los procedimientos (planeación, diseño, construcción y operación) enlazados con la conservación y el uso del agua para la satisfacción de las necesidades del hombre en el presente y futuro. El reconocimiento de la Hidrología y la Geohidrología son la base en todo proyecto de desarrollo de los recursos hidráulicos ha estimulado la incorporación de nuevas tecnologías tales como tecnología espacial, análisis de sistemas, uso de satélites, y el uso de Sistemas de Información Geográfica.



Arcview® es uno de los SIG mas utilizados en la actualidad debido a que presenta muchas características deseables en cuanto a ordenamiento, representación de resultados, creación de reportes, mapas, intercambio de información con otras SIG's, lo que facilita su consulta.

### **Objetivo General**

El objetivo principal de este trabajo es hacer una actualización de la información geohidrológica del Estado de Coahuila de Zaragoza utilizando Arcview® y contar con una base de datos actualizada y confiable y de fácil acceso a cada una de las unidades hidrogeológicas identificadas en el Estado.

## REVISION DE LITERATURA

### **Definición De Un SIG**

Existen diversas definiciones de lo que es un Sistema de Información Geográfica (SIG). Entre las cuáles destacan las siguientes:

ESRI, (1997) menciona que los SIG se pueden definir como una herramienta de software que permite almacenar, recuperar, analizar y desplegar información geográfica, o como una herramienta computacional para trazar y analizar cosas que existan y sucesos que ocurran sobre la tierra.

El Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil, (2000) menciona que los SIG son sistemas que realizan el tratamiento geográfico de los datos que poseen una localización geográfica expresada como coordenadas en un mapa y atributos descriptivos que pueden ser representados en un banco de datos convencional.

About (2001), citado por Peña (2001) menciona básicamente que, un SIG combina dos componentes: una serie de herramientas gráficas de representación de objetos (puntos, líneas y polígonos) organizados en forma de capas, y de una base de datos asociada a cada capa de información. Los SIG son un campo tecnológico que ha crecido rápidamente y que incorpora características gráficas con datos tabulares para evaluar problemas del mundo real.

Clark University, (1997) menciona que los SIG son un sistema para la entrada, almacenamiento, recuperación, análisis y representación de la información geográfica. Las bases de datos están comúnmente compuestas por un gran número de mapas sobrepuestos llamados coberturas o capas y una base de datos asociada a cada una de ellas.

Geological, (1997) citado por Loranca (2000) menciona que en un sentido estricto un GIS es un sistema por computadora capaz de congregar, almacenar, manipular y desplegar información geográficamente referenciada, (por ejemplo datos que son identificados según sus localidades) un GIS incluye los datos y el personal que lo opera.

Tevor, (1995) citado por Gómez (2001), menciona que los SIG son un conjunto de métodos que sirven para capturar, editar, almacenar, integrar, analizar y mostrar los datos referenciados espacialmente.

Mark, (1997) citado por Loranca (2000), menciona que los SIG's pueden incluir información física, biológica, cultural, demográfica, información económica, son una herramienta valiosa en las ciencias naturales, sociales medicina y la ingeniería, así como en los negocios y en la planificación.

## **Antecedentes Históricos De Los SIG**

Durante los decenios de 1960 y 1970 surgieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la evaluación de recursos y la planificación del uso de la tierra. Se comenzó a querer evaluarlos de una manera integrada y multidisciplinaria. En principio se logró simplemente superponiendo copias transparentes de mapas de recursos sobre mesas iluminadas para buscar los puntos de coincidencia de los diferentes datos descriptivos. Luego esta técnica se adaptó a la incipiente tecnología de la informática con el procedimiento de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores de esta y utilizando la sobre impresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de los valores estadísticos. Sin embargo estos primeros métodos no estaban lo suficientemente perfeccionados como para ser aceptados por los cartógrafos.

A finales del decenio de 1970, el SIG había progresado rápidamente la tecnología del uso de computadoras en cartografía. Al mismo tiempo se avanzaba en una serie de sectores conexos, entre ellos la topografía, fotogrametría, la telepercepción etc. En principio se produjo una especie de duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas conexas, pero a medida que se multiplicaban los sistemas y se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de

elaboración automatizada de datos espaciales, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

A principios del decenio de 1980, el SIG se había convertido en un sistema plenamente operativo, y en la medida que la tecnología de las computadoras se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de mayor aceptación. Hoy en día los SIG se instalan en prácticamente en todo tipo de instituciones, desde organismos públicos, laboratorios de investigación, instituciones académicas, instalaciones militares, etc. Como resultado del rápido desarrollo de la tecnología computacional, todos los años son anunciados nuevos SIG software y en el mercado internacional corrientemente hay cerca de 150 SIG.

Aunque el término “GIS” en castellano SIG, puede ser encontrado en la literatura bien temprana como por ejemplo British Domes day Book del Siglo XI, tal como se entiende hoy, fue en Canadá en 1964 donde se originó. Particularmente Roger Tomlinson el que desarrollo un SIG cuyo objetivo era realizar el inventario forestal de Canada, a partir de este momento y como resultado de la gran revolución tecnológica en el campo de la computación, diferentes instituciones desarrollan constantemente infinidad de programas para el análisis de la información geográfica.

## **Tipos De Formato De Datos Para Un SIG**

La estructura, es la organización del almacenamiento de los datos geográficos en los SIG, donde las características de éstos juegan un papel fundamental y constituyen el puente entre el conjunto de funciones y la base de datos. De esta manera se hace referencia a dos tipos principales de estructuras de datos que son vectorial y raster. (SEMARNAT, 2000)

Vectorial, es la representación de un objeto o la tentativa de representarlo tan exactamente como sea posible, procurando definir precisamente todas las posiciones, longitudes y dimensiones de las entidades geográficas. Se representan los objetos por su frontera. Es en general resultado de la digitalización de mapas.

Normalmente consiste en listas de coordenadas 2D que delimitan regiones temáticas o representan redes que pueden tener asociada una tercera magnitud. Ejemplo mapas de suelos, de cobertura vegetal, altimétrico, etc.

Raster, es el más antiguo de los formatos, es un cuadrículado o rejilla. Es un conjunto de celdas o cuadrículas localizadas en coordenadas contiguas e implementada como una matriz de dos dimensiones. Cada celda (también llamada cuadrícula, elemento de la imagen, elemento de la matriz o píxel) es referenciada por índices de línea y columna y contiene un número o valor "z" representando el tipo o valor del atributo cartografiado. Los valores de cada píxel están limitados a un cierto intervalo (usualmente de 0 a 255).

Las imágenes de satélite son adquiridas en este formato y los datos cartográficos también pueden ser convertidos para esta representación.

Ambas representaciones no son exactamente equivalentes. En primer lugar hay una pérdida de precisión al transformarse de formato vectorial para el raster, pero esta pérdida puede ser compensada por el hecho de que las operaciones de análisis geográfica en el dominio raster son más eficientes.

Sin embargo, la principal diferencia se debe al hecho de la representación vectorial es más adecuada para identificar objetos localizados, donde se requiere de precisión; mientras que la representación raster es más adecuada para fenómenos y magnitudes que varían continuamente en el espacio.

## **Usos de un SIG en la actualidad**

Pulido M., *et al* (1999), realizaron un estudio con los objetivos de generar los mapas de: salinidad del suelo, salinidad y drenaje deficiente y rendimiento del Distrito de Riego (DR) 075, con la aplicación de imágenes de satélite, un sensor de inducción electromagnética y sistemas de información geográfica (SIG). En lotes afectados por salinidad sembrados con cultivos extensivos se tomaron

muestras de suelo para analizar su salinidad ( $CE, dS\cdot m^{-1}$ ) y muestras de cosecha para estimar rendimiento, y se extrajeron las imágenes Landsat TM los valores espectrales de las bandas TM2 (verde), TM3 (rojo), y Tm4 (infrarrojo cercano). Esto permitió generar modelos de regresión para estimar la salinidad y el rendimiento, para lo cual se digitalizó el mosaico de cultivo en la imagen correspondiente. A partir de estos modelos se realizaron clasificaciones supervisadas de las imágenes de satélite para obtener un primer mapa parcial de salinidad y generar mapas de rendimiento. La salinidad del área del distrito que no fue cartografiada con las imágenes se estudió in-situ con un sensor electromagnético equipado con un aparato geoposicionador, lo que permitió generar un segundo mapa parcial; con la integración de estos mapas se obtuvo un mapa de salinidad definitivo del DR.

Se encontró que el área cartografiada fue de 319,976 ha, habiendo clasificado 138,345 (43%) como suelo salino. Este mapa se utilizó como base para sobreponer mediante los SIG's (MapInfo®) los mapas relacionados con problemas de drenaje, y se elaboró un mapa de áreas con problemas de salinidad y drenaje que señala los puntos de mayor interés para el programa de rehabilitación de suelos ensalitrados que se viene realizando en este DR. Se analizó la relación entre la salinidad y el rendimiento lo cual condujo a estimar la disminución de producción causada por la salinidad en los cultivos estudiados.

Gómez (1999), presenta la aplicación de una herramienta moderna de planeación para facilitar toma de decisiones en aplicación de acciones de rehabilitación de microcuencas, esta herramienta denominada Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha dado respuesta a problemas encontrados en el trabajo desarrollado, relacionados al manejo y generación de información cartográfica rápido y fácil, así como manejar espacialmente los atributos de cada mapa utilizado para planificar acciones de rehabilitación y tomar decisiones en su aplicación, debido a que se hacía en forma tradicional implicando demasiado tiempo, la elaboración de la cartografía era manual y su análisis difícil y lento, lo cual con la utilización de los SIG se ha superado; El uso de esta herramienta permitió implementar metodologías desarrolladas como: SIG CUENCAS caracterización del medio físico y priorización de microcuencas para definir el orden de atención con sustento técnico, respondiendo al problema donde la elaboración de planes de rehabilitación en forma tradicional eran lentos,

complicados y costosos, y la definición del sitio de inicio de acciones se realizaba sin sustento técnico. Se presenta una aplicación realizada en la cuenca del río Ahuehuetztingo, municipio Puente de Ixtla, Morelos, generándose mapas temáticos con su tabla de atributos relacionales, los que usaron para la caracterización del medio físico y la priorización de las microcuencas, esta información servirá como base técnica en la toma de decisiones para la planeación de acciones de rehabilitación en la microcuenca seleccionada.

Lachassagne, *et al* (2001), realizaron un trabajo de investigación en el río Truyere, zona de estudio de la central Massif (Departamento Lazore, Francia), ha sido desarrollada una metodología para delinear favorablemente las zonas de estudio de pocos kilómetros cuadrados hasta áreas de varios cientos, sino hasta miles de kilómetros cuadrados, proponiendo la localización de pozos de agua subterránea de gran producción. La metodología adopta un planteamiento funcional para acuíferos confinados, usando un modelo conceptual de la estructura de los acuíferos y del funcionamiento de varios de los compartimentos del acuífero: las modificaciones sufridas (erosión y roca degradada), refuerzo de la zona fisurada, y la roca sólida fracturada. Esto implica una factibilidad económica mediante el método del mapeo de espesores y distribución espacial de las modificaciones, y zonas fisuradas, en cuanto al largo plazo, depende principalmente de la explotación del recurso hidráulico.

Este método es usado por primera vez en la geohidrología. El potencial del recurso geohidrológico fue mapeado por un SIG con análisis multicriterio usando parámetros de caracterización de las estructuras y funcionamiento de los acuíferos, propiedades litológicas y geohidrológicas de los substratos, naturales y el espesor de las modificaciones y zonas fisuradas, nivel estático, pendiente; hoy en día se realizan estudios con tensión tectónica y previsión de la calidad del agua subterránea.

La metodología implica un proceso coherente de escalamiento que trata de aplicar métodos que incrementan la precisión, pero que también incrementan los costos, Permitiendo la selección de sitios, con dimensionamiento de superficies del área de trabajo. Los resultados son usados para la exploración del agua subterránea, Aunque estos también pueden ser aplicados para el amplio dominio de la administración del uso del suelo.

Rupert (2001), desarrolló mapas de vulnerabilidad del agua subterránea, usando el método DRASTIC, ha sido producido en muchas partes del mundo. Comparaciones de estos mapas con los datos de calidad actual del agua han sido mostrados por los métodos DRASTIC que no son buenos predictores de la contaminación del agua. Este estudio mejora significativamente la efectividad de un mapa de vulnerabilidad del agua de un DRASTIC modificado, calibramos los puntos del plano de los datos actuales de calidad del agua subterránea, sin usar parámetros estadísticos, técnicos y sistemas de información geográfica. La calibración fue realizada comparando datos de concentración de  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 - \text{N}$  en el agua subterránea usada en el suelo, el suelo y profundidad, los primeros datos son encontrados en el agua subterránea. Esta comparación muestra claramente las diferencias estadísticas entre las concentraciones de  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 - \text{N}$  y varias categorías. La probabilidad de contaminación con  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 - \text{N}$  con los puntos calibrados en el agua subterránea fue desarrollada con los resultados de estas comparaciones, y así fueron producidos los mapas de probabilidad luego fueron correlacionados con los datos de un  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 - \text{N}$  establecido independientemente para demostrar la efectividad en la predicción de concentraciones elevadas de  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 - \text{N}$  en el agua subterránea.

Esta correlación demostró que los mapas de probabilidad son efectivos, pero un mapa de vulnerabilidad producido con el método DRASTIC sin calibrar en la misma área usando los mismos datos no fueron efectivos. Se ha ahorrado considerablemente tiempo y dinero para desarrollar mapas de vulnerabilidad con el método DRASTIC. Este estudio demostró la efectividad en el ahorro de costos con el método y se verificó la efectividad de los mapas de vulnerabilidad del agua subterránea.

## **Software Que Se Utiliza Para Un SIG**

Arcview®

Este sistema es producido por ESRI (Environmental Systems Research Institute) y constituye una de las plataformas más utilizadas hoy en día para la solución de numerosos problemas vinculados con campos muy diversos.



### MapInfo®

Este sistema es elaborado por MAPINFO Corporation en 1996. Este es un sistema de naturaleza vectorial muy orientado a la Cartografía y al análisis vectorial de forma general. Está implementado sobre Windows y resulta de fácil manejo.

### VerticalMap®

Este programa es desarrollado por Northwood Geoscience Ltd. Para que sea ejecutado desde Mapinfo®. El sistema, una vez instalado se activa como un menú, con su respectiva barra de herramientas identificada como VM2.

### Idrisi®

El sistema IDRISI for Windows® resulta de la evolución de Idrisi®, elaborado por los laboratorios para Tecnología Cartográfica y análisis Geográfico de Clark University, en EU.

### CartaLinx®

CartaLinx® es un generador de datos espaciales, una herramienta para el desarrollo de mapas digitales que sirve de complemento a una gran variedad de SIG y programas para la cartografía automatizada tales como Idrisi®, ArcInfo®, ArcView®, Mapinfo®, entre otros. Fue creado en 1998 por los laboratorios de Clark University.

En el presente trabajo se utilizó el software Arc View, para integrar las unidades hidrogeológicas del estado de Coahuila, con la colaboración de la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

# MATERIALES Y METODOS

## **Descripción Del Estado De Coahuila**

### **Provincias Geológicas**

El estado de Coahuila queda comprendido dentro de tres provincias geológicas que son: Sierras y Llanuras del Norte, Sierra Madre Oriental, Grandes Llanuras de Norteamérica. (Figura 3.1)

La descripción de las características geológicas de cada una de ellas se hace a continuación.

#### Provincia Sierras y Llanuras Del Norte

Esta provincia se caracteriza por la predominancia de llanuras cubiertas por grandes espesores de materiales aluviales, así como por la existencia de sierras aisladas constituidas por rocas sedimentarias de origen marino y afloramientos de rocas ígneas.

Las principales estructuras geológicas que se manifiestan en esta provincia están representadas por fallas de tipo normal, así como por plegamientos (anticlinales y sinclinales) con orientaciones norte-sur y este-oeste, como en la sierra Mojada y del Rey principalmente; que se desarrollan paralelamente al contacto entre los suelos aluviales y las rocas sedimentarias que constituyen estas sierras.

Existen además cuerpos intrusivos y coladas de lava en las porciones que corresponden a las sierras volcánicas escarpadas al centro y norte de la provincia.

## Provincia Sierra Madre Oriental

La principal característica geológica de esta provincia es la predominancia de rocas mesozóicas de origen sedimentario marino, las cuales fueron sometidas a esfuerzos corticales de tensión y compresión, que dieron lugar a levantamientos serranos abruptos constituidos por rocas calizas, que se alternan con valles intermontanos. Tal es el caso de las sierras: El Burro, Santa Rosa, Menchaca y la Fragua entre otras. También se encuentran lomeríos de pendientes suaves, constituidos por lutitas asociadas con calizas y areniscas, como los localizados al sureste de la sierra El Burro y en la zona comprendida entre Parras de la Fuente y Saltillo.

Esta provincia se caracteriza por sus estructuras geológicas que han dado lugar a la formación de valles y sierras, cuyas orientaciones predominantes son noreste-sureste y este-oeste. Existe un gran número de fallas normales e inversas, así como de pliegues anticlinales y sinclinales que siguen la orientación de las sierras. Las estructuras ígneas se encuentran diseminadas en la parte de la provincia que corresponde al estado y están constituidas por cuerpos intrusivos y derrames de lava. También existen fracturas de diferentes magnitudes, algunas de las cuales han sido rellenadas por soluciones mineralizantes para formar vetas de importancia económica, como es el caso de las minas de barita, fluorita y de minerales metálicos.

## Provincia Grandes Llanuras de Norteamérica

La porción coahuilense de esta provincia está constituida por rocas sedimentarias en su mayor parte, aunque también existen pequeños afloramientos ígneos, así como una gran cantidad de materiales de aluvión que cubren las grandes llanuras de la zona.

Las estructuras formadas por las rocas de esta provincia son principalmente plegamientos de las rocas sedimentarias cuyos ejes siguen una orientación noroeste-sureste como en los casos del cerro El Veterano y cerro El Movimiento. Existen, además aparatos volcánicos y derrames lávicos como el de Agua Dulce, loma Kakanapo y cerro El Barril, distribuidos principalmente en la región de Sabinas.



Figura 3.1 Provincias Geológicas del estado de Coahuila.



Las fallas normales y las fracturas, que afectan tanto a las rocas ígneas como a las sedimentarias, siguen patrones orientados, algunos, al noreste-suroeste, y otros al noroeste-sureste.

## **Regiones Hidrológicas**

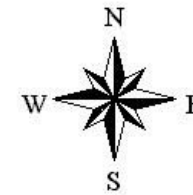
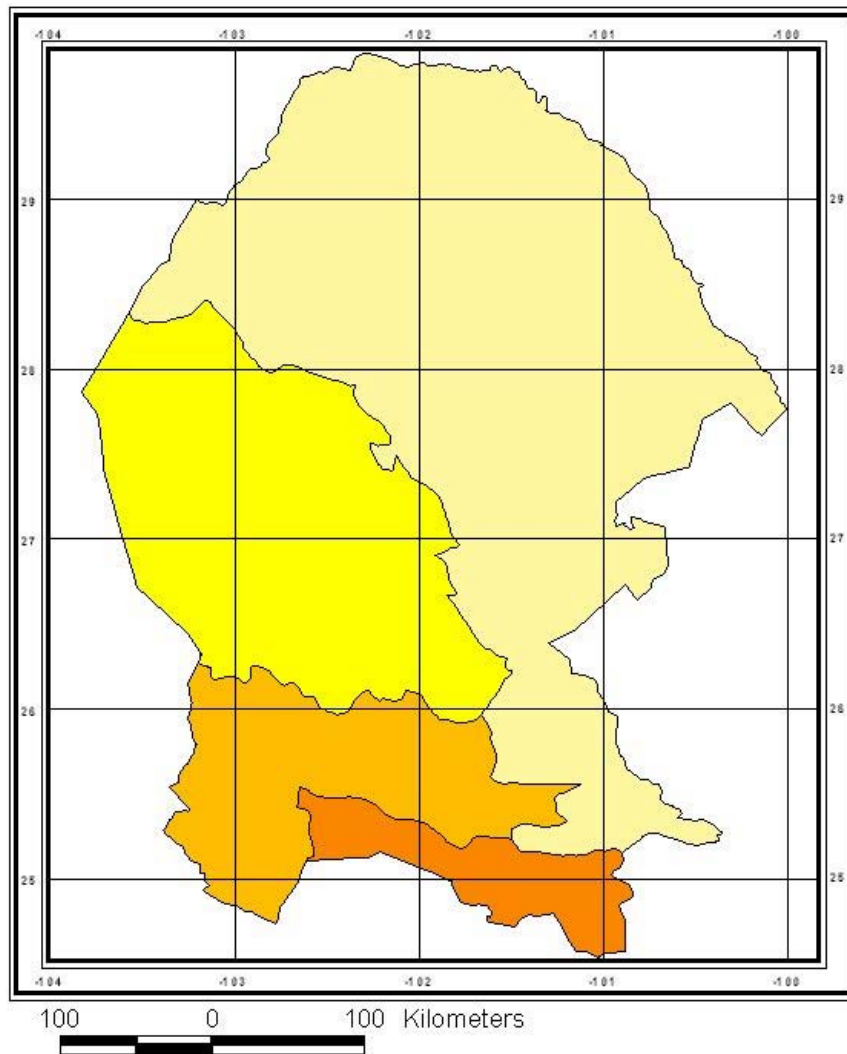
El estado de Coahuila queda comprendido en parte de las regiones hidrológicas: "Bravo-Conchos" (No. 24) que abarca gran parte del estado con 95,236.33 km<sup>2</sup>; "Mapimí" (No. 35) en la porción oeste con 29,456.26 km<sup>2</sup>; "Nazas-Aguanaval" (No. 36) En la parte sur-suroeste con 21,908.22 km<sup>2</sup> y finalmente la región "El Salado" (No. 37) con una área muy reducida en la parte sureste con 4,977.56 km<sup>2</sup>. (Figura 3.2)

### Región Hidrológica Bravo-Conchos (No. 24)

En su mayoría está constituida por tierras planas, con altitud media de 1000 m a 1800 m. Es una región árida cuya sequedad se agudiza el norte. La mayoría de las corrientes del norte desaguan en el río Bravo, y hay además algunas cuencas endorréicas, como las de las lagunas Tortuguillas y Chancaplio, dentro del área de la cuenca del río Conchos.

### Región Hidrológica "Mapimí" (No. 35)

La región del Bolsón de Mapimí no presenta corrientes o almacenamientos perennes, se caracteriza por su aridez y la ausencia casi total de elevaciones importantes. Todas las cuencas que la conforman son endorréicas. Los cauces son temporales y se forman a consecuencia de alguna precipitación intensa, borrándose semanas o meses después. En toda la región los índices de escurrimiento superficial son muy bajos, menores a los 10 mm anuales que, por supuesto, van a dar al fondo de los bolsones, en donde se llegan a formar lagunas intermitentes.



- Bravo conchos.shp
- Mapimí.shp
- Nazas agua naval.shp
- El salado.shp

Figura 3.2 Regiones Hidrológicas, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo

### Región Hidrológica Nazas-Aguanaval (No. 36)

La parte coahuilense de esta región se encuentra al noroeste de la entidad y abarca también partes de los estados de Durango y Zacatecas, se le conoce con el nombre de Región Lagunera y corresponde a las cuencas cerradas de los grandes ríos Nazas y Aguanaval. Estos ríos alimenten a la zona agrícola más importante de la Entidad, la Comarca Lagunera, y a varias de las ciudades que en ella se enmarcan, tanto en Durango (Gómez Palacio y Lerdo) como en Coahuila (Torreón, Matamoros y San Pedro de las Colonias).

### Región Hidrológica El Salado (No. 37)

De todas las regiones hidrológicas comprendidas dentro del estado de Coahuila, ésta es la que menor área ocupa. Es, sin embargo, una de las vertientes interiores más importantes del país. Está integrada por un conjunto hidrográfico de cuencas cerradas de muy diferentes dimensiones. Corresponden al estado de Coahuila partes de tres de sus cuencas.

## **Cuencas Hidrológicas**

### Cuenca Río Bravo-San Juan (24B)

Con un área dentro del estado de 12,155.69 km<sup>2</sup>, el río San Juan, corriente principal de esta cuenca, es el segundo en importancia por la margen derecha del río Bravo. Este río es uno de los más importantes de la región noreste del país. Dada su ubicación, la cuenca del río San Juan queda expuesta a frecuentes perturbaciones ciclónicas del Golfo, que periódicamente causan crecientes de importancia. (Figura 3.3).



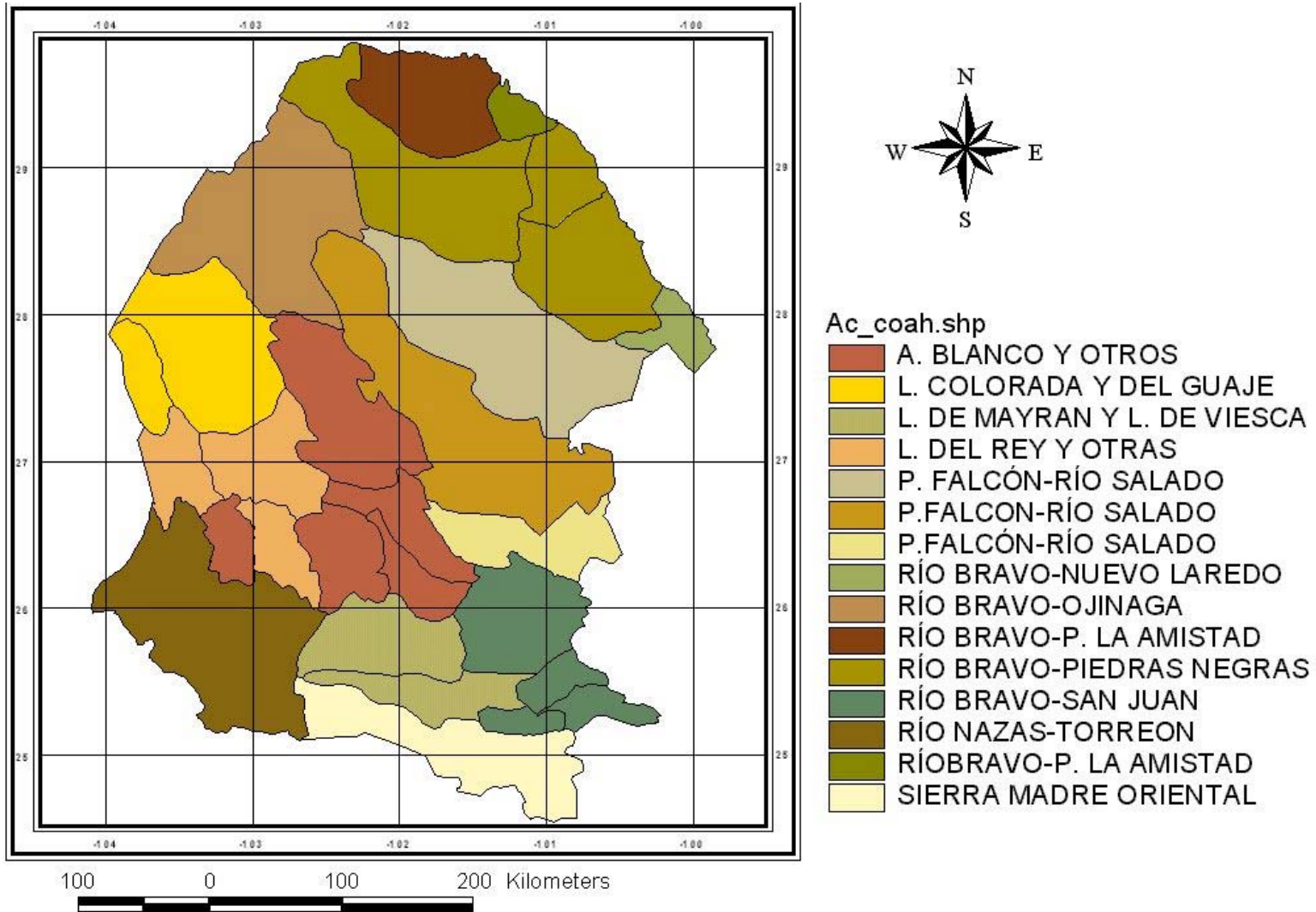


Figura 3.3 Cuencas Hidrológicas, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo

#### Cuenca Presa Falcón-Río Salado (24D)

Tiene una superficie, dentro de Coahuila, de 46,001.62 km<sup>2</sup>, el río Salado, corriente principal de esta cuenca, tiene su origen en el estado de Coahuila en la confluencia de los arroyos Aura, Seco y Pájaros Azules que pasa por la Presa Venustiano Carranza (Don Martín) tomando una dirección a partir de este punto de norte-sureste y atraviesa las llanuras nororientales de Coahuila para luego seguir por Nuevo León, hasta su desembocadura en la presa Falcón en el estado de Tamaulipas. (Figura 3.3).

#### Cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo (24E)

Con una superficie dentro del estado de 5,328.99 km<sup>2</sup>, pocos o nulos son los escurrimientos que se pueden citar en esta cuenca, debido a la escasa precipitación y a la topografía del terreno, de modo que todas las corrientes son intermitentes. Dentro del área correspondiente a Coahuila quedan ciudades importantes como Allende y Villa Unión. (Figura 3.3).

#### Cuenca Río Bravo-Piedras Negras (24F)

Tiene un área de 9,987.97 km<sup>2</sup> dentro del estado, al que corresponde el área de esta cuenca en la totalidad de su parte mexicana. Pocos son los escurrimientos en esta zona. Cabe mencionar al río San Antonio y el río San Rodrigo como los de más caudal, se puede considerar que el aprovechamiento de esta cuenca se debe al río Bravo, aunque existen en ella almacenamientos de cierta relevancia y que son las presas San Miguel y El Centenario. (Figura 3.3).

#### Cuenca Río Bravo-Presa de la Amistad (24G)

Con una superficie dentro del estado de 10,267.78 km<sup>2</sup>, esta cuenca también corresponde en la totalidad de su parte mexicana a Coahuila en cuya parte norte se ubica la presa de la Amistad, se encuentra a 107 Km aguas abajo de Langtry, Texas. Esta presa fue construida conjuntamente por México y los Estados Unidos. Por el lado mexicano son 2 los afluentes de importancia que desembocan directamente en la presa y son los arroyos del Caballo y de la Zorra. (Figura 3.3).

#### Cuenca Río Bravo-Ojinaga (24H)

Con un área dentro del Estado de 11,494.28 Km<sup>2</sup>, escasas son las corrientes de esta cuenca por la poca precipitación y la topografía llana del área. Las únicas eminencias son la sierra Hechiceros y como límites de cuenca, las sierras el Burro y la Encantada, de donde bajan los pocos arroyos que drenan la zona. (Figura 3.3).

#### Cuenca Valle el Hundido (35A)

Totalmente dentro del estado, tiene una superficie de 7,775.55 km<sup>2</sup>. Esta cuenca abarca un conjunto de llanuras desérticas (bolsones) los cuales están limitados por parte aguas que fluctúan entre los 1100 y 1800 msnm Los nombres de los llanos son: Valle El Hundido, Valle El Sobaco y Valle Buenavista. (Figura 3.3).

#### Cuenca Laguna del Rey (350)

Con un área dentro del estado de 12,410.92 km<sup>2</sup>. Se ubican en ella lagunas poco profundas e intermitentes que sólo son aprovechadas en la explotación de sales cristalizadas por la evaporación en sus fondos secos. Tres lagunas son los rasgos más relevantes de esta zona: La Laguna del Rey, la del Coyote y la de la Leche. (Figura 3.3).

#### Cuenca Laguna del Guaje-Lipanes (35C)

Con una superficie dentro del estado de 9,093.86 km<sup>2</sup>. En esta cuenca se encuentra la laguna intermitente del Guaje, la de mayor dimensión en la región. Está limitada al este por la sierra la Máquina y al oeste por la Sierra la Concordia, en una área conocida como Llano El Guaje. (Figura 3.3).

#### Cuenca Arroyo la India-Laguna Palomas (35E)

Mínima es el área de esta cuenca que corresponde al estado de Coahuila, 175.93 km<sup>2</sup>. Su corriente principal, el arroyo El Llano se encuentra en el estado de Chihuahua, al igual que la laguna del Milagro que es la única subcuenca intermedia (35EA) en el estado. (Figura 3.3).

#### Cuenca Río Nazas-Torreón (36A)

Tiene una superficie, dentro del estado, de 2,705.76 Km<sup>2</sup>. La mayor parte de esta cuenca está ubicada en el estado de Durango y su porción coahuilense abarca parte de los municipios de Torreón, Matamoros, San Pedro y Parras. (Figura 3.3).

#### Cuenca Río Aguanaval (36D)

Con una superficie dentro del estado de 4,123.72 km<sup>2</sup>, el escurrimiento en esta cuenca es menor que en la del Nazas, del orden de 10 a 20 mm anuales. (Figura 3.3).

#### Cuenca Lagunas de Mayrán y Viesca (36E)

Con un área dentro del estado de 15,078.74 km<sup>2</sup>. Corresponde a una región de cuencas cerradas las cuales están integradas básicamente por las lagunas de Viesca y de Mayrán. Se ubican

dentro de esta cuenca localidades coahuilenses de importancia como Viesca y Parras de la Fuente(Figura 3.3).

#### Cuenca Sierra Madre Oriental (37A)

Con un área dentro del estado de 1,293.77 km<sup>2</sup> corresponde a esta cuenca, dentro del estado, una pequeña porción al sureste de Saltillo. (Figura 3.3).

#### Cuenca Matehuala (37B)

Con un área dentro del estado de 311.69 km<sup>2</sup>. El nombre de esta cuenca es el mismo de la ciudad potosina que es su población principal. Su aprovechamiento hacia el estado de Coahuila es nulo y los escurrimientos superficiales prácticamente inexistentes. (Figura 3.3).

#### Cuenca Sierra de Rodríguez (37C)

Con una superficie dentro del estado de 3,372.10 km<sup>2</sup>. Esta cuenca es la que mayor área ocupa dentro de la región, sin embargo, como en los casos anteriores, sus aguas son aprovechadas principalmente en otras entidades, en particular en San Luis Potosí. (Figura 3.3).

### **Unidades hidrogeológicas**

Las tierras del estado de Coahuila están en su gran mayoría sujetas a climas secos y muy secos, por lo que la entidad dispone de recursos hidráulicos muy escasos. Las precipitaciones medias anuales son, en muchas zonas, menores de 250 mm; y los escurrimientos superficiales muy limitados. Así, los acuíferos se recargan muy lentamente, lo que restringe en gran medida el aprovechamiento del potencial agrícola y ganadero de sus terrenos. En la entidad se han

identificado 28 unidades hidrogeológicas de las cuáles 3 ( COA-523 Principal Región Lagunera, COA-524 Acatita y COA-525 Delicias) son administradas por la gerencia regional Cuencas Centrales del Norte con sede en Torreón, las restantes son administradas por la gerencia estatal de la CNA con sede en Saltillo. (Figura 3.4)

#### Allende – Piedras Negras (COA-01)

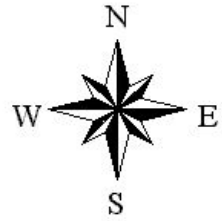
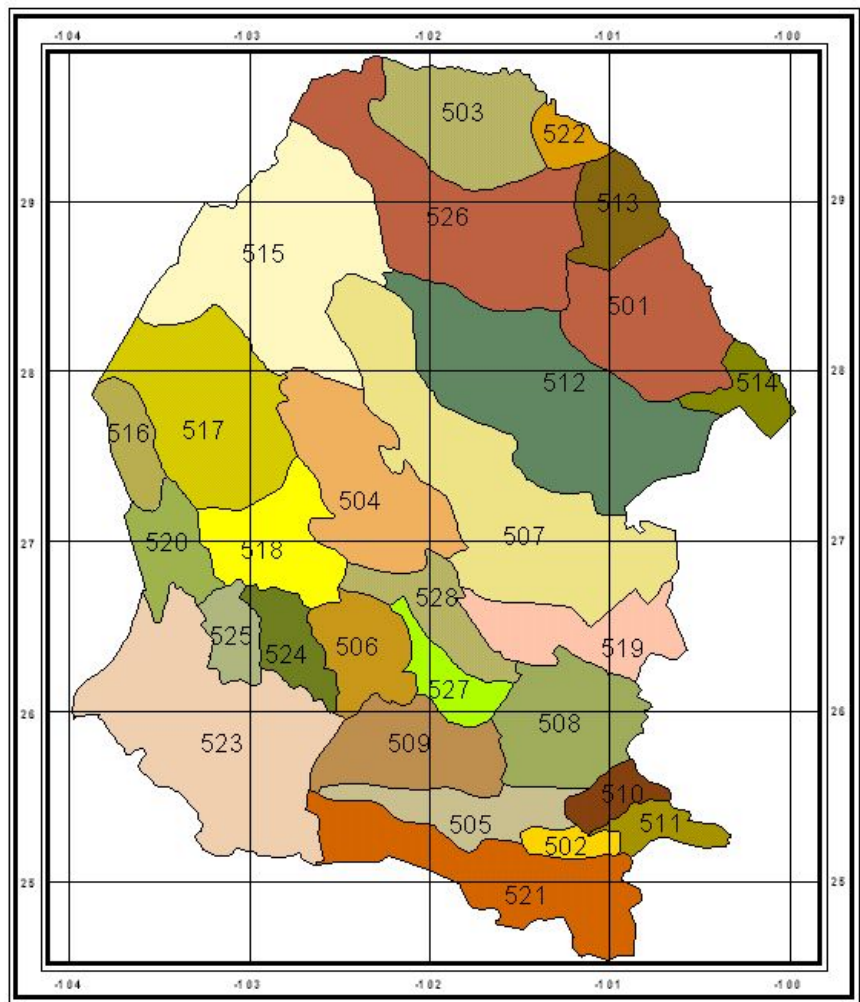
Se localiza al Norte del Estado, tiene una superficie de 3,910 Km<sup>2</sup>, cuenta con un total de 755 aprovechamientos de los cuáles 663 están activos, su recarga es del orden de 144.54 Mm<sup>3</sup>/año y el total de sus extracciones es de 118.85 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.5).

#### Cañón de Derramadero (COA-02)

Se localiza al sureste del Estado, tiene una superficie de 587 Km<sup>2</sup>, cuenta con un total de 443 aprovechamientos de los cuáles 221 se encuentran activos, su recarga es del orden de 8.61 Mm<sup>3</sup>/año y el total de sus extracciones es de 14.5 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.6).

#### Cerro Colorado - La Partida (COA-03)

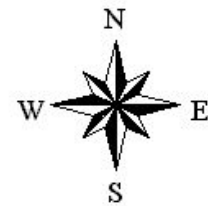
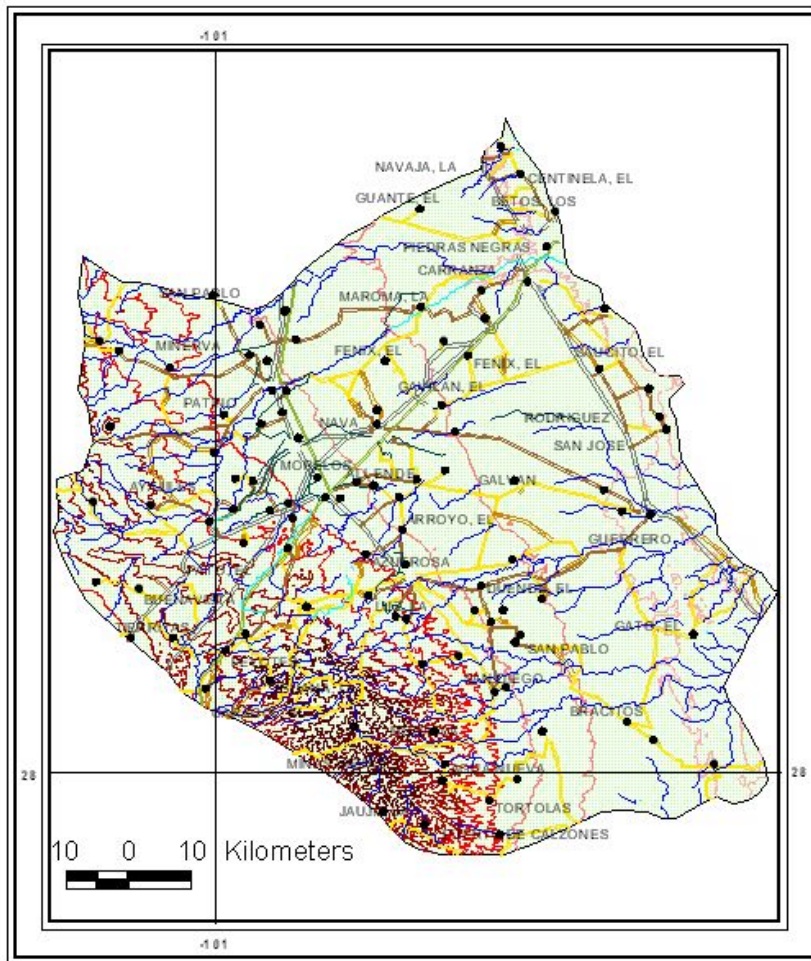
Se localiza al Norte del Estado, tiene una superficie de 5,530 Km<sup>2</sup>, cuenta con 80 aprovechamientos, su recarga es del orden de 10 Mm<sup>3</sup>/año, y el total de sus extracciones es de 6.2 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.7).



- Ac\_coah.shp
- 501 ALLENDE PIEDRAS NEGRAS
  - 502 CAÑÓN DEL DERRAMADERO
  - 503 CERRO COLORADO LA - PARTIDA
  - 504 CUATROCIENEGAS OCAMPO
  - 505 GENERAL CEPEDA LA SAUCEDA
  - 506 EL HUNDIDO
  - 507 MONCLOVA
  - 508 PAREDON
  - 509 LA PAILA
  - 510 SALTILLO- RAMOS ARIZPE
  - 511 REGION MANZANERA ZAPALINAME
  - 512 REGION CARBONIFERA
  - 513 PALESTINA
  - 514 HIDALGO
  - 515 SANTA FE DEL PINO
  - 516 HERCULES
  - 517 LAGUNA EL GUAJE
  - 518 LAGUNA EL COYOTE
  - 519 CASTAÑOS
  - 520 LAGUNA EL REY- SIERRA MOJADA
  - 521 SALTILLO SUR
  - 522 PRESA LA AMISTAD
  - 523 PRINCIPAL- REGION LAGUNERA
  - 524 ACATITA
  - 525 LAS DELICIAS
  - 526 SERRANIA DEL BURRO
  - 527 VALLE DE SAN MARCOS
  - 528 CUATROCIENEGAS

100 0 100 Kilometers

Figura 3.4 Unidades Hidrogeológicas, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



- Localidades.shp
- Corrientes.shp
  - ~ Bordo
  - ~ Canal
  - ~ Corriente de agua, intermitente
  - ~ Corriente de agua, perenne
  - ~ Presa, en operacion
- Carreteras.shp
  - ~ Brecha
  - ~ Local
  - ~ Pavimentada
  - ~ Terraceria
  - ~ Vereda
  - ~ Via sencilla
- Elevaciones allende-piedras negras.shp
  - ~ 200 - 250
  - ~ 250 - 350
  - ~ 350 - 450
  - ~ 450 - 550
  - ~ 550 - 700
- Allende-piedras negras.shp

Figura 3.5 Unidad Hidrogeológica COA-01 Allende-Piedras Negras, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo



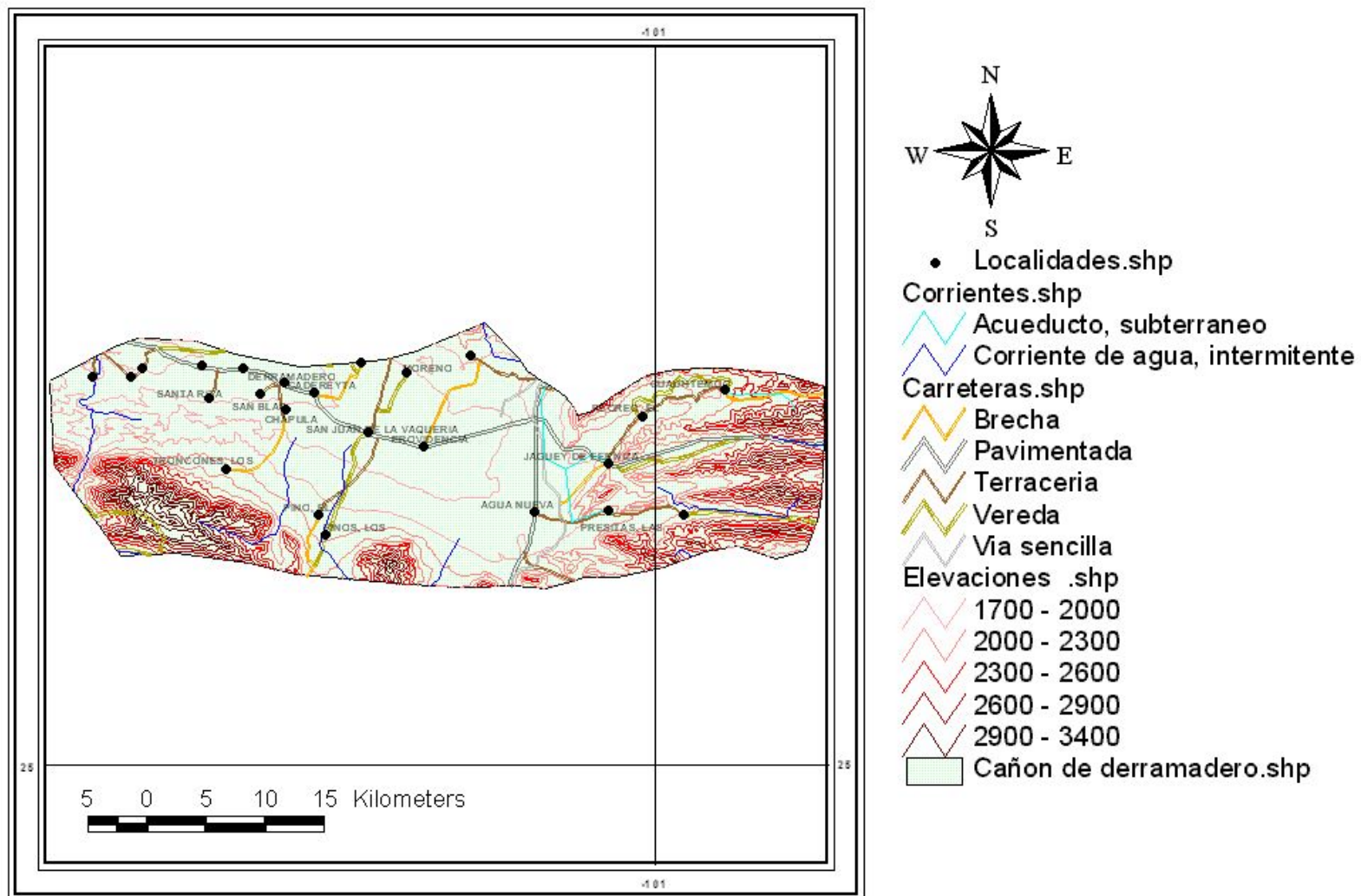
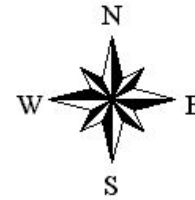
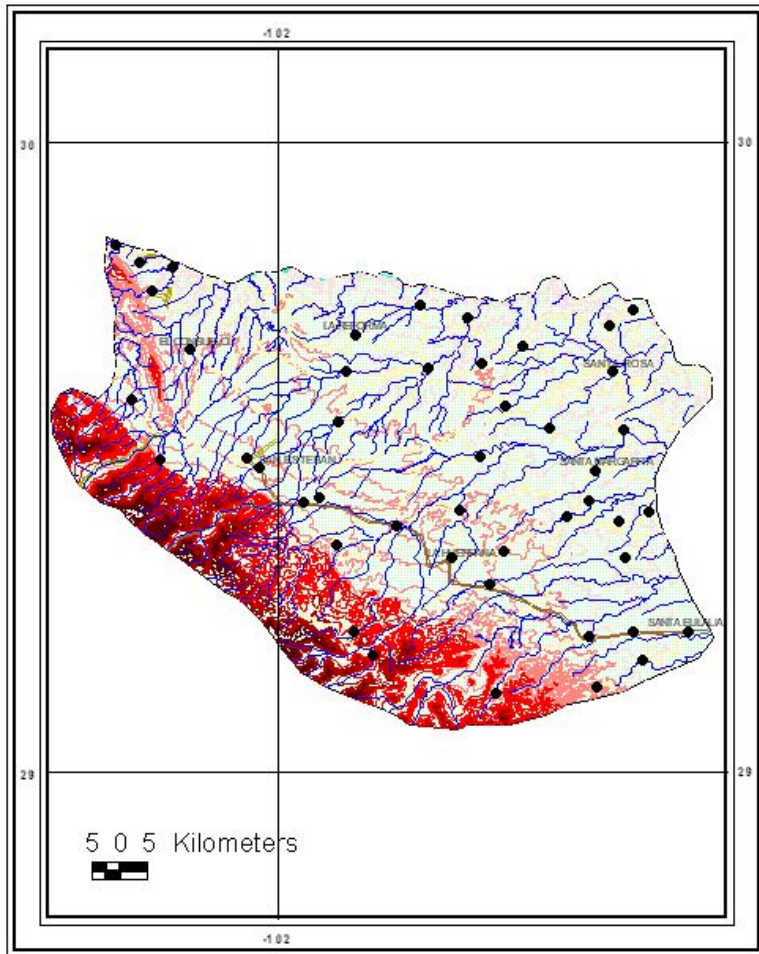


Figura 3.6 Unidad Hidrogeológica COA-02 Cañon de Derramadero, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo



- Localidades.shp
- Corrientes.shp
  - ~ Bordo
  - ~ Corriente de agua, intermitente
  - ~ Corriente de agua, perenne
- Carreteras.shp
  - ~ Brecha
  - ~ Pavimentada
  - ~ Terraceria
  - ~ Vereda
- Elevaciones cerro colorado-la partida.shp
  - ~ 350 - 550
  - ~ 550 - 800
  - ~ 800 - 1050
  - ~ 1050 - 1250
  - ~ 1250 - 1600
- ~ Cerro colorado-la partida.shp

Figura 3.7 Unidad Hidrogeológica COA-03 Cerro Colorado- La Partida, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

#### Cuatro Ciénegas – Ocampo (COA-04)

Se localiza en el centro del Estado, tiene una superficie de 4,523 Km<sup>2</sup> , cuenta con un total de 167 aprovechamientos de los cuáles 109 se encuentran activos, su recarga es del orden de 61.63 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones son de 7.51 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso de las aguas subterráneas es el agrícola. (Figura 3.8).

#### General Cepeda – Saucedá (COA-05)

Se localiza al sureste del Estado, tiene una superficie de 3,070 Km<sup>2</sup>, cuenta con 317 aprovechamientos, su recarga es del orden de 57.40 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 46.14 Mm<sup>3</sup>/año, con una condición de subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.9).

#### El Hundido (COA-06)

Se localiza al suroeste del Estado, tiene una superficie de 1,720 Km<sup>2</sup>, cuenta con 44 aprovechamientos, su recarga es del orden de 6.34 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 7.93 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.10).

#### Moncolva (COA- 07)

Se localiza al Noreste del Estado, con una superficie de 12,140 Km<sup>2</sup>, cuenta con un total de 790 aprovechamientos de los cuáles 761 se encuentran activos, su recarga es del orden de 30 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 97.41 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el Público. (Figura 3.11).

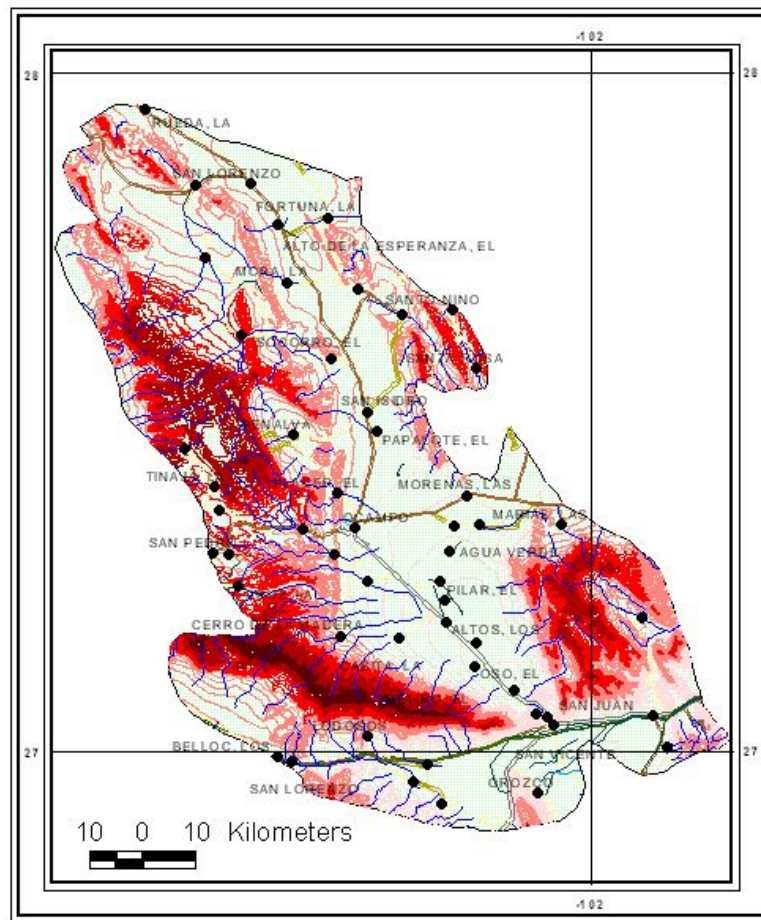


Figura 3.8 Unidad Hidrogeológica COA-04 Cuatrociénegas-Ocampo, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo



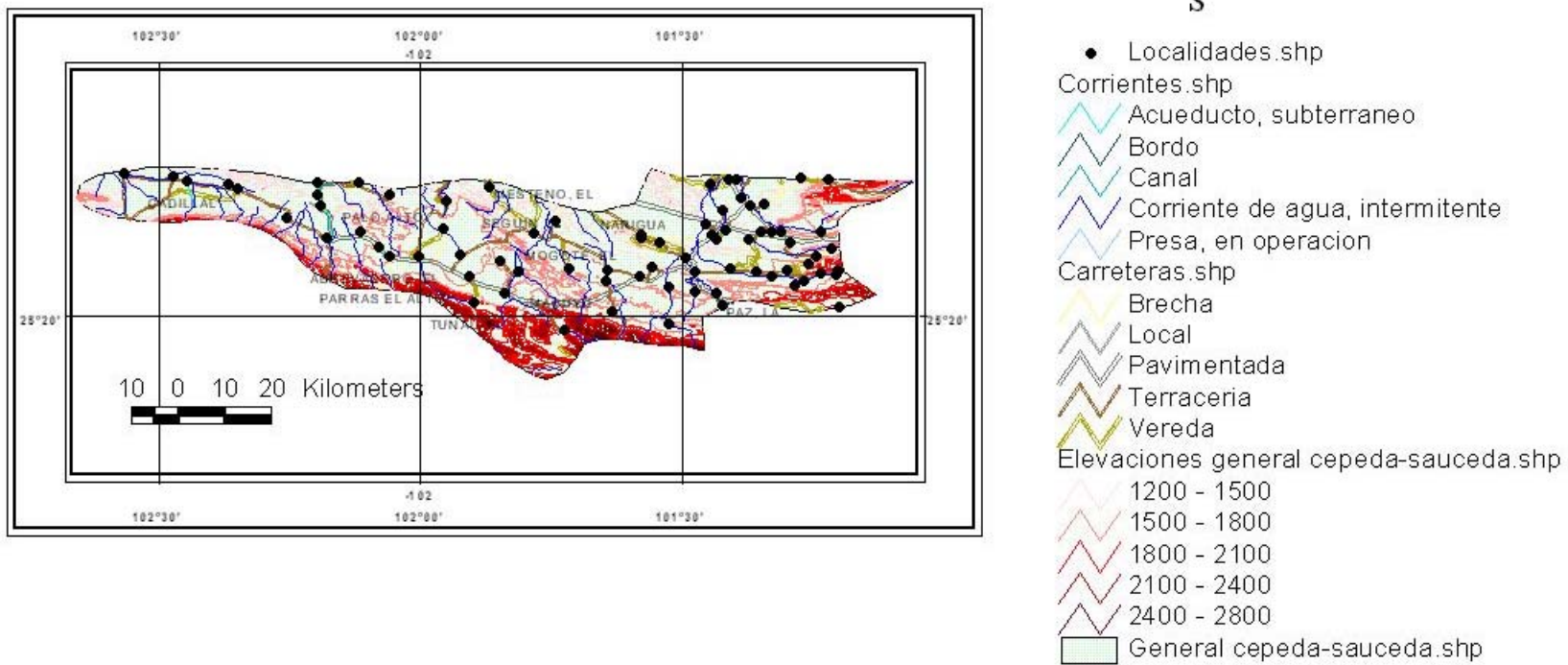


Figura 3.9 Unidad Hidrogeológica COA-05 General Cepeda-Sauceda, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo



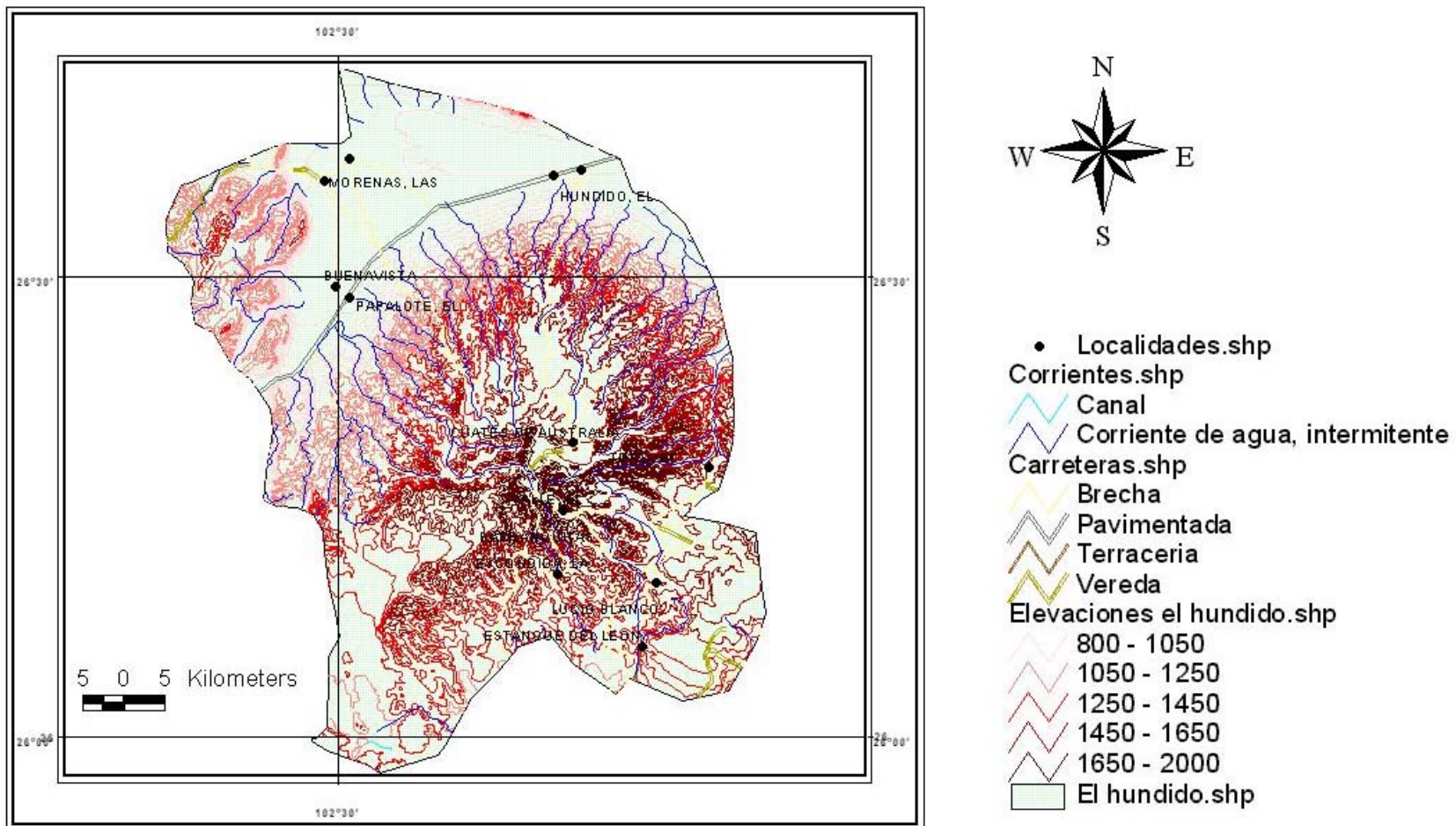


Figura 3.10. Unidad Hidrogeológica COA-06 El Hundido, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo

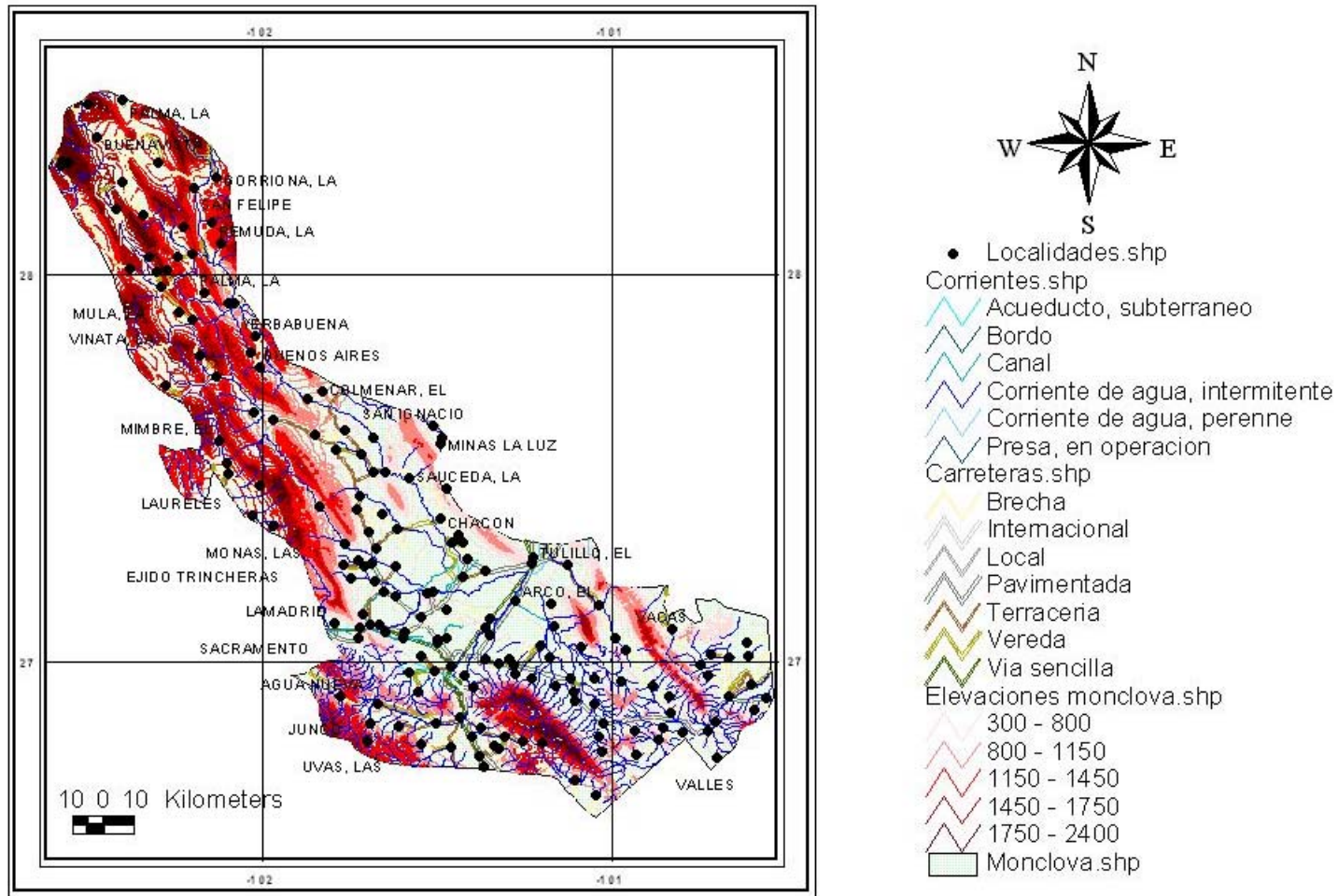


Figura 3.11 Unidad Hidrogeológica COA-07 Monclova, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



#### Paredón (COA-08)

Se localiza al Sureste del Estado, con una superficie de 2,940 Km<sup>2</sup>, cuenta con un total de 257 aprovechamientos de los cuáles 221 se encuentran activos, su recarga es del orden de 18.64 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 5.7 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.12).

#### La Paila (COA-09)

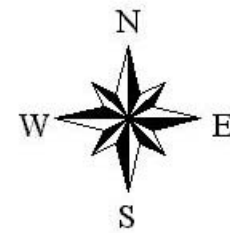
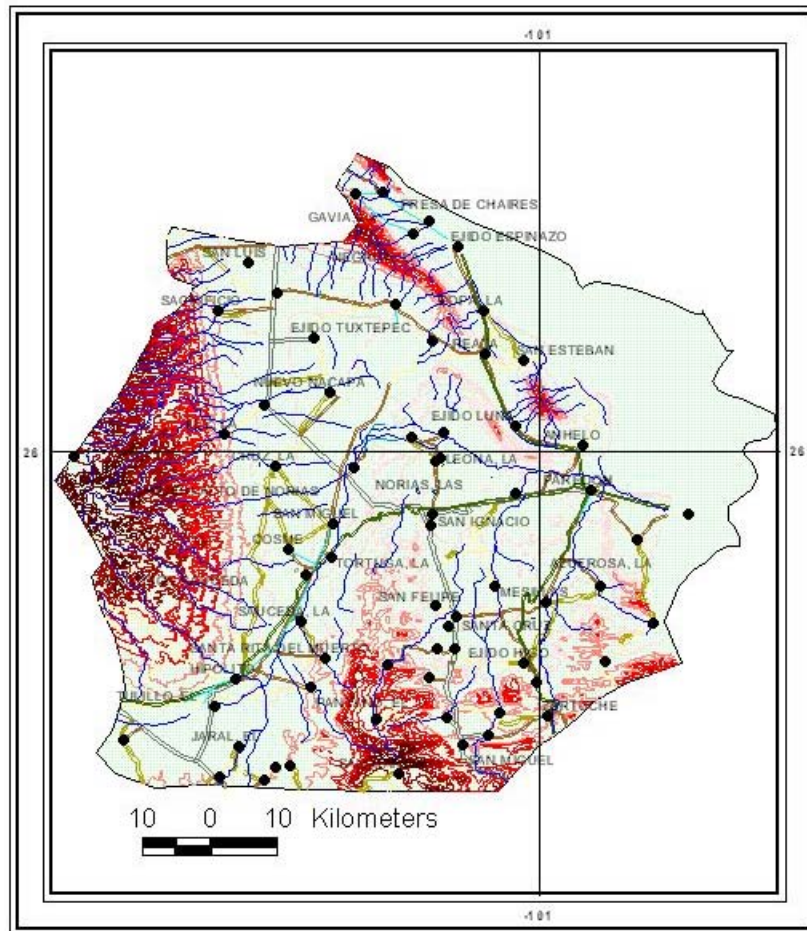
Se localiza al Sur del Estado, con una superficie de 5,330 Km<sup>2</sup>, cuenta con un total de 220 aprovechamientos, su recarga es del orden de 8.3 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 14.52 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.13).

#### Saltillo – Ramos Arizpe (COA-10)

Se localiza al Sureste del Estado, con una superficie de 1,370 Km<sup>2</sup>, cuenta con un total de 725 aprovechamientos de los cuáles 585 se encuentran activos, su recarga es del orden de 29.47 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 42.55 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el Público – Doméstico. (Figura 3.14).

#### Zona Manzanera- Zapalinamé (COA-11)

Se localiza al sureste del Estado, tiene una superficie de 1,000 Km<sup>2</sup>, cuenta con 687 aprovechamientos, su recarga es del orden de 55.51 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 37.58 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el uso principal del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.15).



- Localidades.shp
- Corrientes.shp
  - Acueducto, subterráneo
  - Bordo
  - Canal
  - Corriente de agua, intermitente
  - Corriente de agua, perenne
  - Presa, en operación
- Carreteras.shp
  - Brecha
  - Local
  - Pavimentada
  - Terracería
  - Vereda
  - Vía sencilla
- Elevaciones paredon.shp
  - 800 - 1100
  - 1100 - 1300
  - 1300 - 1600
  - 1600 - 1900
  - 1900 - 2300
- Paredon.shp

Figura 3.12 Unidad Hidrogeológica COA-08 Paredon, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo



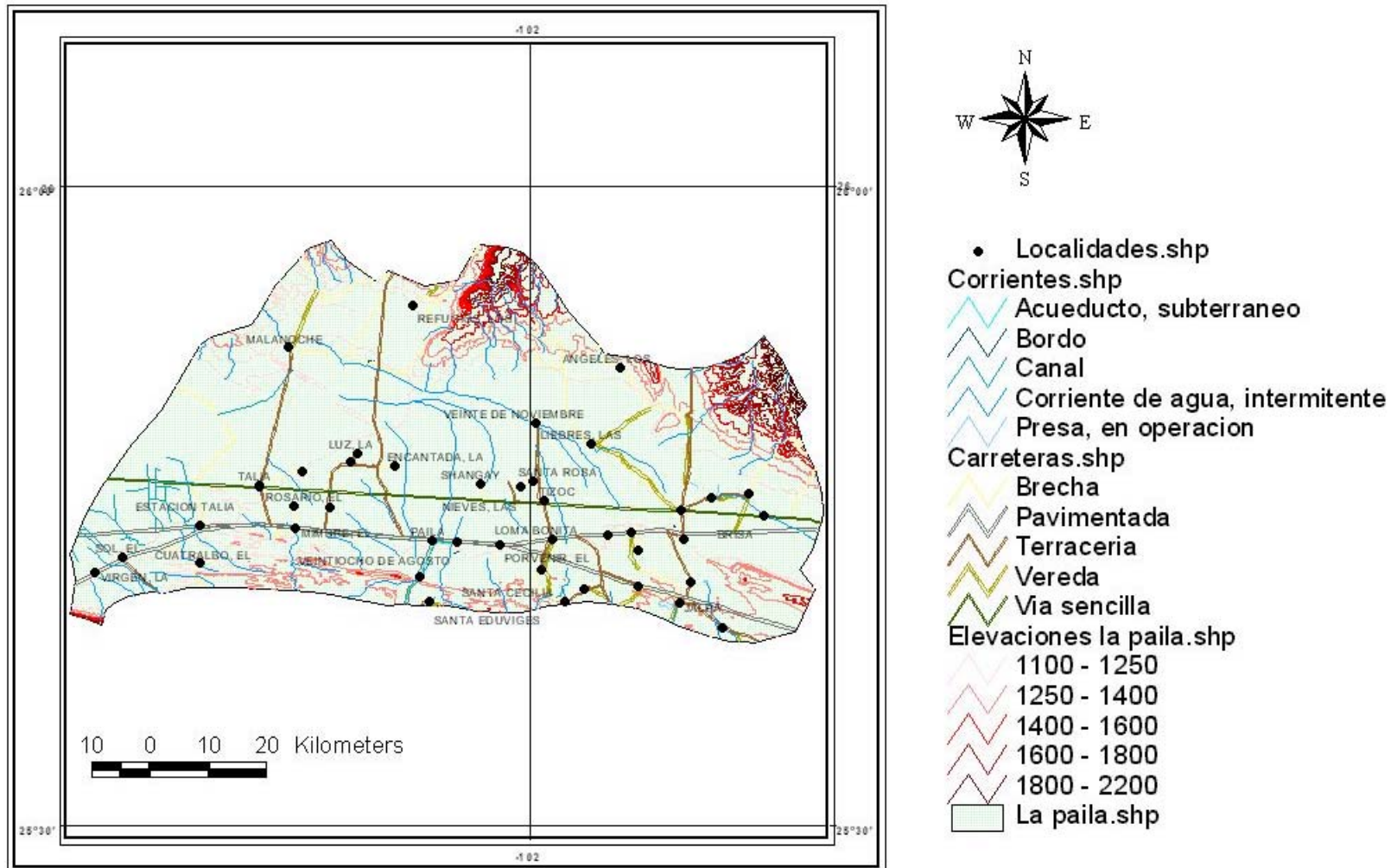


Figura 3.13 Unidad Hidrogeológica COA-09 La Paila, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



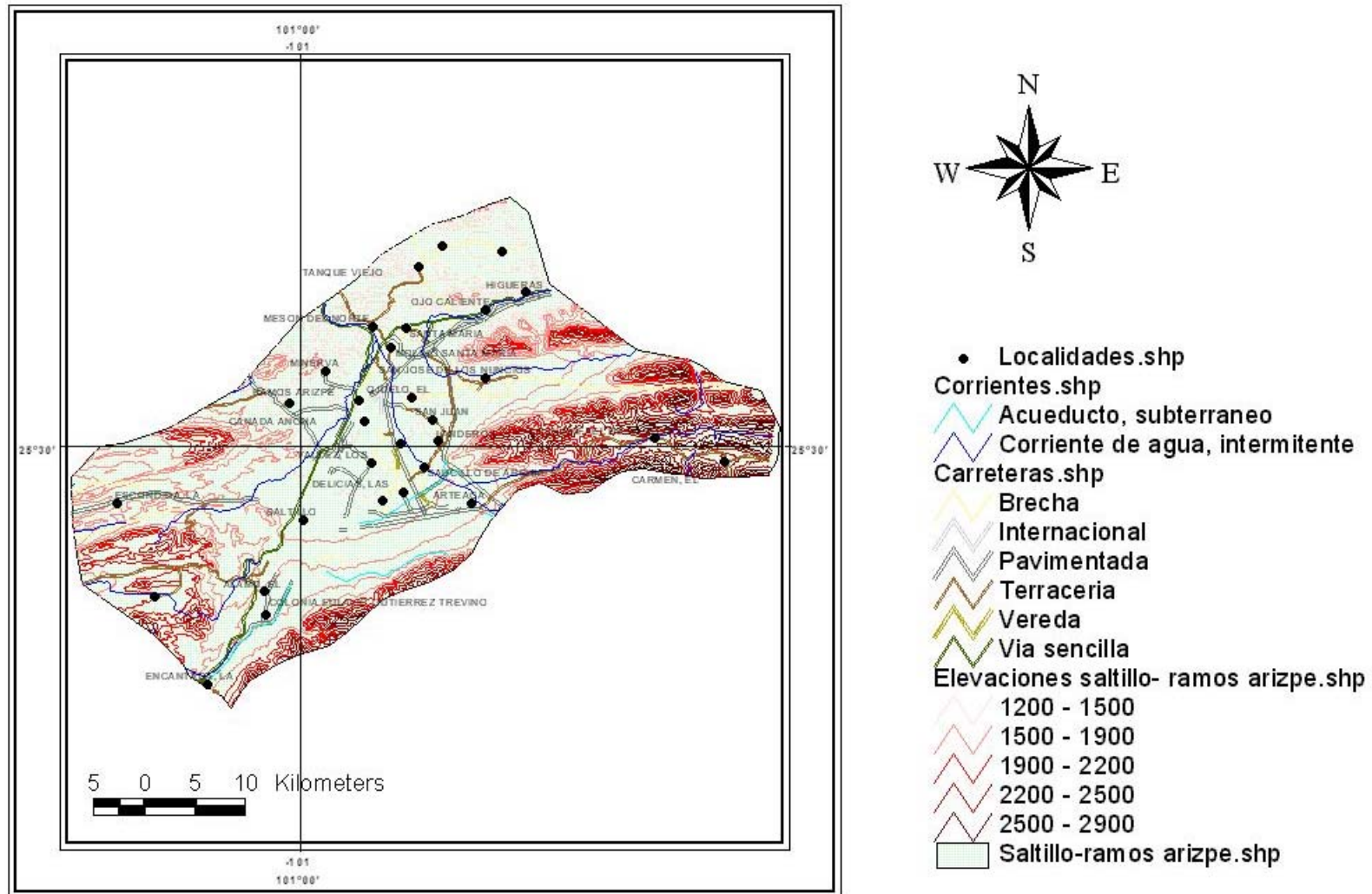


Figura 3.14 Unidad Hidrogeológica COA-10 Saltillo-Ramos Arizpe, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



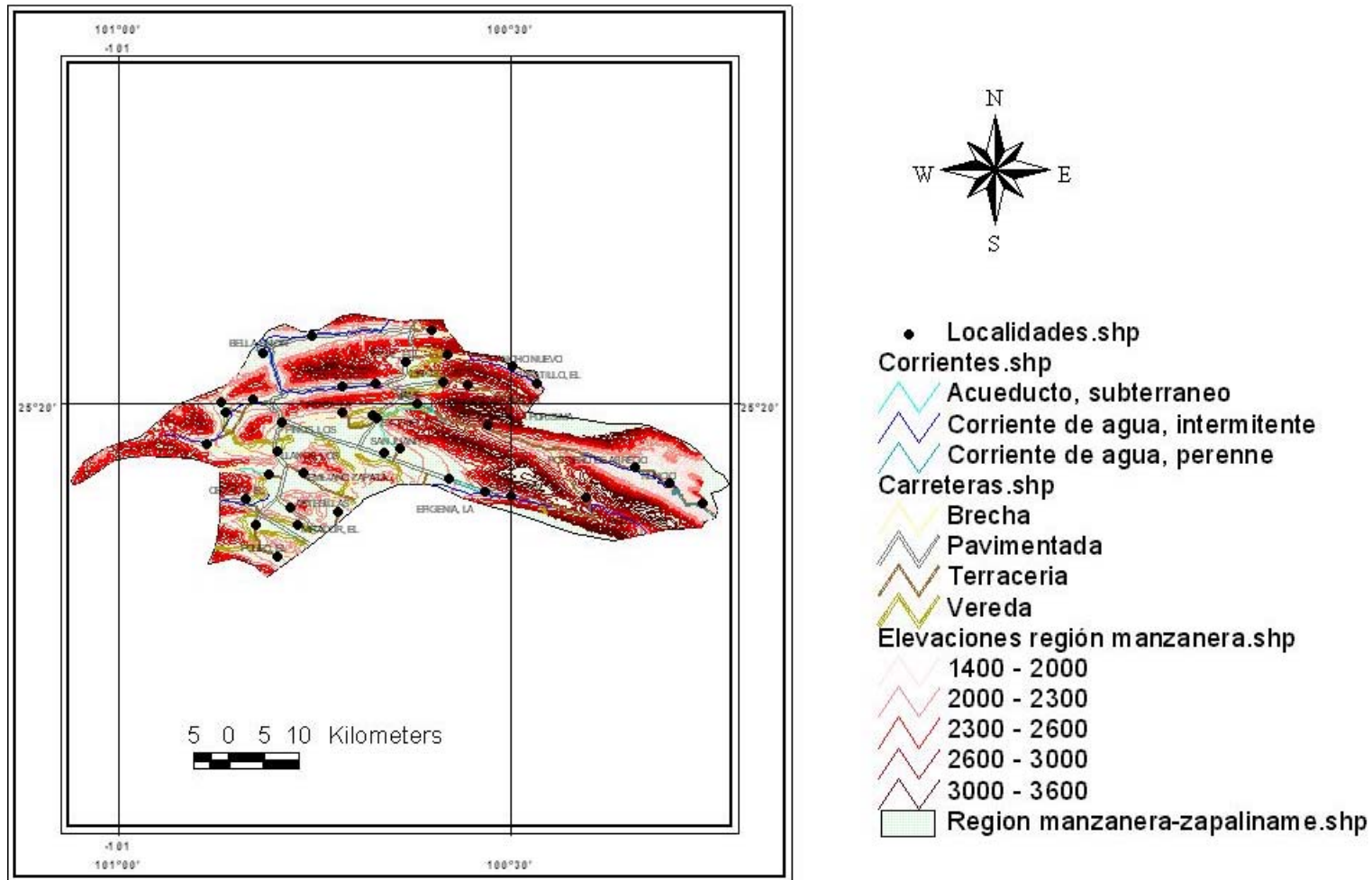


Figura 3.15. Unidad Hidrogeológica COA-11 Región Manzanera-Zapaliname, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



#### Región Carbonífera (COA-12)

Se localiza al noreste del Estado, tiene una superficie de 7,000 Km<sup>2</sup>, y cuenta con 560 aprovechamientos, su recarga es del orden de 161 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 168.82 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es equilibrado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.16).

#### Palestina (COA-13)

Se localiza al Noreste del Estado, tiene una superficie de 2,990 Km<sup>2</sup>, y cuenta con 143 aprovechamientos, su recarga es del orden de 20 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 17 Mm<sup>3</sup>/año, y su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.17).

#### Hidalgo (COA-14)

Se localiza al Noreste del Estado, tiene una superficie de 1,510 Km<sup>2</sup>, cuenta con 118 aprovechamientos, su recarga es del orden de 10 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 3.8 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.18).

#### Santa Fe del Pino (COA-15)

Se localiza al Noroeste del Estado, tiene una superficie de 1,930 Km<sup>2</sup>, cuenta con 29 aprovechamientos, su recarga es del orden de 4.5 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 1.3 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.19).



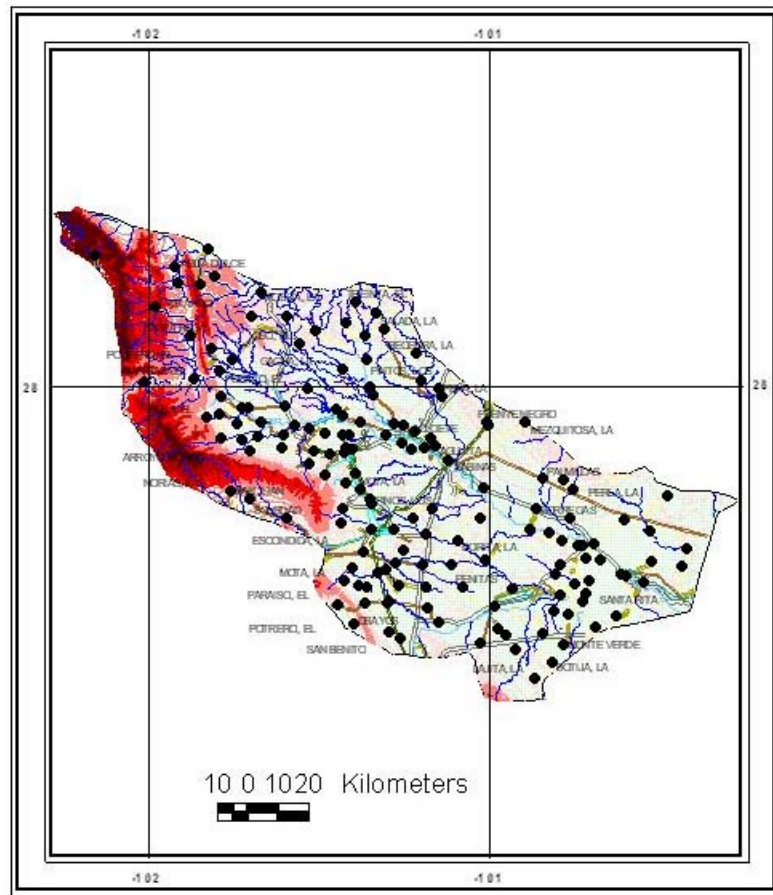


Figura 3.16 Unidad Hidrogeológica COA-12 Región Carbonífera, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

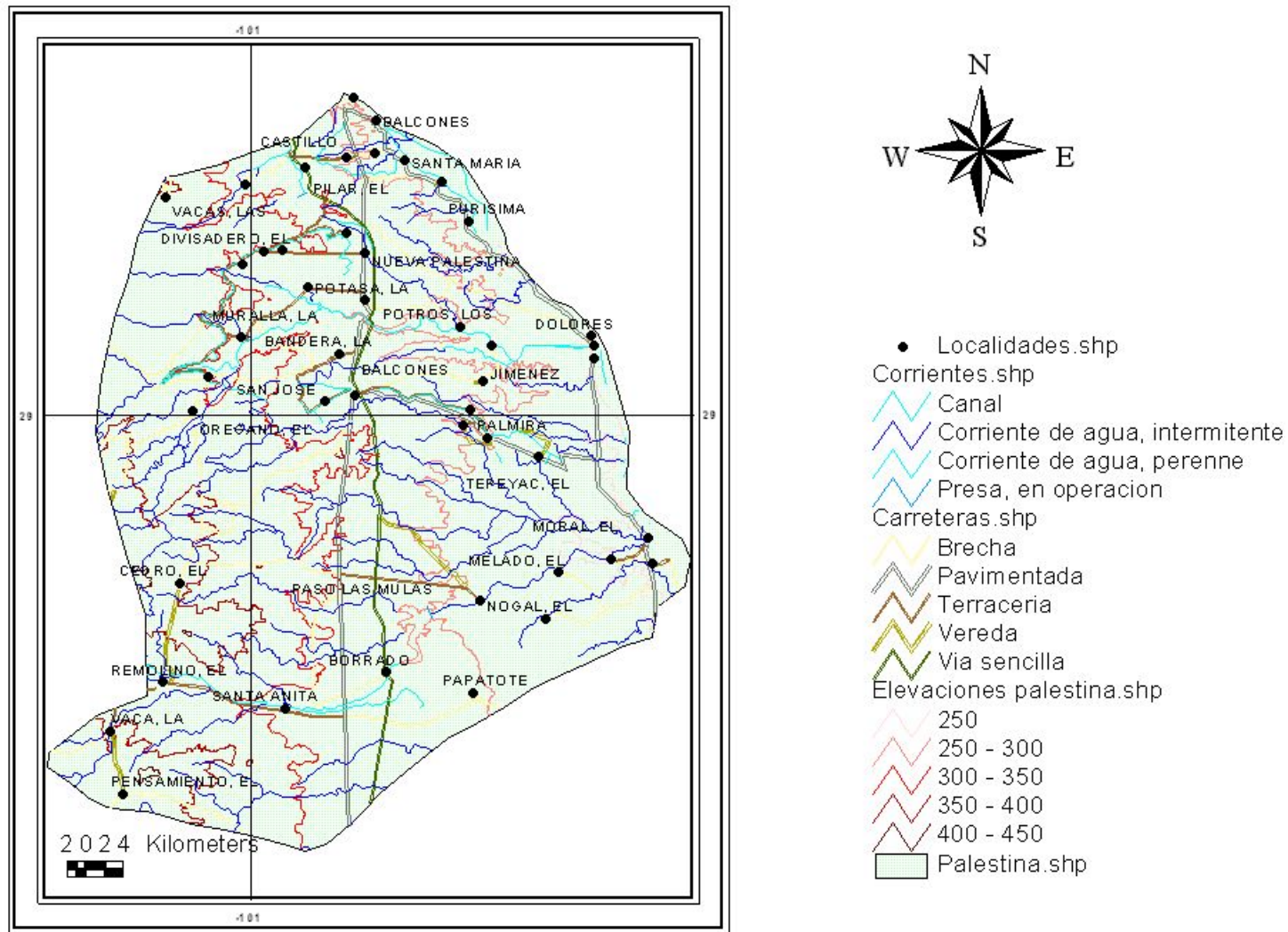


Figura 3.17 Unidad Hidrogeológica COA-13 Palestina, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

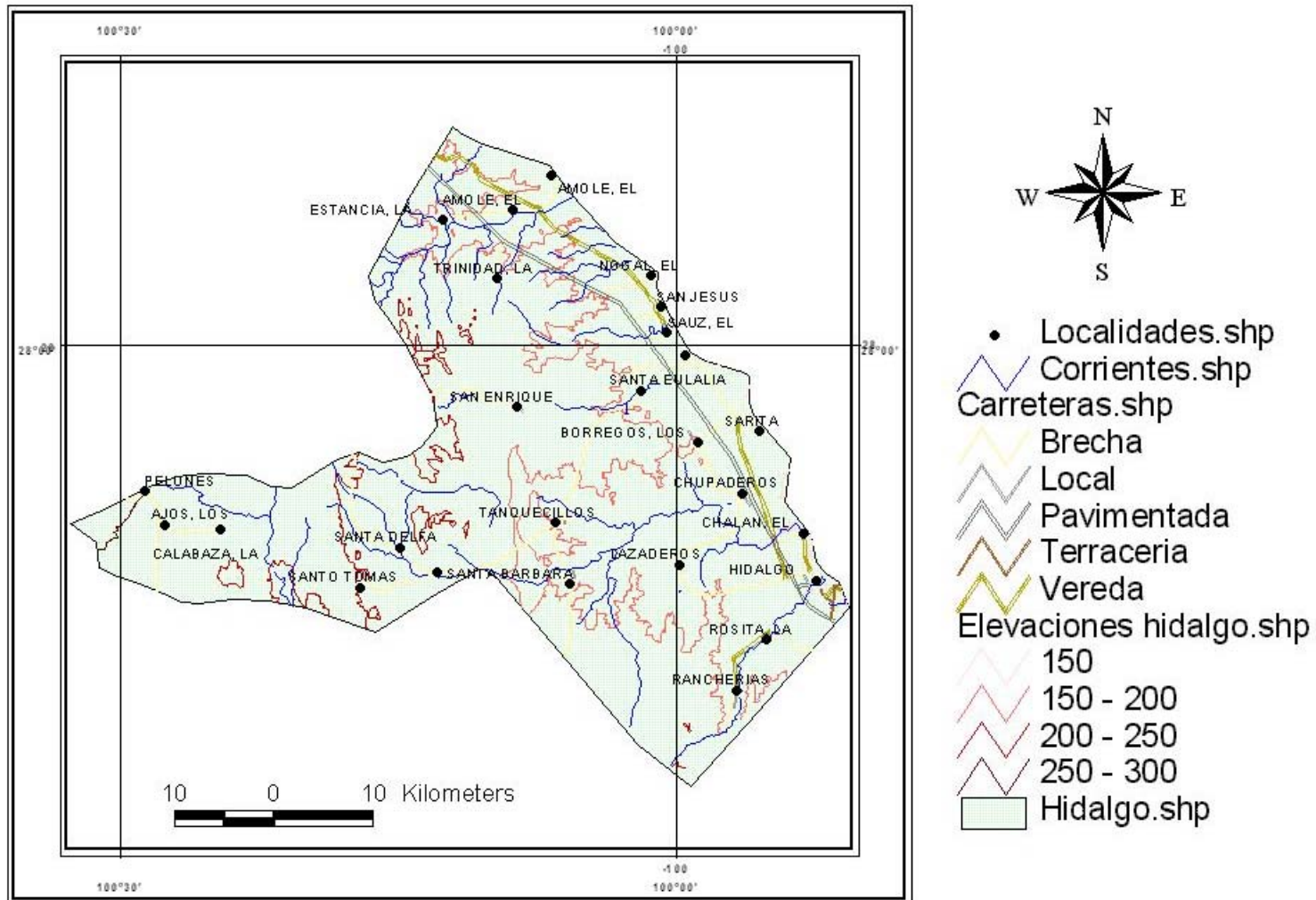


Figura 3.18 Unidad Hidrogeológica COA-14 Hidalgo, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



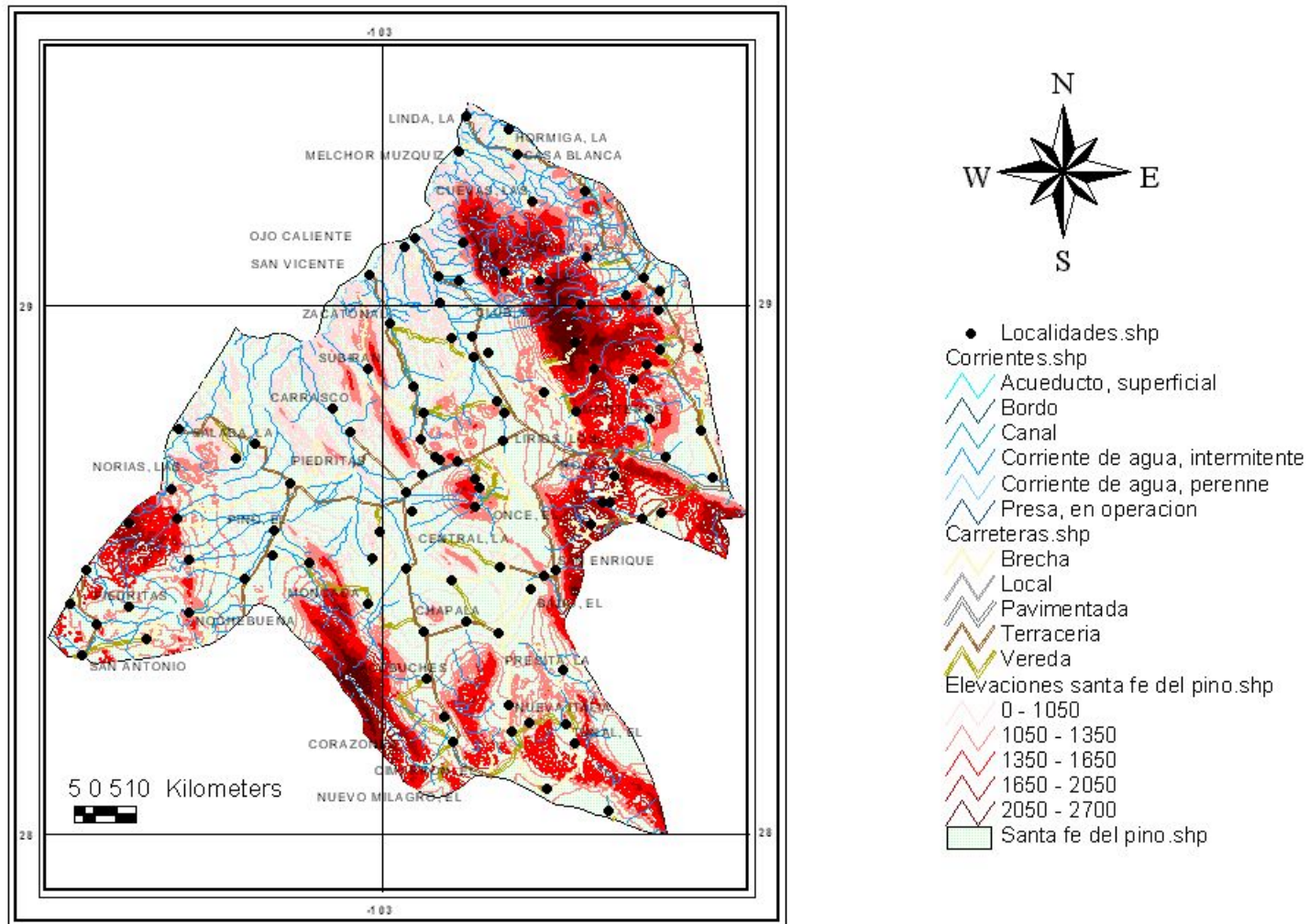


Figura 3.19. unidad Hidrogeológica COA-15 Santa Fe del Pino, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

#### Hércules (COA-16)

Se localiza al Noroeste del Estado, tiene una superficie de 3,650 Km<sup>2</sup>, cuenta con 136 aprovechamientos, su recarga es del orden de 8 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones de 13.87, su condición es sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el Industrial. (Figura 3.20).

#### Laguna el Guaje (COA-17)

Se localiza al Noroeste del Estado, tiene una superficie de 9,220 Km<sup>2</sup>, cuenta con un total de 17 aprovechamientos, su recarga es del orden de 4 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 1.5 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.21).

#### Laguna EL Coyote (COA-18)

Se localiza al Noroeste del estado tiene una superficie de 3,520 Km<sup>2</sup>, cuenta con 11 aprovechamientos, su recarga es del orden de 3 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son del mismo orden, su condición es equilibrado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.22).

#### Castaños (COA-19)

Se localiza al Sureste del Estado, tiene una superficie de 2,570 Km<sup>2</sup>, cuenta con 147 aprovechamientos, su recarga es del orden de 15 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 11 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.23).





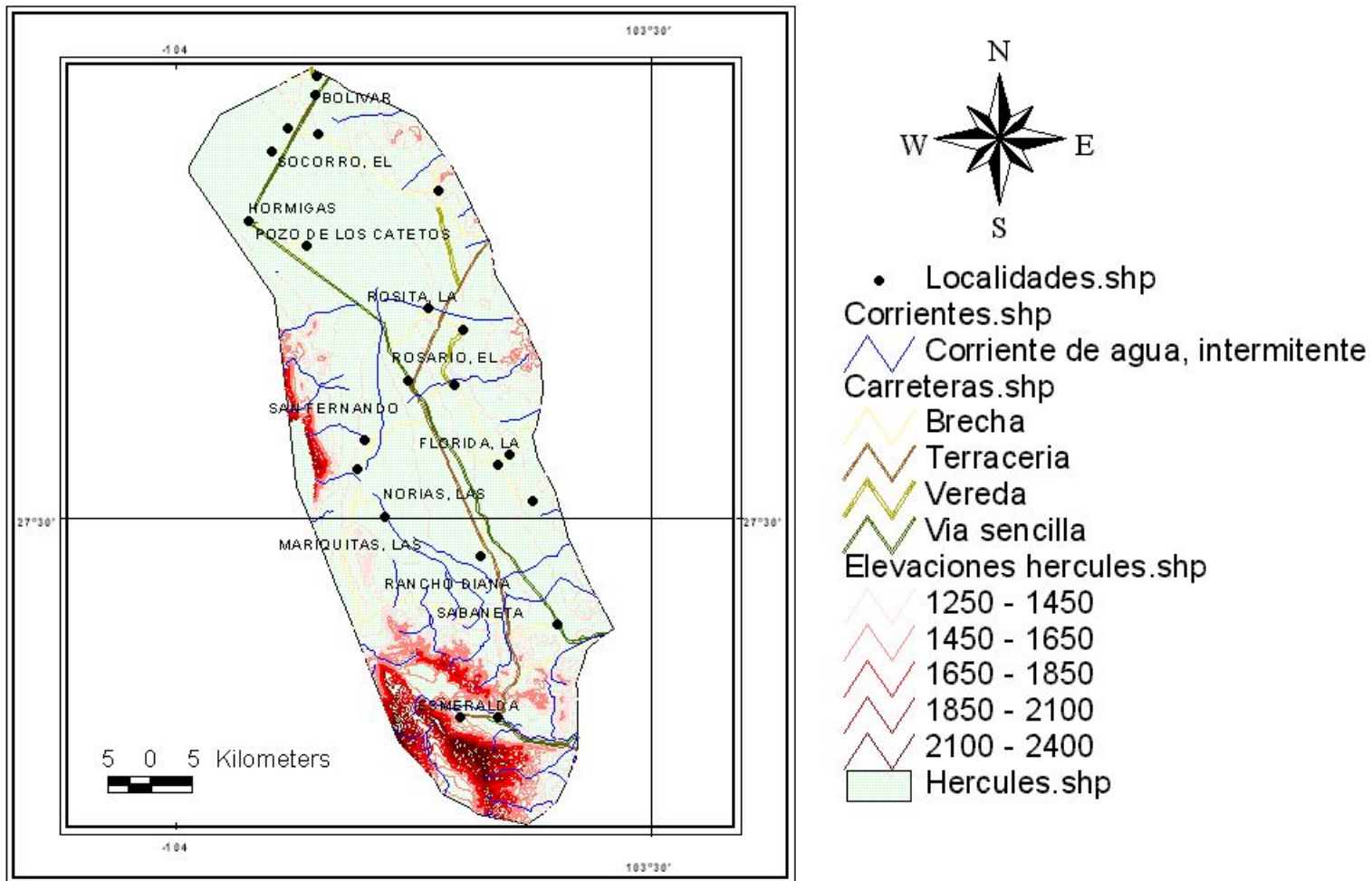


Figura 3.20 Unidad Hidrogeológica COA-16 Hércules, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo

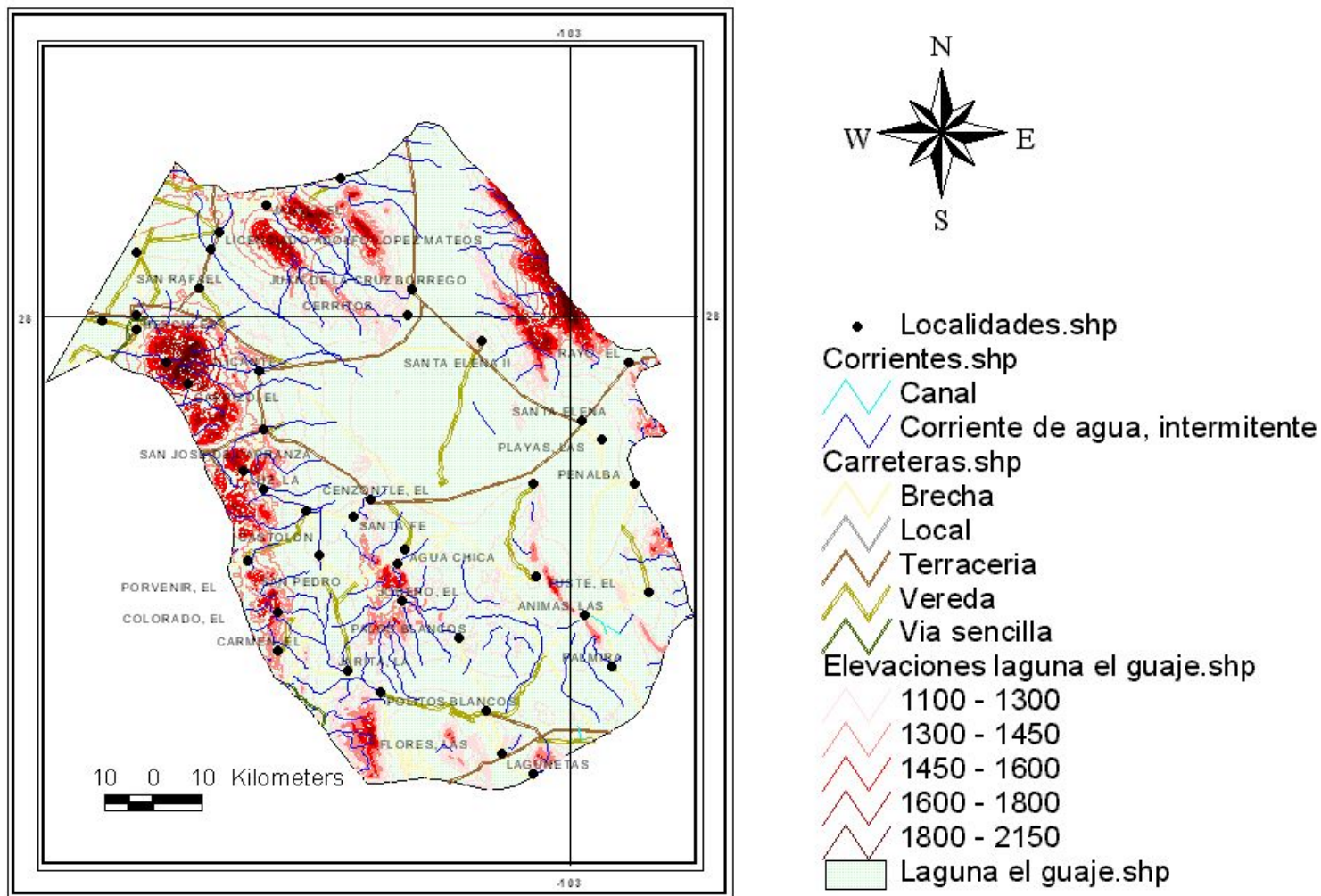


Figura 3.21 Unidad Hidrogeológica COA-17 Laguna El Guaje, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

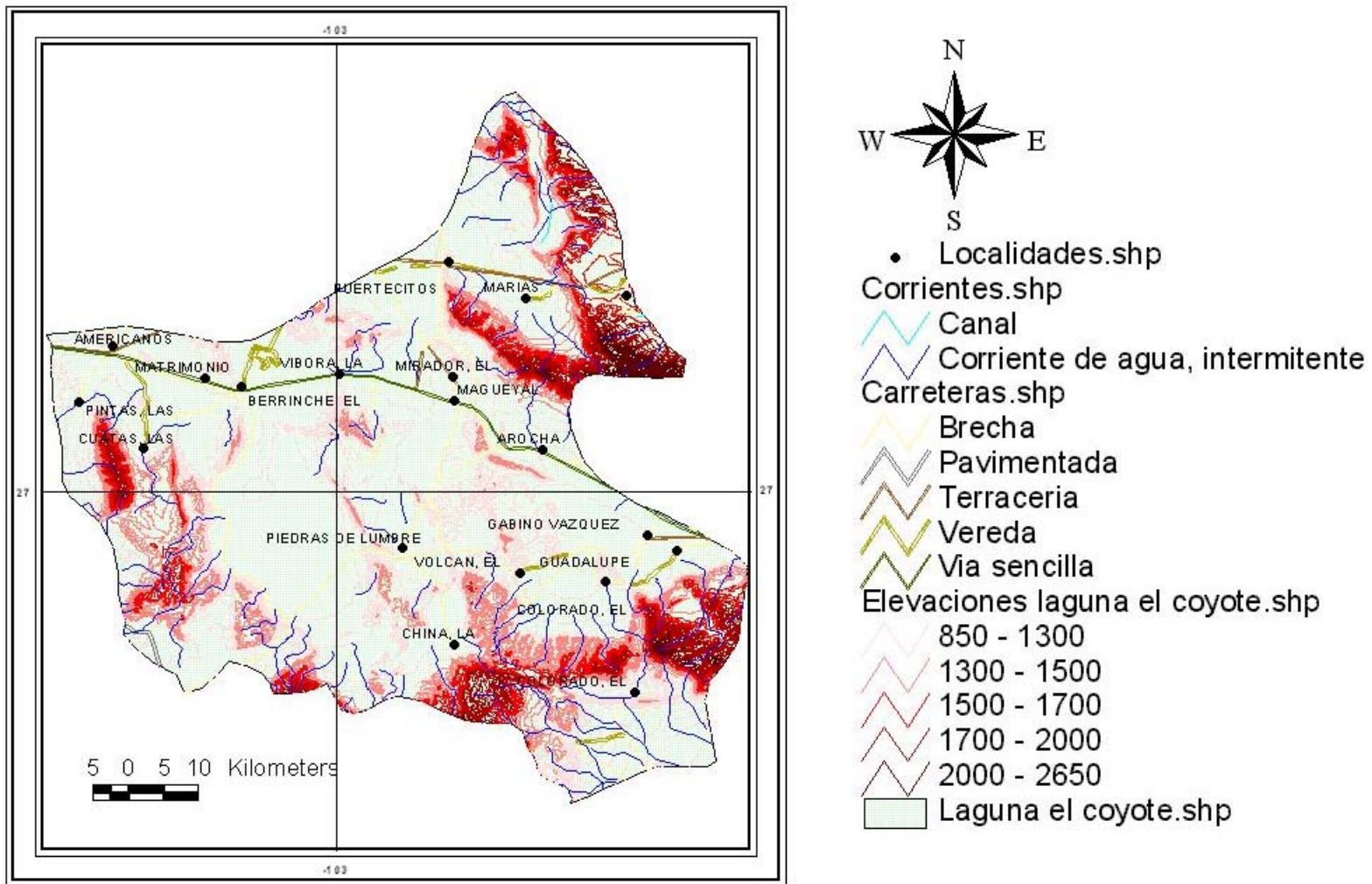


Figura 3.22 Unidad Hidrogeológica COA-18 Laguna el Coyote, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

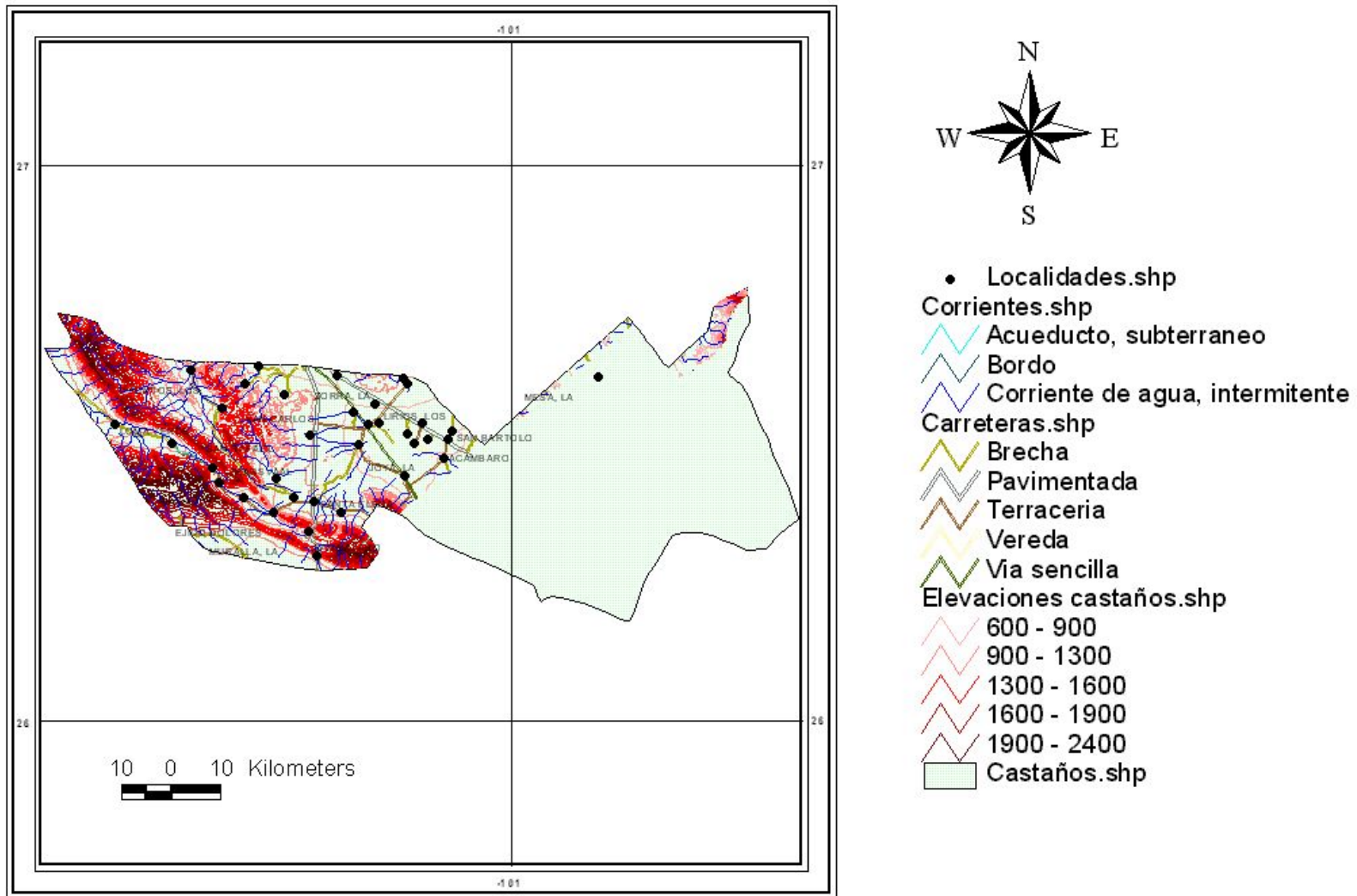


Figura 3.23 Unidad Hidrogeológica COA-19 Castaños, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

#### Laguna el Rey- Sierra Mojada (COA-20)

Se localiza al suroeste del Estado, tiene una superficie de 8,240 Km<sup>2</sup>, cuenta con 66 aprovechamientos, su recarga es del orden de 10 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 7 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es de subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el industrial. (Figura 3.24).

#### Saltillo Sur (COA-21)

Se localiza al sureste del Estado, tiene una superficie de 8,240 Km<sup>2</sup>, cuenta con 179 aprovechamientos de los cuáles 128 se encuentran activos, su recarga es del orden de 30 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 21.8 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, los principales usos del agua subterránea son el agrícola y el público. (Figura 3.25).

#### Presa La Amistad (COA-22)

Se localiza al Norte del Estado, tiene una superficie de 1350 Km<sup>2</sup>, cuenta con 78 aprovechamientos, su recarga es del orden de 17 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones de 2.9 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.26).

#### Principal Región Lagunera (COA-23)

Se localiza al Suroeste del Estado, tiene una superficie de 1,714 Km<sup>2</sup>, cuenta con 935 aprovechamientos, su recarga es del orden de 518 Mm<sup>3</sup>/año, y sus extracciones de 630 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es de sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.27).





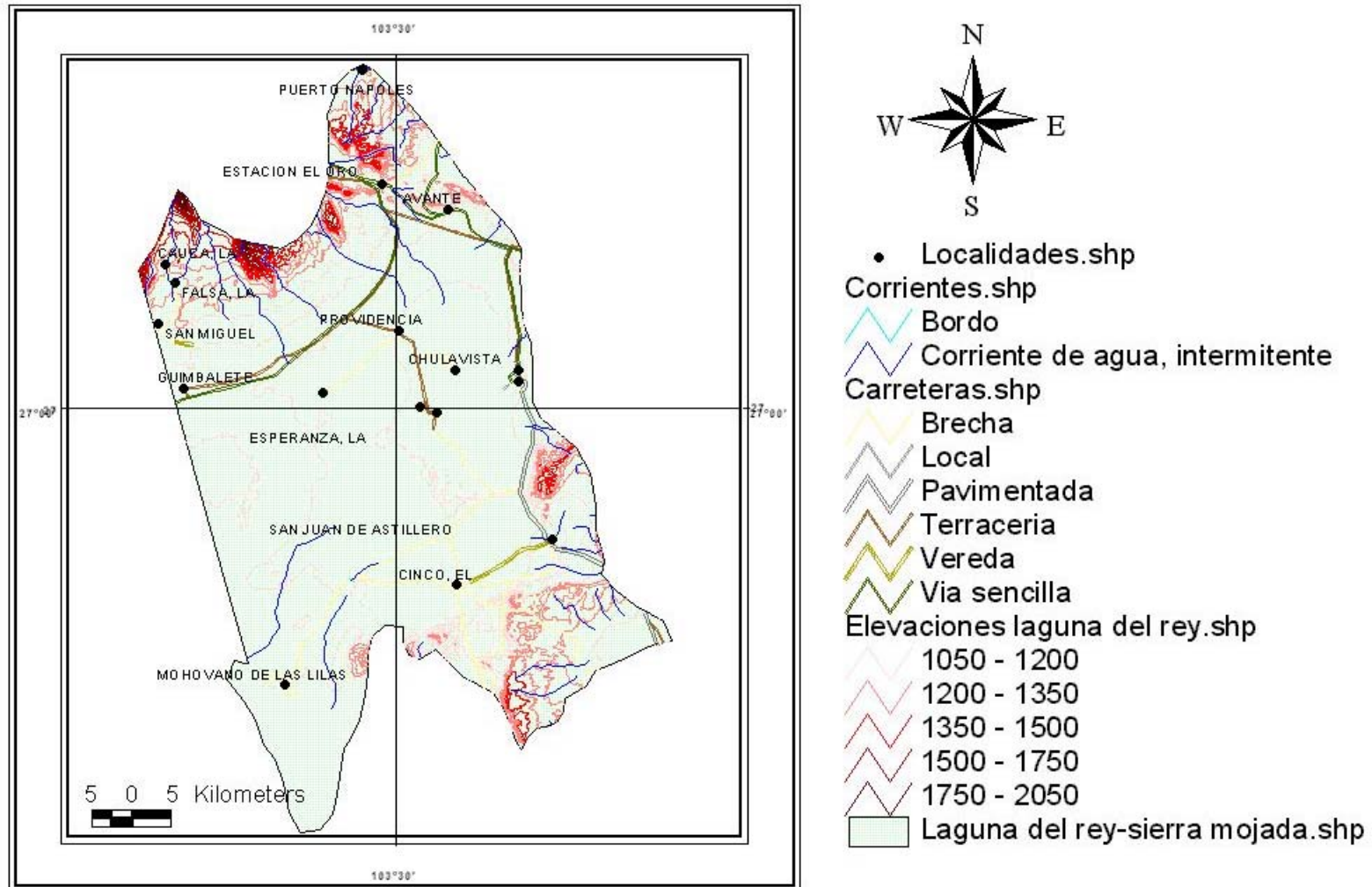


Figura 3.24 Unidad Hidrogeológica COA-20 Laguna del Rey-Sierra Mojada , Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo

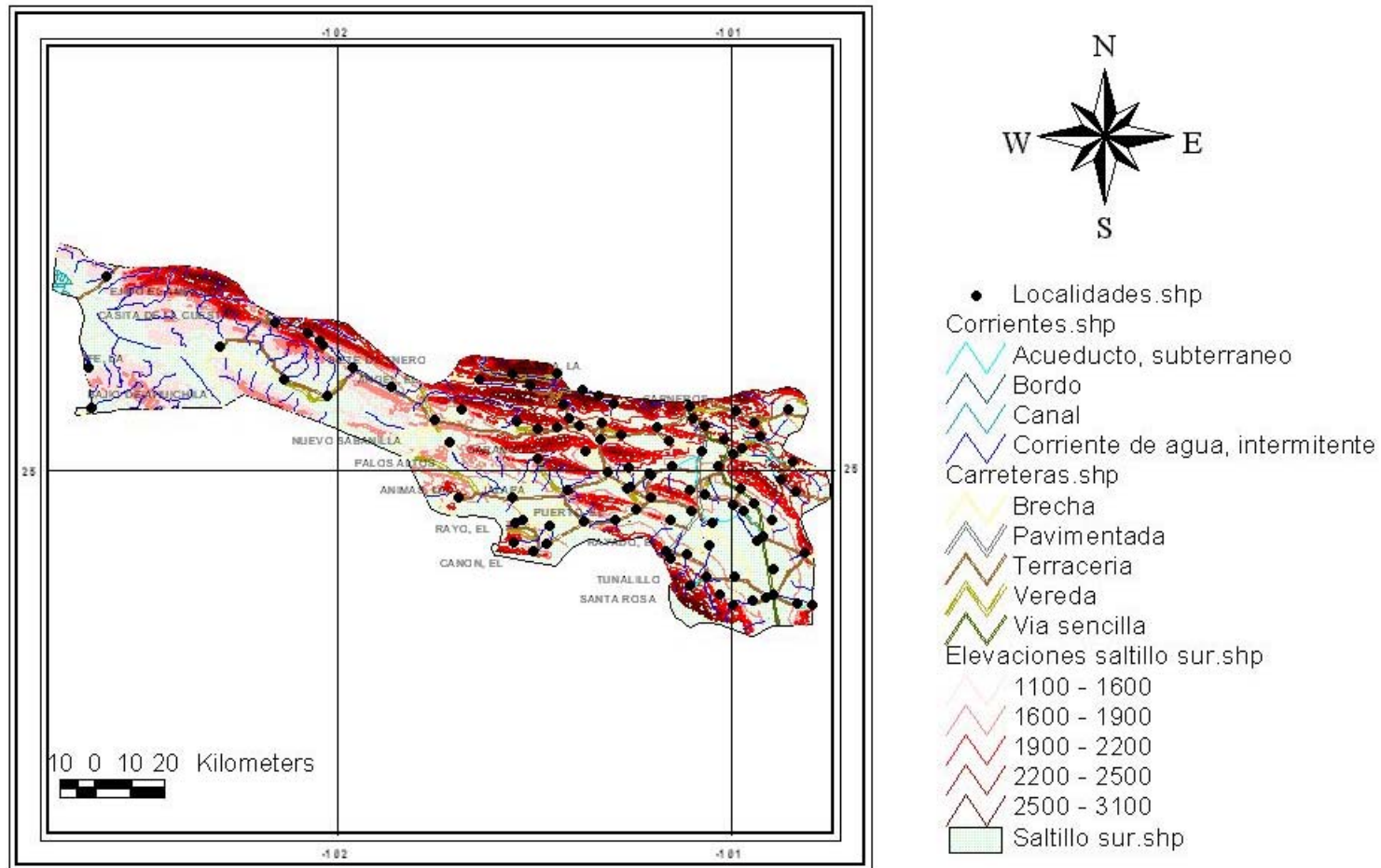
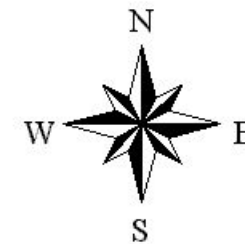
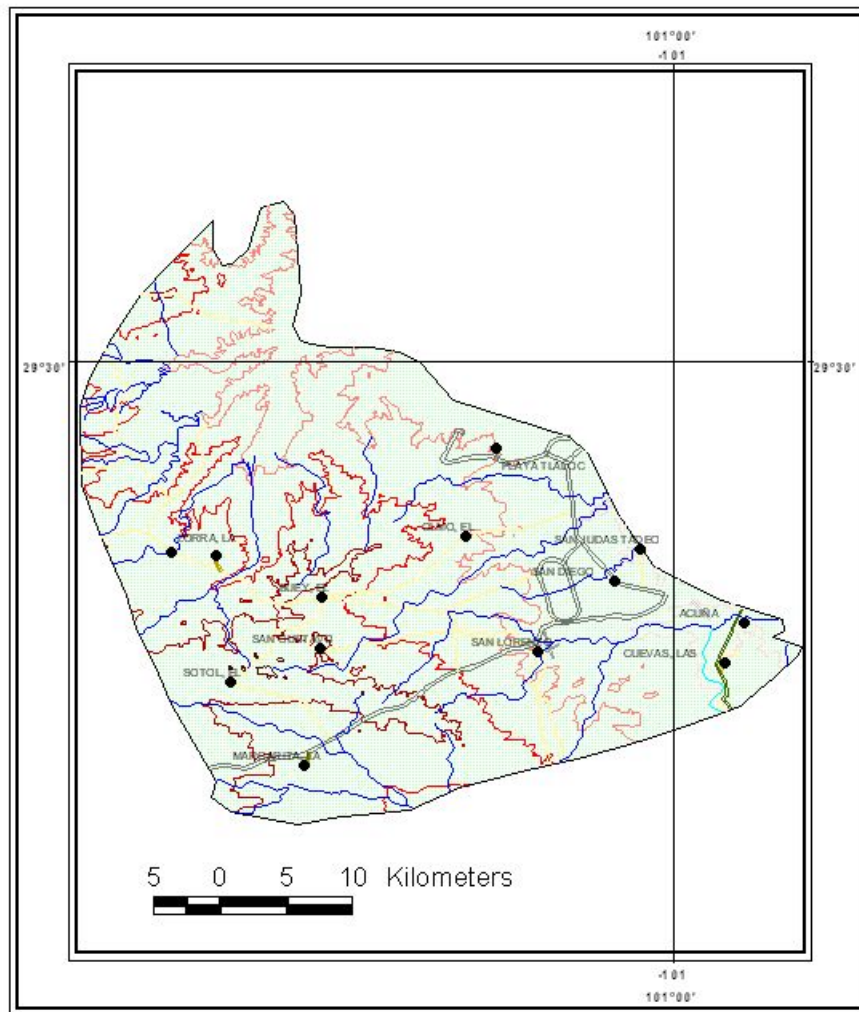


Figura 3.25. Unidad Hidrogeológica COA-21 Saltillo Sur, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.





- Localidades.shp
- Corrientes.shp
  - Corriente de agua, intermitente
  - Corriente de agua, perenne
- Carreteras.shp
  - Brecha
  - Internacional
  - Local
  - Pavimentada
  - Vereda
  - Via sencilla
- Elevaciones presa la amistad.shp
  - 300
  - 300 - 350
  - 350 - 400
  - 400 - 450
  - 450 - 500
- Presas.shp

Figura 3.26 Unidad Hidrogeológica COA-22 Presa La Amistad, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

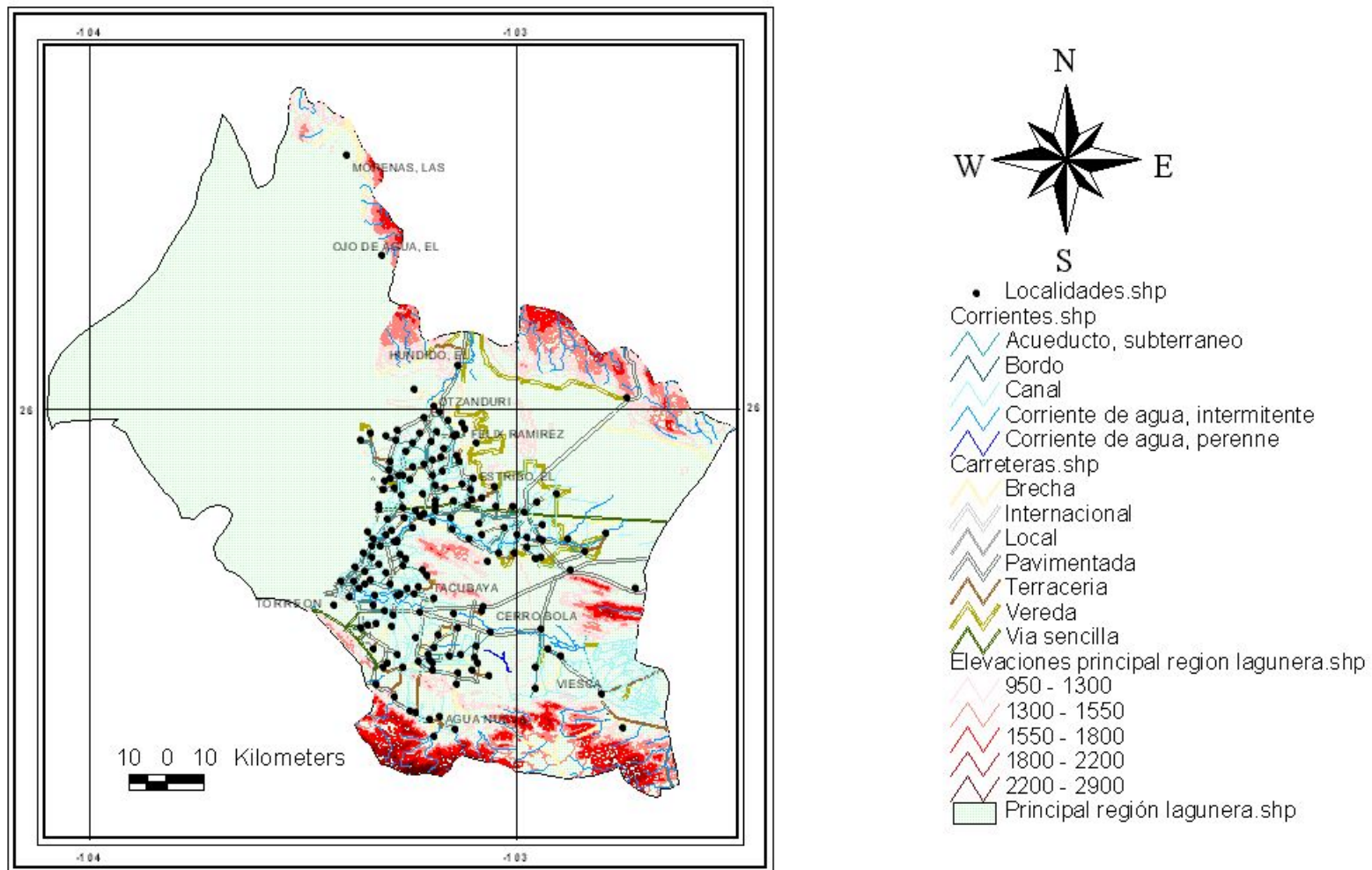


Figura 3.27. Unidad Hidrogeológica COA-23 Principal Región Lagunera, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

#### Acatita (COA-24)

Se localiza al sureste del Estado, tiene una superficie de 2,355 Km<sup>2</sup>, su recarga es del orden de 20 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 6 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.28).

#### Valle de Las Delicias (COA-25)

Se localiza al suroeste del Estado, tiene una superficie de 1,777 Km<sup>2</sup>, su recarga es del orden de 30 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones de 11 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es de subexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.29).

#### Serranía del Burro (COA-26)

Se localiza al Norte del Estado, tiene una superficie de 12,036 Km<sup>2</sup>, su condición es de Equilibrio. (Figura 3.30).

#### Valle de San Marcos (COA-27)

Se localiza al sureste del Estado, tiene una superficie de 2,095 Km<sup>2</sup>, cuenta con 13 aprovechamientos de los cuáles 11 se encuentran activos, su condición es equilibrado. (Figura 3.31).

#### Cuatro Ciénegas (COA-28)

Se localiza en el centro del Estado, tiene una superficie de 1,398 Km<sup>2</sup>, cuenta con 58 aprovechamientos de los cuáles 46 se encuentran activos, su recarga es del orden de 28.74 Mm<sup>3</sup>/año, sus extracciones son de 38.09 Mm<sup>3</sup>/año, su condición es de sobreexplotado, el principal uso del agua subterránea es el agrícola. (Figura 3.32).



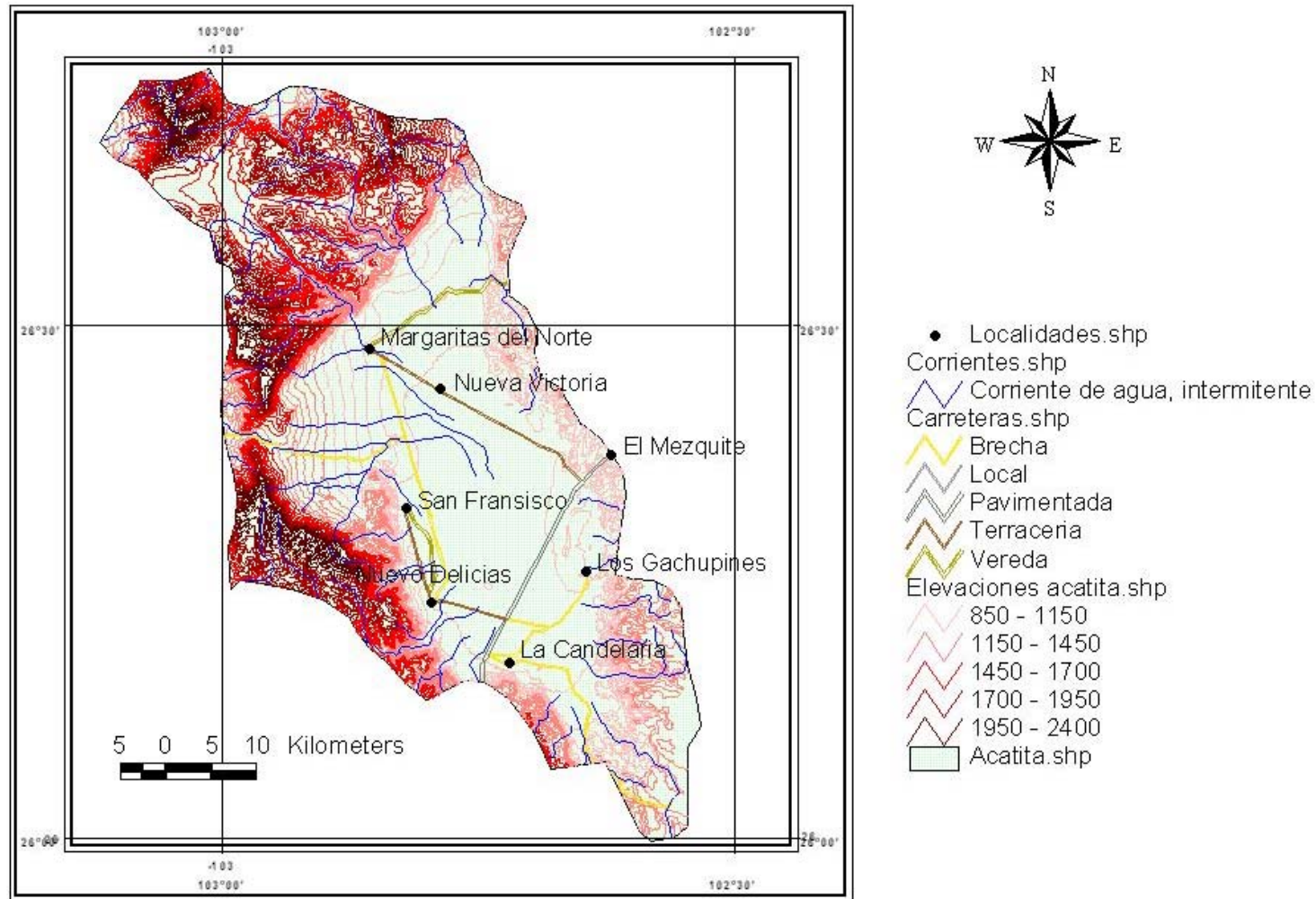


Figura 3.28 Unidad Hidrogeológica COA-24 Acatita, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.

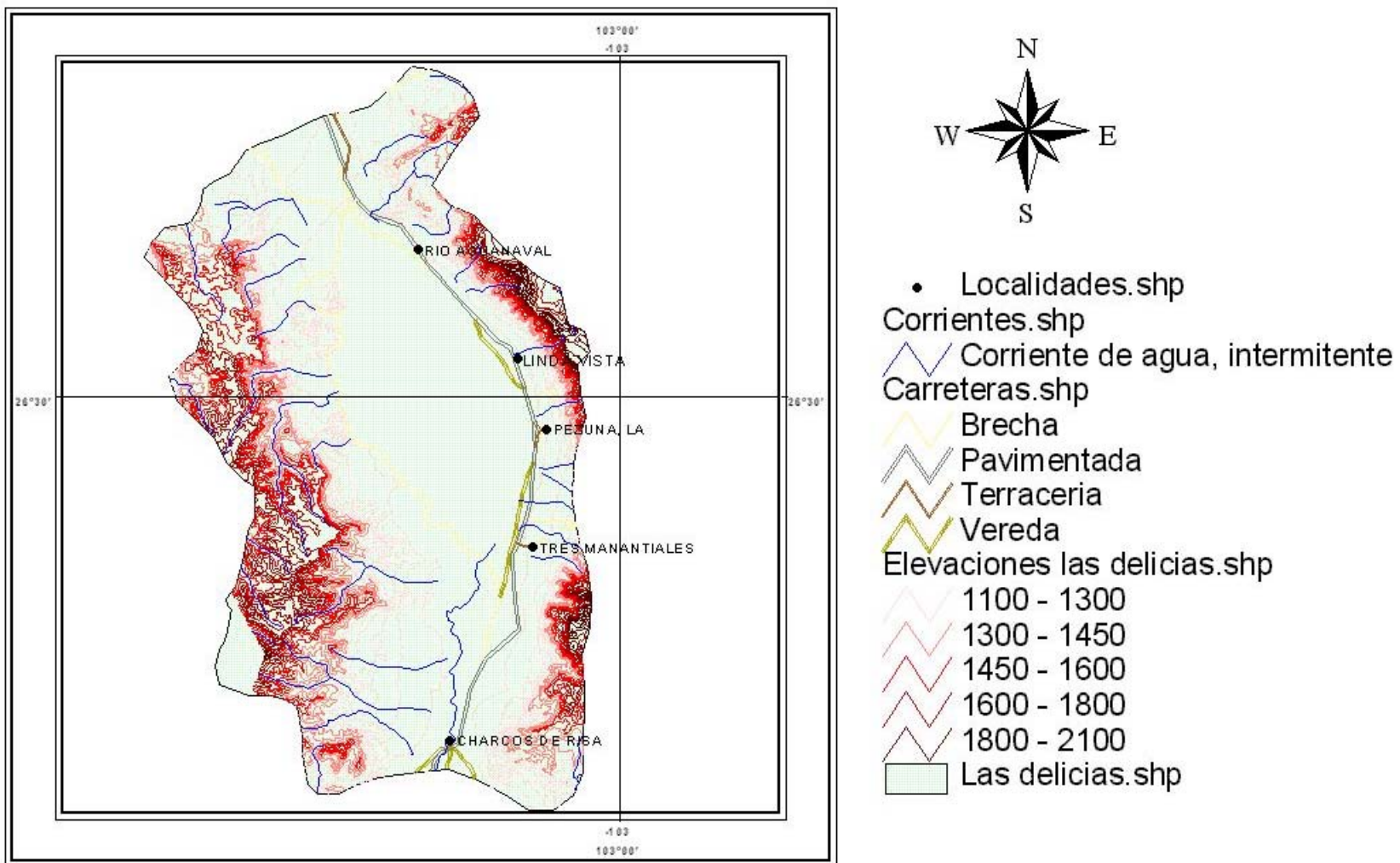


Figura 3.29 Unidad hidrogeológica COA-25 Las Delicias, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



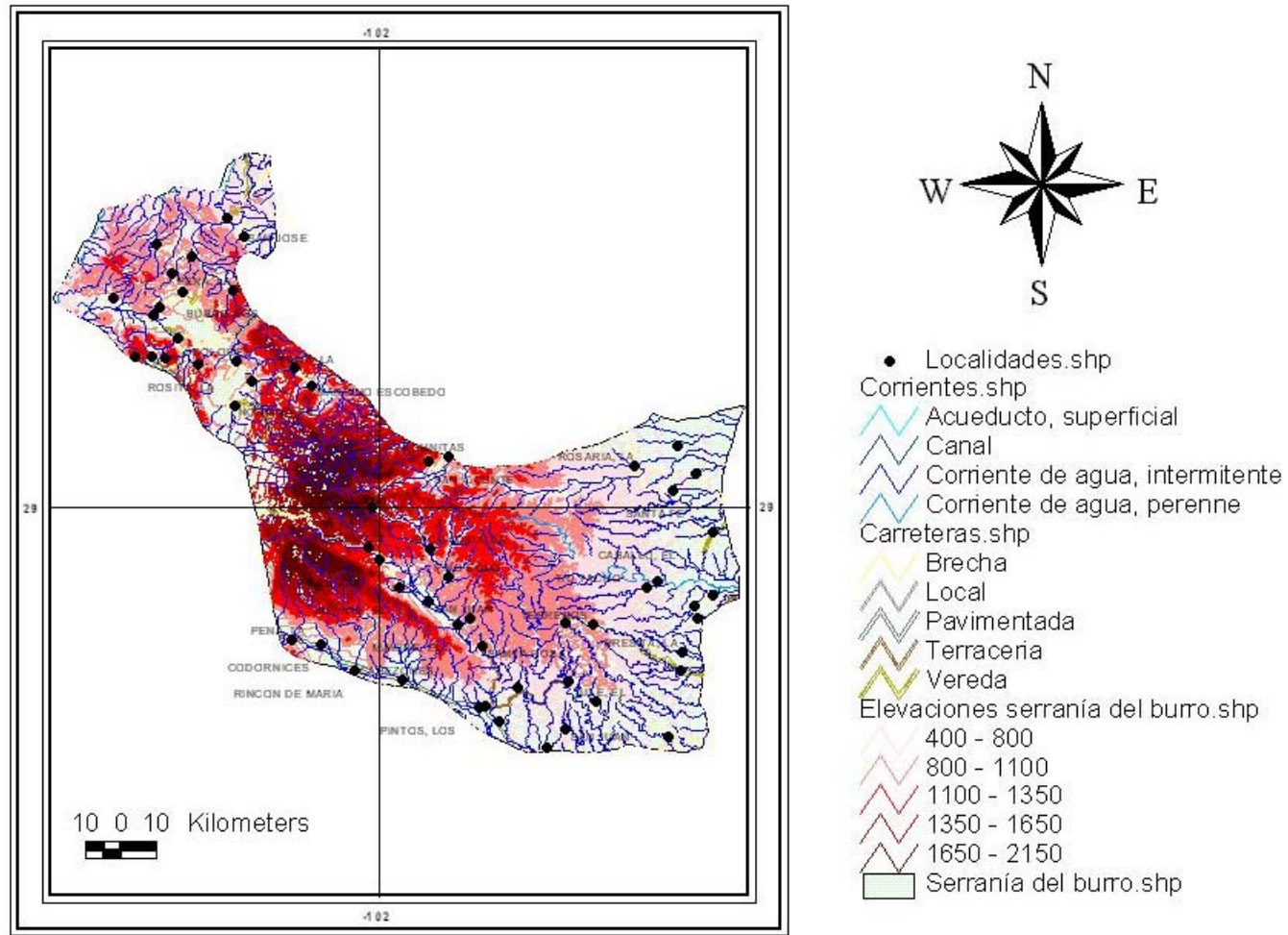


Figura 3.30 unidad Hidrogeológica COA-26 Serranía del Burro, Fuente Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal Saltillo.

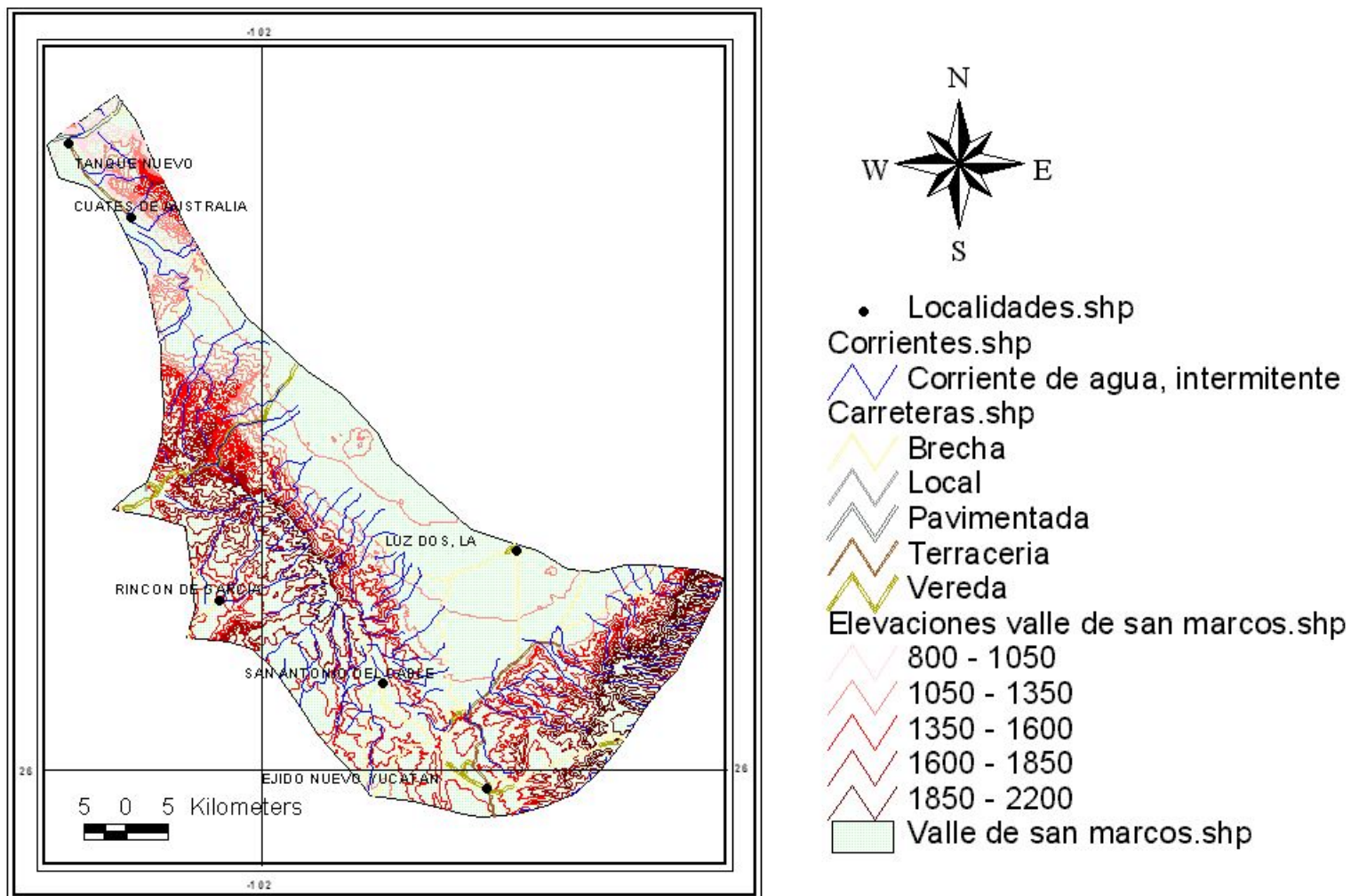


Figura 3.31 Unidad Hidrogeológica COA-27 Valle de San Marcos, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo.



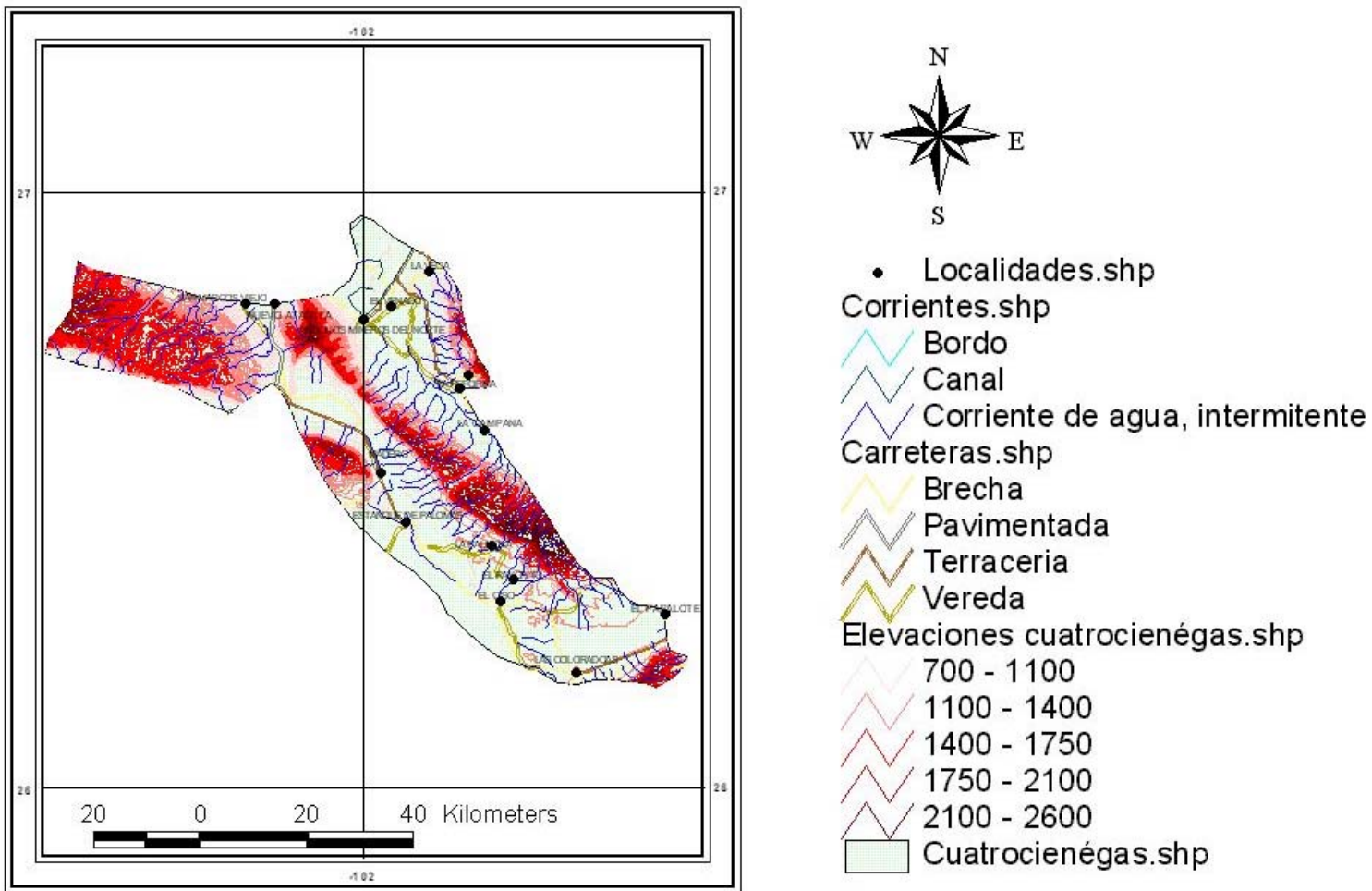


Figura 3.32 Unidad Hidrogeológica COA-28 Cuatrociénegas, Fuente Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Saltillo

## **Uso de Arcview para Integrar en un SIG las unidades hidrogeológicas de Coahuila.**

Arcview es software de arquitectura extensible y escalable a partir de las denominadas “extensiones” y “Scripts”. Su arquitectura permite adicionar módulos, extendiendo considerablemente las capacidades funcionales de Arcview , llevando las aplicaciones más allá de la visualización.

Permite:

- Generación de mapas temáticos.
- Creación y edición de datos.
- Análisis Espacial.
- Acceso a base de datos externas.
- Cuenta con lenguaje de programación llamado Avenue.
- Cuenta con extensiones adicionales para el manejo de reportes, archivos de CAD, Geoprocesing, legend tool y otras.

Arcview soporta gran variedad de datos, y estos se manejan dentro de una ventana, llamada ventana de documentos o ventana de proyecto.

Los documentos de Arcview son:

- Vistas (views) Despliega información espacial como temas, los temas son desplegados en vistas como líneas, puntos, o polígonos, cada tema tiene un título y una leyenda.
- Tablas (Tables) Despliega información descriptiva de los temas o vistas de tablas externas, esta formateada en registros (renglones) y campos (columnas).
- Despliega datos tabulares de manera gráfica, permite una comparación de atributos.
- Mapas (Layout) Mapas para la salida de impresión, se pueden crear mapas de excelente calidad, despliegue de múltiples documentos (views, tables, charts), imágenes y gráficos.
- Programas (Scripts) Es un documento donde se escriben programas en lenguaje de Avenue, se pueden automatizar tareas, adicionar funciones y crear aplicaciones personalizadas.

## Definición de un Proyecto

Es una sesión de trabajo de Arcview que se puede guardar como un archivo .apr (proyecto), conservando la posición de los elementos. El archivo .apr únicamente guarda las rutas o direcciones de donde se tomaron los datos para generar el proyecto, también se puede editar o abrir desde un editor de texto de la maquina como son notepad o wordpad.

## Interface Gráfica

La Interface gráfica (GUI) es fácil de usar, haciendo a Arc View totalmente intuitivo. Esta Interface nos permite modificar rápida y fácilmente la información del mapa. La Interface gráfica se puede personalizar para que soporte aplicaciones propias del usuario. También, se pueden cambiar los iconos y la terminología usada en la Interface. (Figura 3.33)

La Interface gráfica de Arc View consta de las siguientes partes:

- Ventana de la aplicación: la ventana de la aplicación contiene la interfaz gráfica del usuario (GUI). Se puede cambiar de tamaño, minimizar, mover o maximizar, la ventana de la aplicación contiene la ventana de proyecto.
- La barra de menú ofrece opciones en cascada.
- La barra de botones provee acceso rápido a las instrucciones mas comúnmente usadas de la barra de menú.
- La barra de herramientas modifica la acción del cursor sobre la pantalla.
- La barra de estado, despliega una línea de descripción acerca de la operación que realizan las opciones de la barra de menú, botones y herramientas. La barra de estado también reporta medidas y el grado de avance para ciertas operaciones.

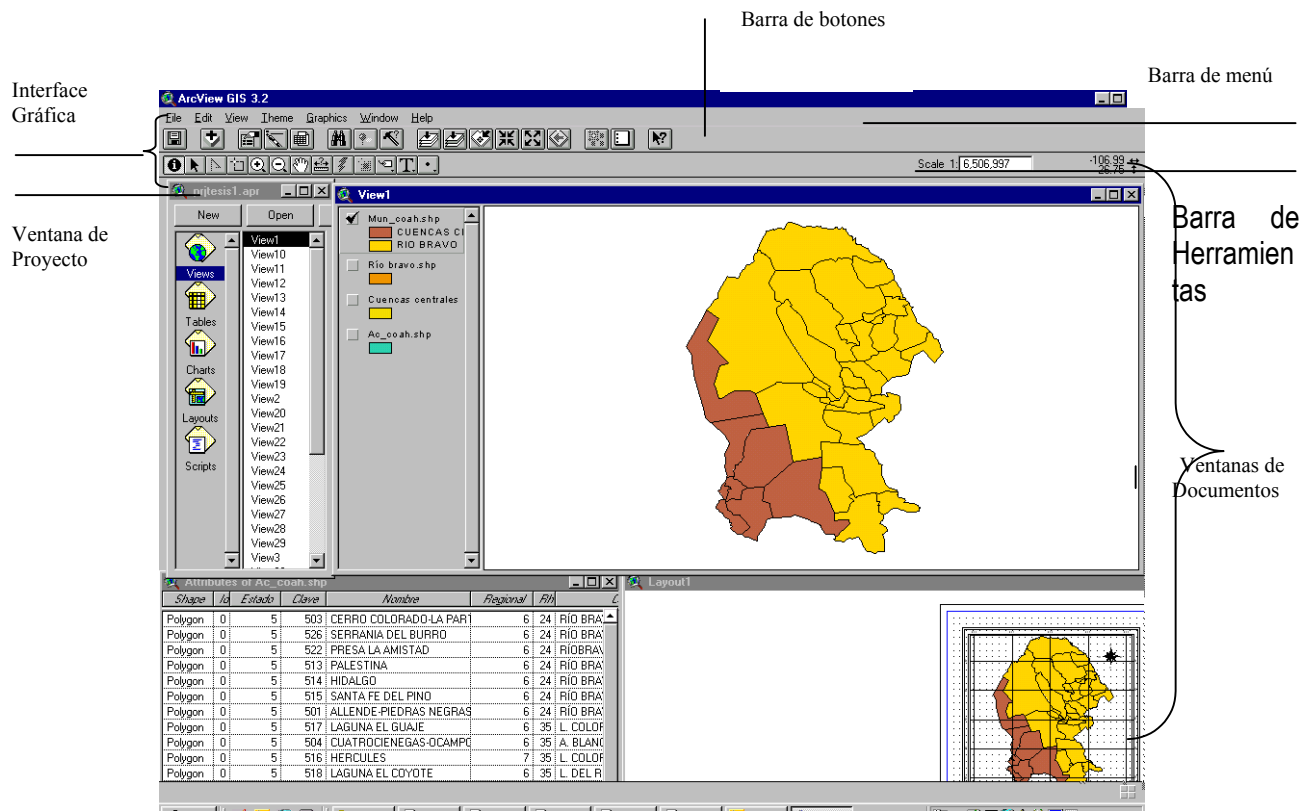


Figura 3.33 Ventana de proyecto en Arc View

Visualizando Información Geográfica:

Un proyecto puede contener una o más vistas y a la vista se pueden agregar uno o más temas. Las vistas son creadas con una tabla de contenidos vacía y un área de despliegue de mapas vacía también. Figura 3.34

La ventana de las vistas consta de dos partes:

- Zona de Despliegue del Mapa. Dibuja los elementos seleccionados.
- Zona de Despliegue de Contenidos. Lista los temas y despliega la leyenda de cada tema.

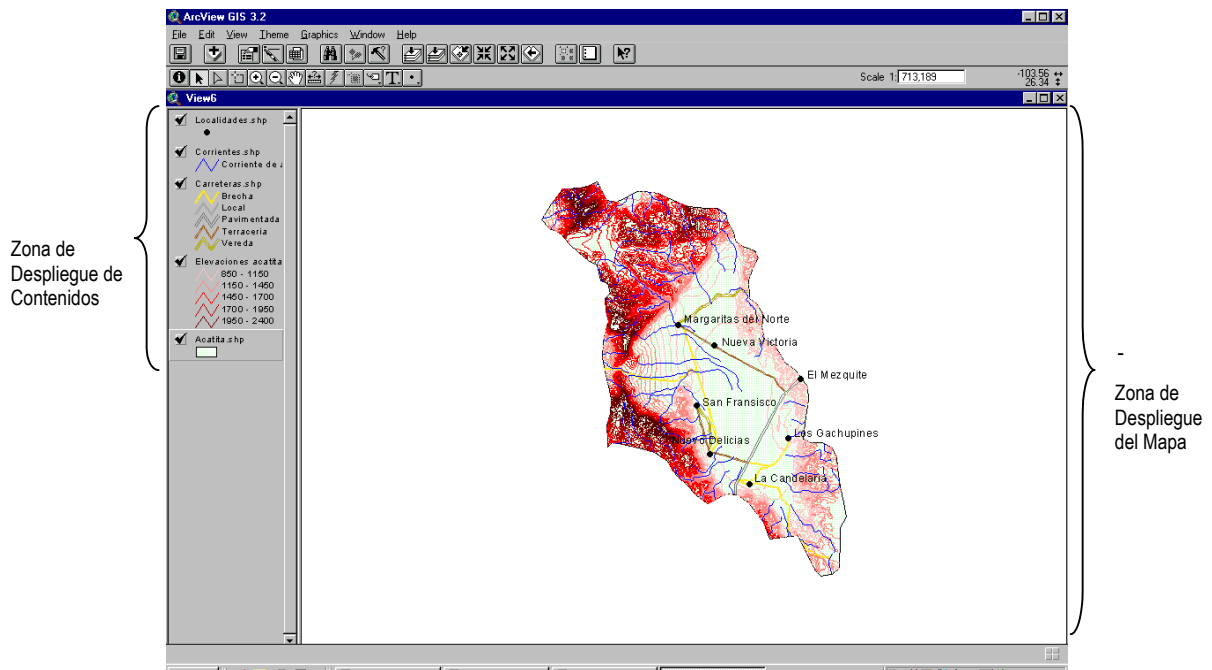


Figura 3.34 Vista (View) de Arc View.

Para crear una vista, en la ventana de proyecto presionar una vez sobre el icono de Vista (views) y presionar sobre el botón NEW. La nueva vista View1, es creada y aparece en la lista del proyecto. Una vista es una colección de información geográfica organizada en temas. Un tema es una colección lógica de elementos Geográficos con similares características. Y para que los temas de una vista se puedan sobreponer deben estar georeferenciados, de lo contrario la información aparecerá desfasada.

Para apagar o encender un tema presionar una vez sobre el pequeño cuadro ubicado a la izquierda del nombre del tema; con la palomita en el recuadro, nos indica que el tema esta encendido y apagar un tema, significa no desplegarlo en la ventana de despliegue.

Para activar un tema presionar el nombre del tema y este aparecerá remarcado. Arc View despliega los temas leyéndolos de abajo hacia arriba. Para cambiar el orden de despliegue, hay que seleccionar el tema que se desea y moverlo hasta la nueva posición a donde se desea colocar.

## Agregar temas a una vista

Existen dos formas de agregar temas a una vista, a través del botón Add themes de la barra de botones, o a través del menú de la vista, en Add theme.

## Elementos de un tema

Los temas representan objetos del mundo real. Cada rasgo o característica tiene una localización y una forma representativa.

Los elementos de los temas pueden ser:

- Puntos. Representan datos espaciales que existen como una ubicación, Ej. Localidades, ciudades, etc.
- Líneas. Representan elementos lineales, tales como carreteras, ríos, calles, etc. Arcos y rutas son representados de esta manera.
- Polígonos. Representados como regiones homogéneas cerradas. Ej. Áreas de parcelas, municipios, estados. Etc.

## Formatos de información espacial en Arc View

Los datos espaciales para los temas provienen de diversas fuentes. Arc View soporta formatos de datos creados por el software Arc/Info junto con varios formatos estándar de datos de imágenes, formatos de bases de datos y archivos de texto.

## Archivos Shape

Un archivo shape es creado usando Arc View. Es el formato de Arc View diseñado para poder editar los datos espaciales y los atributos relacionados. Los archivos shape pueden ser creados de temas

existentes en Arc View o creados de datos nuevos dentro de Arc View. Un tema shape (forma) está hecho de la información espacial y datos de atributos los cuales pueden ser editados con las herramientas de edición de Arc View.

Los temas shape tienen la característica de poder agregar, editar y borrar elementos a la vista, se dibujan rápidamente debido a que son el formato nativo de Arc View. Los temas creados a partir de otras fuentes con distintos formatos, por ejemplo: coberturas de Arc/Info, pueden ser convertidas en temas shape. Cuando se crea un tema shape, se crean al mismo tiempo cinco archivos más. Si se crea un tema shape que se llame, por ejemplo, localidades, el sistema creará cinco archivos con el mismo nombre pero con las siguientes extensiones:

- SHP. Este archivo guarda los datos espaciales (coordenadas) para los elementos.
- SHX. Guarda el índice de las coordenadas de los elementos.
- DBF. Guarda la base de datos dBASE para los elementos.
- SBN y SBX. Estos archivos guardan el índice espacial de los elementos. No existen hasta que se hace una selección sobre el tema o una fusión es realizada con el tema.
- AIN y AIX. Estos archivos guardan un índice de campos de la base de datos. No existen hasta que una liga es realizada con otra base de datos.

Cualquier tema existente puede ser usado para crear un tema shape, para crear un shape es necesario activar el tema, luego con la vista activa, desde el menú Tema escoge Convierte a Shapefile, enseguida aparece una ventana de dialogo donde se puede especificar el lugar y el nombre del archivo shape que se va a crear. Enseguida aparecerá una ventana que pregunta si se desea agregar el archivo shape como tema. También se pueden crear archivos shape a partir de elementos seleccionados previamente de un tema activo. Únicamente los elementos seleccionados se convertirán en archivo shape.

Crear un nuevo Shape.

Los temas nuevos solo se pueden agregar cuando ya hay por lo menos un tema en la vista activa, no se pueden agregar temas nuevos si la vista esta vacía. Los temas existentes definen la extensión

y las unidades para el nuevo tema. Para crear un tema nuevo, selecciona Tema Nuevo de la Vista, aparecerá una ventana de diálogo donde se tiene que escoger el tipo de elementos que contendrá el nuevo tema shape. Las opciones son puntos, líneas, polígonos. Después de que el tipo de elemento es seleccionado, aparece una ventana que indica el nombre y el lugar donde se guardará el nuevo tema shape. El nuevo shape es agregado a la tabla de contenidos de la vista y creado en el directorio específico. Ahora ya se pueden agregar nuevos elementos al tema, esto se puede saber debido a la línea punteada que aparece junto a la caja de apagado/ encendido del tema.

Agregando nuevos elementos a un tema shape.

Para crear o agregar nuevos elementos al tema shape se utiliza la herramienta de dibujo. Esta herramienta permite escoger el tipo de forma geométrica que se desea dibujar. Las formas posibles son: puntos, línea de dos puntos, línea de múltiples puntos, rectángulo, círculo y figuras irregulares. Solamente se pueden dibujar las formas que vayan de acuerdo con el tipo de elementos que se haya definido en la ventana de diálogo donde se crea un nuevo tema shape. Todos los elementos que no se puedan agregar aparecerán en gris.

Editando elementos de un nuevo tema shape.

Los elementos de un tema shape pueden ser alineados, cortados, copiados y movidos. Se puede editar solo un tema al mismo tiempo. Para esto primero tiene que estar activo el tema, luego comenzar la edición presionando Comienzo de Edición en el menú del tema. En la tabla de contenidos de la vista aparecerá con una línea punteada alrededor de la cajita que está del lado izquierdo del nombre del tema.



Seleccionando el elemento a editar.

Para editar un elemento, se utiliza la herramienta de edición y luego seleccionar el elemento que se desea editar, aparecen cuadros pequeños alrededor del gráfico, indicando que esta seleccionado. Estos pequeños cuadros pueden ser movidos para aumentar o disminuir el tamaño del objeto. Cuando se termina la edición, se tiene que escoger Stop Editing del menú del tema. Esto permite que la línea punteada alrededor de la cajita del lado izquierdo del nombre del tema desaparezca.

Simbolizando y Editando la Información en Arc View.

Editor de Leyenda. Es la herramienta que nos permite modificar la simbología del tema, clasificar la información y variar el texto de la leyenda. Los cambios los muestra el editor de leyendas antes de aplicarlos al tema. Para abrir el editor de leyendas se presiona el botón correspondiente en la barra de botones o en el menú del tema. Existe una forma más fácil de abrir el editor, y es presionar dos veces seguidas sobre el símbolo del tema en la tabla de contenido. (ver Figura 3.35)

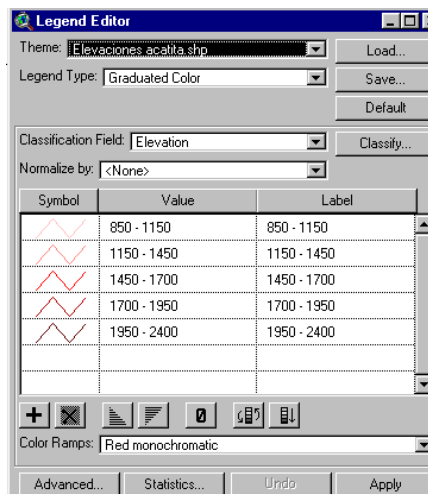


Figura 3.35 Editor de Leyenda

Cambiando símbolos. Cuando un tema es creado, Arc View le asigna un color por default a la simbología, el cual se puede modificar. Existen paletas para cambiar colores, tipos de relleno estilos de línea, símbolos para puntos y tipos de letras y las combinaciones entre los anteriores.

Simbolizando los datos a partir de los valores de los elementos. La información de un mapa se puede desplegar, con distinto color, dependiendo del tipo de información que contenga. En el editor de leyenda en el cuadro Values Field se especifica un campo del tema, sobre el cuál se va a modificar la leyenda y a desplegar el mapa.

Modificando el texto de la leyenda. Arc View crea el texto directamente de los valores de la base de datos de cada tema. Para modificar el texto, en el editor de leyenda presionar el boton Labels cambiar el texto presionando una vez sobre él teclear el nuevo texto y presionar enter. Aplicar la modificación par que los nuevos textos aparezcan en la tabla de contenidos en la vista.

Etiquetado de temas. Se puede agregar un texto a elementos de un tema para describirlos. Se puede crear texto de la información en una tabla teclear un texto nuevo. Cada parte del texto es un elemento gráfico y puede ser cambiado de posición y tamaño independientemente de la vista.

Crear texto a partir de una tabla desde las propiedades del tema en la barra de herramientas, presionamos el icono Text-Labels, el la parte derecha de esta ventana de dialogo podemos escoger un campo a partir del cual el texto será generado. También podemos elegir la posición relativa del texto.

Para colocar textos a todos los elementos a la vez, seleccionamos Auto-Label desde el menú del tema. Para poner texto a un solo elemento, se tiene que presionar la herramienta Etiquetar Elementos y presionar sobre el elemento deseado.

En lugar de crear el texto a partir de un archivo, se puede usar la herramienta de Texto para teclear cualquier texto.

Utilizando la extensión de Geoprocesamiento Wizard.

Para habilitar esta extensión seleccionamos en el menú principal File la opción Extensions y seleccionamos Geoproccesing, una vez habilitada aparecerá una nueva opción Geoproccesing Wizard, cabe señalar que las uniones son espaciales, por lo que los datos deben estar bien georeferenciados, en esta ventana escogemos el proceso a realizar, solo se habilitarán las opciones

que tengan que ver con el tipo de temas desplegados en la vista, en cada una de estas opciones se tendrá una ventana diferente para procesar. Figura 3.36

- Unión. Únicamente una temas de tipo polígono, la unión es tanto espacial como tabular, la unión se hace de 2 temas en 2.
- Clip. Únicamente corta temas, de entrada pueden ser temas de líneas, puntos o polígonos, y se deberá tener un tema de corte de tipo polígono.
- Dissolve Generaliza un tema en base a un atributo.
- Merge une temas del mismo tipo, para hacer un armado como rompecabezas.
- Intersect une 2 temas por medio de la intersección, teniendo como tema de salida únicamente de manera espacial los elementos intersectados, con los atributos de ambos temas.

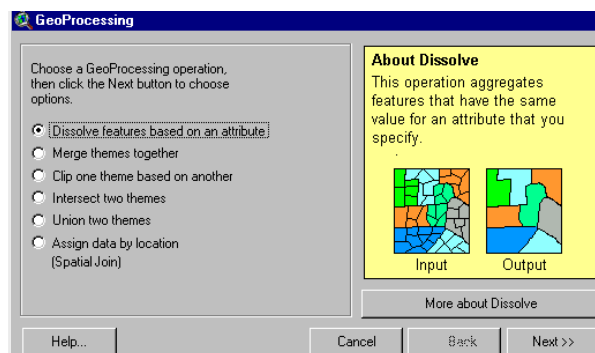


Figura 3.36 Ventana de Geoprocessing Wizard.

## Uso de Tablas

Las tablas son una vista gráfica de la información tabular.(Figura 3.37) Esta información tabular puede venir de varias fuentes y también puede ser creada por Arc View. Algunas de las funciones que nos permiten manipular la información son los siguientes:

Shape	Clave	Nombre	Cuenca	Subr. h	Recarga	Extraccion	Concesiona	Disponibil	Condicion
Polygon	503	CERRO COLORADO-LA PARRA	RÍO BRAVO-P. LA AMISTAD	PRESA AMISTAD-OJINAGA	10.000000	6.200000		10.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	526	SERRANIA DEL BURRO	RÍO BRAVO-PIEDRAS NEGRAS	RÍO MEDIO BRAVO				0.000000	EQUILIBRIO
Polygon	522	PRESA LA AMISTAD	RÍO BRAVO-P. LA AMISTAD	PRESA AMISTAD-OJINAGA	17.000000	2.900000		17.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	513	PALESTINA	RÍO BRAVO-PIEDRAS NEGRAS	RÍO MEDIO BRAVO	20.000000	17.000000		20.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	514	HIDALGO	RÍO BRAVO-NUEVO LAREDO	RÍO MEDIO BRAVO	10.000000	3.800000		10.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	515	SANTA FE DEL PINO	RÍO BRAVO-OJINAGA	PRESA AMISTAD-OJINAGA	4.500000	1.300000		4.500000	SUBEXPLOTADO
Polygon	501	ALLENDE-PIEDRAS NEGRAS	RÍO BRAVO-PIEDRAS NEGRAS	RÍO MEDIO BRAVO	144.550000	153.650000	122.030247	12.460246	EQUILIBRIO
Polygon	517	LAGUNA EL GUAJE	L. COLORADA Y DEL GUAJE	PRESA AMISTAD-OJINAGA	4.000000	1.500000		4.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	504	CUATROCIENEGAS-OCAMPO	A. BLANCO Y OTROS	PRESA AMISTAD-OJINAGA	31.600000	49.620000	32.424222	0.000000	SOBREEXPLOTADO
Polygon	516	HERCULES	L. COLORADA Y DEL GUAJE	MAPIMI	8.000000	8.000000		8.000000	EQUILIBRIO
Polygon	518	LAGUNA EL COYOTE	L. DEL REY Y OTRAS	MAPIMI	3.000000	3.000000		3.000000	EQUILIBRIO
Polygon	528	CUATROCIENEGAS	A. BLANCO Y OTROS	RÍOS SALADO Y SABINAS	28.471000	7.109392		3.932000	SUBEXPLOTADO
Polygon	510	SALTILLO-RAMOS ARIZPE	RÍO BRAVO-SAN JUAN	RÍO SAN JUAN	29.470000	37.320000	41.596092	0.000000	SOBREEXPLOTADO
Polygon	511	REGION MANZANERA-ZAPALA	RÍO BRAVO-SAN JUAN	RÍO SAN JUAN	55.510000	69.930000	39.346268	12.698732	SOBREEXPLOTADO
Polygon	506	EL HUNDIDO	A. BLANCO Y OTROS	RÍO NAZAS	6.339000	5.057000	7.4475	0.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	527	VALLE DE SAN MARCOS	A. BLANCO Y OTROS	RÍOS SALADO Y SABINAS				0.000000	EQUILIBRIO
Polygon	509	LA PAULA	L. DE MAYRAN Y L. DE VIESCA	RÍO NAZAS	8.300000	10.000000		8.300000	SOBREEXPLOTADO
Polygon	505	GENERAL CEPEDA-SAUCED	L. DE MAYRAN Y L. DE VIESCA	RÍO SAN JUAN	57.400000	34.700000	46.664171	11.257829	SUBEXPLOTADO
Polygon	502	CAYON DEL DERRAMADERO	RÍO BRAVO-SAN JUAN	RÍO SAN JUAN	11.000000	17.170000		11.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	525	LAS DELICIAS	A. BLANCO Y OTROS	RÍO NAZAS	12.000000	11.000000	1.909269	10.090731	EQUILIBRIO
Polygon	524	ACATITA	L. DEL REY Y OTRAS	RÍO NAZAS	15.000000	6.000000		15.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	508	PAREDON	RÍO BRAVO-SAN JUAN	RÍO SAN JUAN	18.644000	23.050000	6.766082	10.241918	SOBREEXPLOTADO
Polygon	520	LAGUNA DEL REY-SIERRA M	L. DEL REY Y OTRAS	MAPIMI	10.000000	7.000000		10.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	521	SALTILLO SUR	SIERRA MADRE ORIENTAL	RÍO SAN JUAN	7.500000	7.500000	7.063648	0.000000	EQUILIBRIO
Polygon	523	PRINCIPAL-REGION LAGUNA	RÍO NAZAS-TORREON	RÍO NAZAS	518.900000	930.920000	630.629239	0.000000	SOBREEXPLOTADO
Polygon	512	REGION CARBONIFERA	P. FALCÓN-RÍO SALADO	RÍOS SALADO Y SABINAS	161.201000	10.677000	25.174542	0.000000	SUBEXPLOTADO
Polygon	507	MONCLOVA	P.FALCÓN-RÍO SALADO	RÍOS SALADO Y SABINAS	30.000000	108.000000	102.959209	0.000000	SOBREEXPLOTADO
Polygon	519	CASTAÑOS	P.FALCÓN-RÍO SALADO	RÍOS SALADO Y SABINAS	15.000000	11.000000		15.000000	SUBEXPLOTADO

Figura 3.37 Tabla de Arc View.

### Manejo de Consultas Múltiples

Esta función nos permite hacer una selección en base a una serie de criterios, los cuáles son especificados como campos, operadores y valores, ligados por los conectores (and, or y not), si la tabla es de atributos la selección se desplegará dentro de la Vista. Figura 3.38

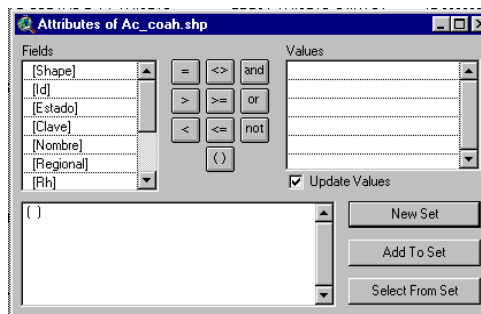


Figura 3.38 Constructor de consultas.

## Uniones y Ligas Entre Tablas.

Las uniones o ligas se hacen a través de un campo llave o común entre ambas tablas, este debe de ser del mismo carácter, los registros deben ser correspondidos en ambas tablas, se pueden unir o ligar de dos tablas en dos, las tablas se despliegan dentro del proyecto de Arc View, las uniones o ligas son virtuales solamente se conservan en el proyecto.

## Edición de Tablas.

Arc View soporta varios tipos de formatos, (SQL, txt, Info y el de dBASE siendo estos dos últimos los editables) si se tuviera un formato que no se puede editar habrá que convertirlo a formato de dBASE . Arc View crea tablas nuevas únicamente en formato .dbf. Desde la ventana de proyecto elegimos tabla nueva, le damos la ruta donde será guardada, la tabla nueva es creada y se adicionaran campos y registros, para agregar y borrar campos damos clic en el menú Edit seleccionamos Add Field e introducimos las características de los campos, de esta manera los campos de la tabla están agregados. Si se quieren borrar campos se seleccionan y se escoge la opción Delete Field.

Para agregar y borrar registros seleccionamos la opción Add Records del menú Edit, los registros son agregados a la tabla pero sin valores, para borrar registros, los seleccionamos y en el menú escogemos delete records, para introducir valores elegimos la herramienta para editar valores, damos clic para activar la celda o registro y escribimos los nuevos valores, para salvar los cambios escogemos Save Edits o para finalizar Stop Editing.

Para calcular valor, si la tabla no esta en edición iniciamos con Start Editing, damos clic en el campo que vamos a calcular, el calculo lo hará para los elementos que se tengan seleccionados, y si no los hay lo hará para toda la tabla, elegimos el boton de calculate, en la ventana aparece el campo a calcular, y se completa la expresión, cuando sean caracteres se encierran en "valor", los nuevos valores son calculados a todos los registros, para guardar los cambios escogemos Save edits o para finalizar Stop Editing.

Para visualizar, ocultar y renombrar los campos en la tabla seleccionamos propiedades del menú Edit, en la ventana que se despliega,(Figura 3.39) la columna visible que aparece con palomitas indica los campos que vemos en la tabla, si los queremos ocultar quitamos la palomita, y los oculta virtualmente, mas no los borra, la columna alias permite adicionar un segundo nombre a un campo únicamente damos clic en alias y en el campo que queremos renombrar y escribimos el nombre en dicho campo, la tabla aparecerá con los campos visibles y renombrados que indicamos.

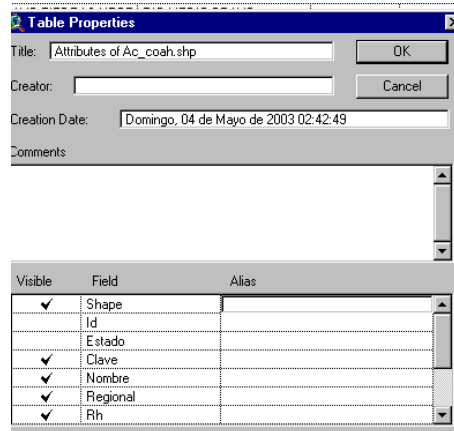


Figura 3.39 Manejo de las propiedades de la tabla.

### Creación y Manipulación de Gráficas.

Las gráficas están ligados a las tablas y las vistas, despliegan datos tabulares de manera gráfica, se pueden elegir varios tipos de gráficas y estilos, se pueden modificar sus elementos, se crea la gráfica desde la tabla que este activa. Figura 3.40

Para la creación de gráficas, seleccionamos los registros, escogemos el boton para crear gráficas en la Interface de la tabla, y de la ventana de proyecto elegimos chart-new y seleccionamos los campos que se van a incluir en la gráfica, en esta opción tenemos seis tipos de gráficas, ( Área, Barras, Columnas, Líneas, Pastel, Puntos XY ) y dentro de cada tipo de gráfica tenemos varios estilos, seleccionando el boton de tipo de gráficas o el boton next, en un estilo de gráfica determinado podemos cambiar desde ahí también el tipo.

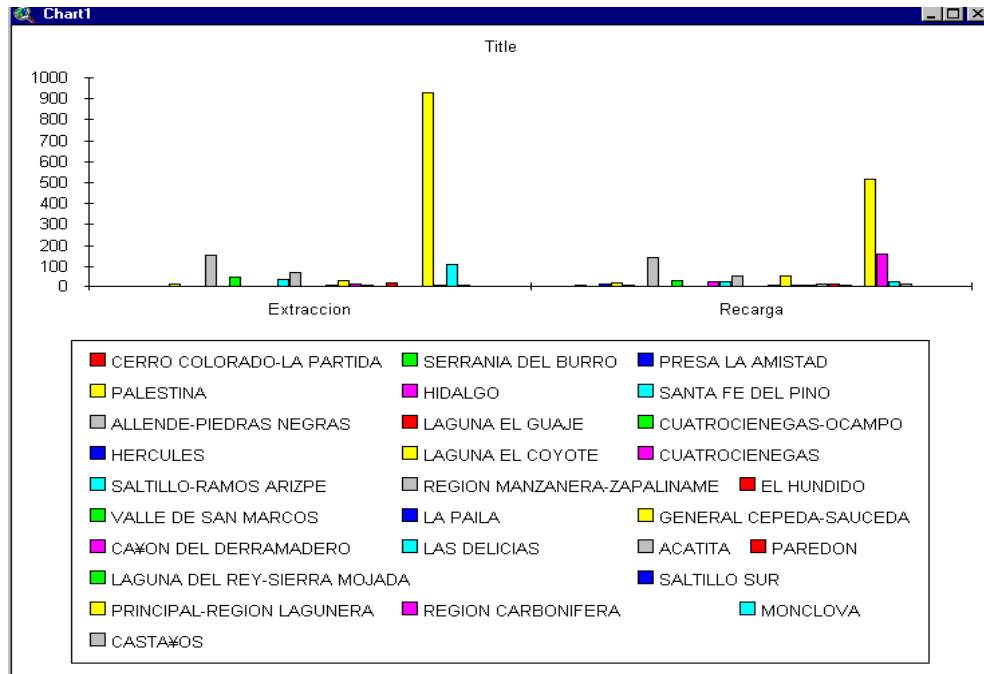


Figura 3.40 Gráfica de Arc View.

Manipulación de los elementos de la gráfica. La opción Chart Element Properties, nos permite cambiar el título de la gráfica, leyenda, propiedades de los ejes xy, para cambiar la leyenda damos clic en el boton chart element properties y damos clic donde se encuentra la leyenda, indicamos dentro de la ventana la nueva posición .

Para cambiar el titulo damos clic en el boton chart element properties y clic k donde se encuentra el titulo, para cambiar los nombres de los campos y dentro del menú escribimos, Para adicionar líneas de grid o ajustarlos valores de rangos de escala, damos clic en el eje de Y habilitamos las opciones y escribimos los valores.

### Manejo de Mapas y Layouts.

Los mapas emplean una gran cantidad de simbolismos y tratan de clasificar con precisión todas las variaciones posibles en los conceptos gráficos, que pueden ser simbolizados. Figura 3.41

El documento layout es utilizado para crear y preparar mapas de salida desde Arc View. Los formatos pueden contener vistas, (con varios mapas temáticos) tablas, gráficas, dibujos y elementos gráficos, tales como texto y líneas, Así mismo pueden contener leyendas, retículas, rosa de vientos, barras de escala, etc.

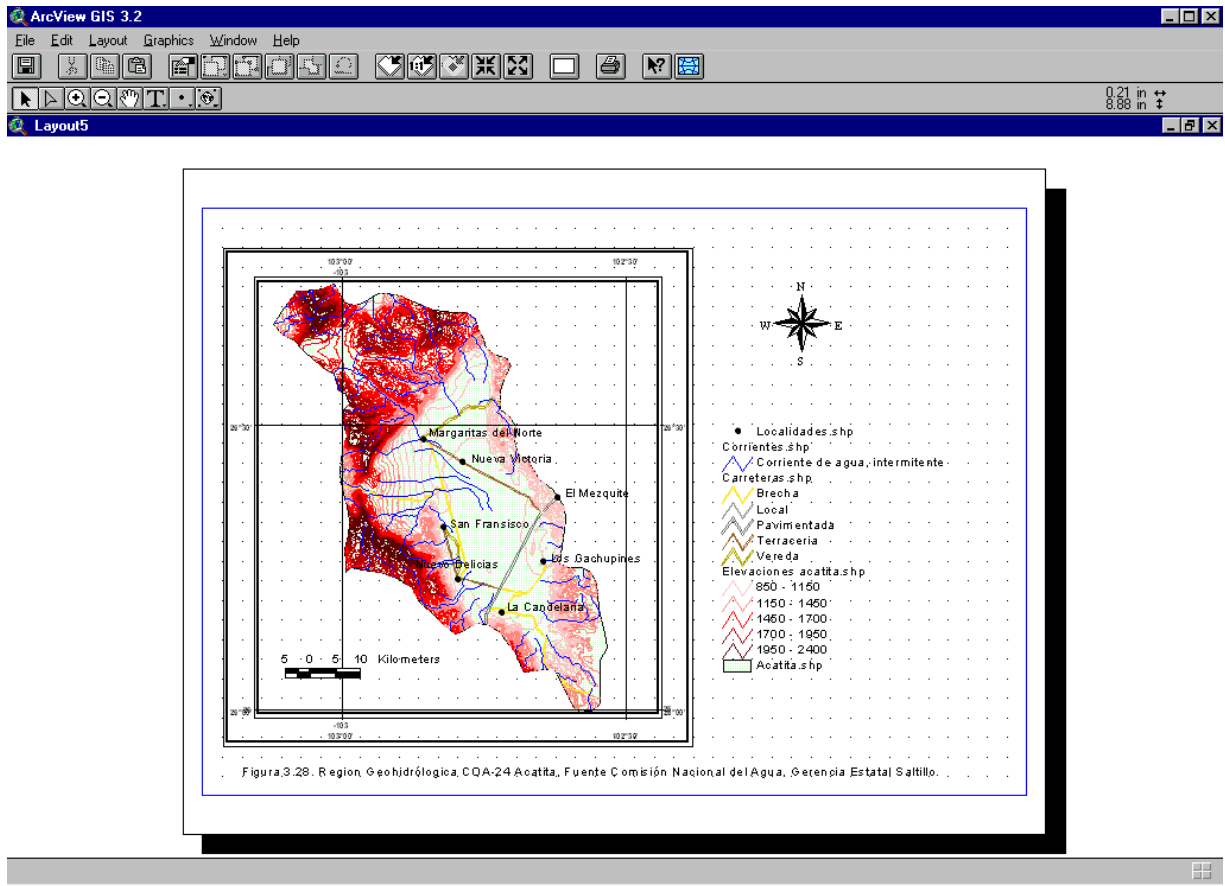


Figura 3.41 Mapa o Layout de Arc View.

Generación de mapas automáticos dentro de la Interface de la vista, se encuentra una opción de manera directa y automática para crear mapas, esta función es la misma que si generamos los mapas con cada uno de los elementos. Se requiere que la vista tenga unidades de mapa, para generar este mapa seleccionamos del menú View, la opción Layout, finalmente se genera el mapa o layout.

Generación de mapas de manera manual, estos se generan a partir de la ventana de proyecto, indicando que queremos un layout nuevo, y a este le insertamos todos los elementos como objetos



desde la Interface del layout, para generar este mapa desde la ventana del proyecto seleccionamos layout e indicamos uno nuevo (new), dentro del menú layout seleccionamos Page Setup, donde podemos indicar el tamaño de página y el formato, con el boton zoom to page hacemos un acercamiento a toda la pagina del mapa. Podemos insertar vistas, (VIEW) leyendas, escala gráfica, norte, gráficas, (barras, pastel) tablas, imágenes. Para cualquier elemento que agreguemos se deberá dibujar un recuadro y aparecerá un menú correspondiente para cada objeto, donde se deben definir sus propiedades.

Generación de gradículas y retículas con la extensión Graticules and Measured grids esta extensión permite la gradícula (coordenadas geográficas) y retículas (coordenadas UTM y lambert) para crear esta depende en que sistema de coordenadas están desplegados los datos, si están en geográficos se pueden crear las dos, reprojectando la vista, pero si están en UTM o lambert solo se podrá crear uno. Estas gradículas o retículas únicamente son gráficas por lo que no debemos redimensionar la vista dentro del layout porque se perdería la referencia.

Primeramente debemos habilitar la extensión de Graticules and Measured grids, en el menú principal del proyecto en la aplicación Extensions, con lo que aparecerá el boton “Graticules and Grids”, damos clic en este boton, En la ventana que aparece (Figura 3.42) indicamos la vista de la cuál queremos generar la leyenda, indicamos next, posteriormente escogemos los parámetros para dichas retículas, al final tendremos el mapa o layout, con su gradícula o retícula.

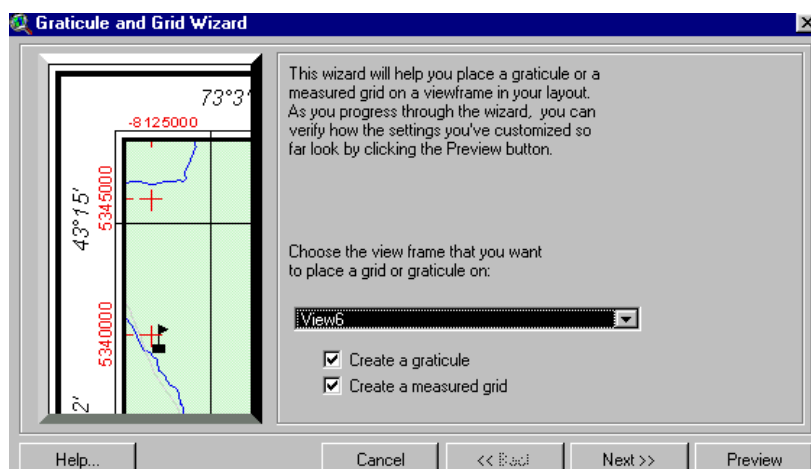


Figura 3.42 Editor de gradículas o retículas.

Exportación de mapas. Exportación de layouts en formato de imagen .jpg, .bmp dentro de la Interface de la ventana y del layout estos documentos se pueden exportar a formato de imagen. En el menú File seleccionamos la opción Export, En el menú que se despliega indicamos el nombre de la imagen y el formato, y en options especificamos las características de resolución.

## RESULTADOS

### Situación Geográfica.

El marco orográfico del estado es sumamente irregular debido a la presencia de la Sierra Madre Oriental, que atraviesa la entidad de sur a norte por la región central-oriental, dando origen a un complejo de sierras y lomeríos que se extienden en toda la entidad. Entre ellas destacan la Sierra Madre Oriental, que constituye el sistema montañoso vertebral del estado y que con sus ramificaciones cubre el este y el sureste ; la sierra de Arteaga en el municipio de ese nombre, recibe en cada región por donde pasa una denominación distinta, siendo las más conocidas la de sierras de Los Lirios, de San Antonio, de Huachichil, de Las Vigas y de La Nieve ; en el municipio de Ramos Arizpe se encuentran las sierras Santa María y Ojo Caliente ; en el municipio de Saltillo se localiza la sierra de Zapalinamé ; en el de General Cepeda, la sierra de Patos y La Paila ; en el de Parras, la sierra del mismo nombre ; en Torreón, la sierra de Jimulco ; en Cuatro ciénegas, la sierra de La Madera ; y en los municipios de Parras, San Pedro y Cuatro ciénegas las sierras de Los Alamitos, de Fraga y San Marcos, respectivamente. Figura 4.1

### Corrientes superficiales del Estado.

A pesar de las condiciones de aridez que caracterizan a la entidad, numerosas corrientes cruzan el estado, alimentadas principalmente por aguas subterráneas, las que, por accidentes geológicos, afloran a la superficie; igualmente, algunos cuerpos naturales de aguas son alimentados por aguas subterráneas, como en el Valle de Cuatrociénegas y en la zona denominada de los Cinco Manantiales, que abarca los municipios de Zaragoza, Morelos y Allende, principalmente; aunque éstos son de poca extensión. Otros cuerpos naturales de agua, que se localizan en la zona del Bolsón de Mapimí, son de carácter intermitente, porque solo en temporadas extraordinariamente

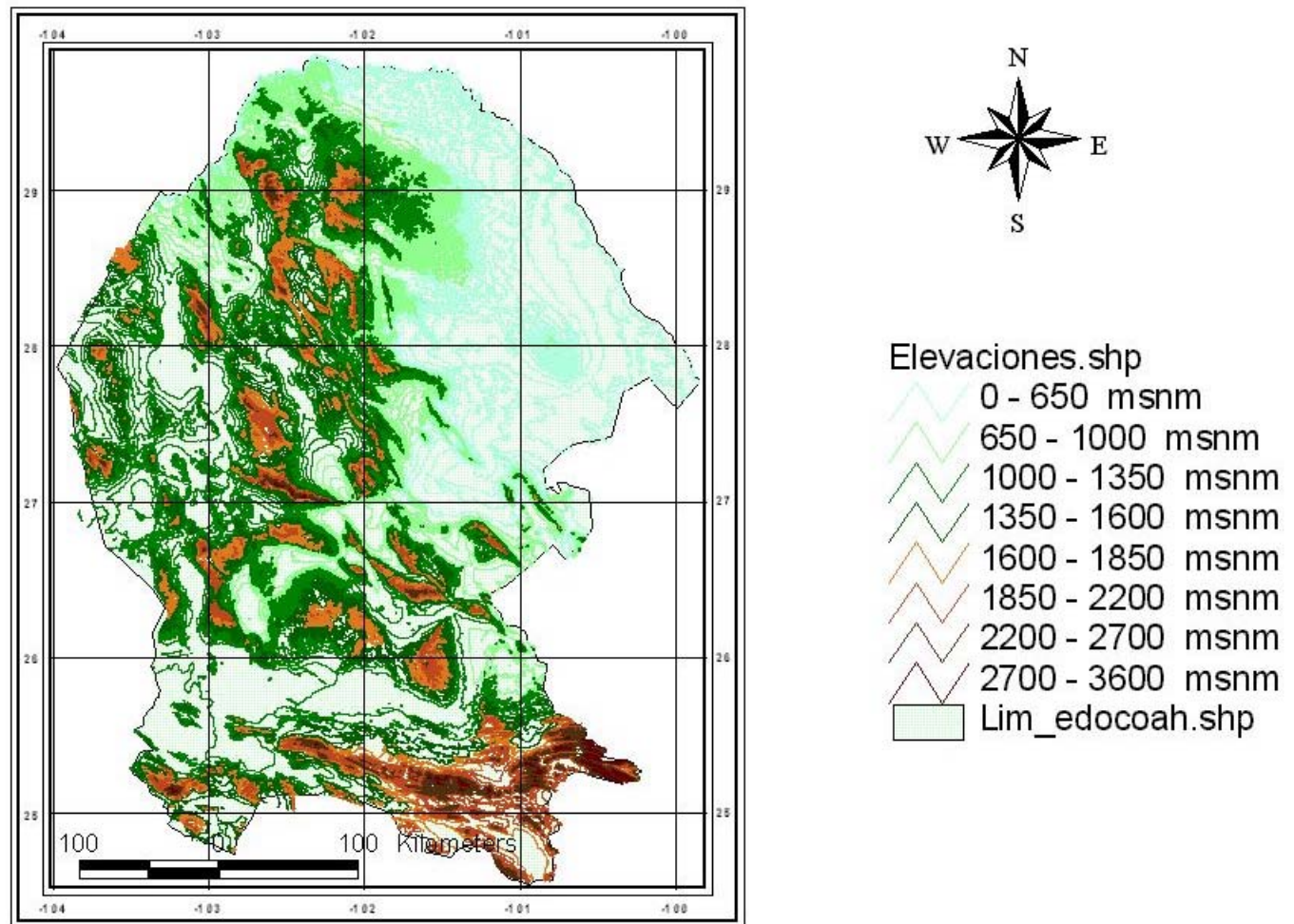


Figura 4.1 Elevaciones del Estado de Coahuila

lluviosas almacenan los escurrimientos que sus tributarios les aportan; entre ellas, son de mencionarse las lagunas, por citar las más importantes, El Guaje, El Rey, Viesca y Mayrán. Por otra parte los cuerpos artificiales de agua corresponden a los embalses de las presas que se han construido para el aprovechamiento y control de las aguas en algunas de las corrientes principales, como la presa La Amistad y la Venustiano Carranza, o "Don Martín". Figura 4.2

#### Población.

Los principales municipios con mayor población son: Saltillo, La capital con 52,7979 habitantes; Torreón con 508, 076 habitantes; Monclova con 189, 738 habitantes, Piedras Negras con 116,148 habitantes; Acuña con 81, 602 habitantes. Figura 4.3

#### Extracción

En este aspecto podemos ver que los acuíferos de los que se extrae una mayor cantidad de agua son: Principal-Región Lagunera, seguidos por los de Monclova, Allende Piedras Negras, Región Manzanera Zapalinamé, Saltillo Ramos Arizpe, General Cepeda-Sauceda, Cuatrociénegas-Ocampo, de los cuáles en la mayoría se presentan problemas de sobreexplotación, y son los que albergan al mayor número de la población del Estado. Figura 4.4

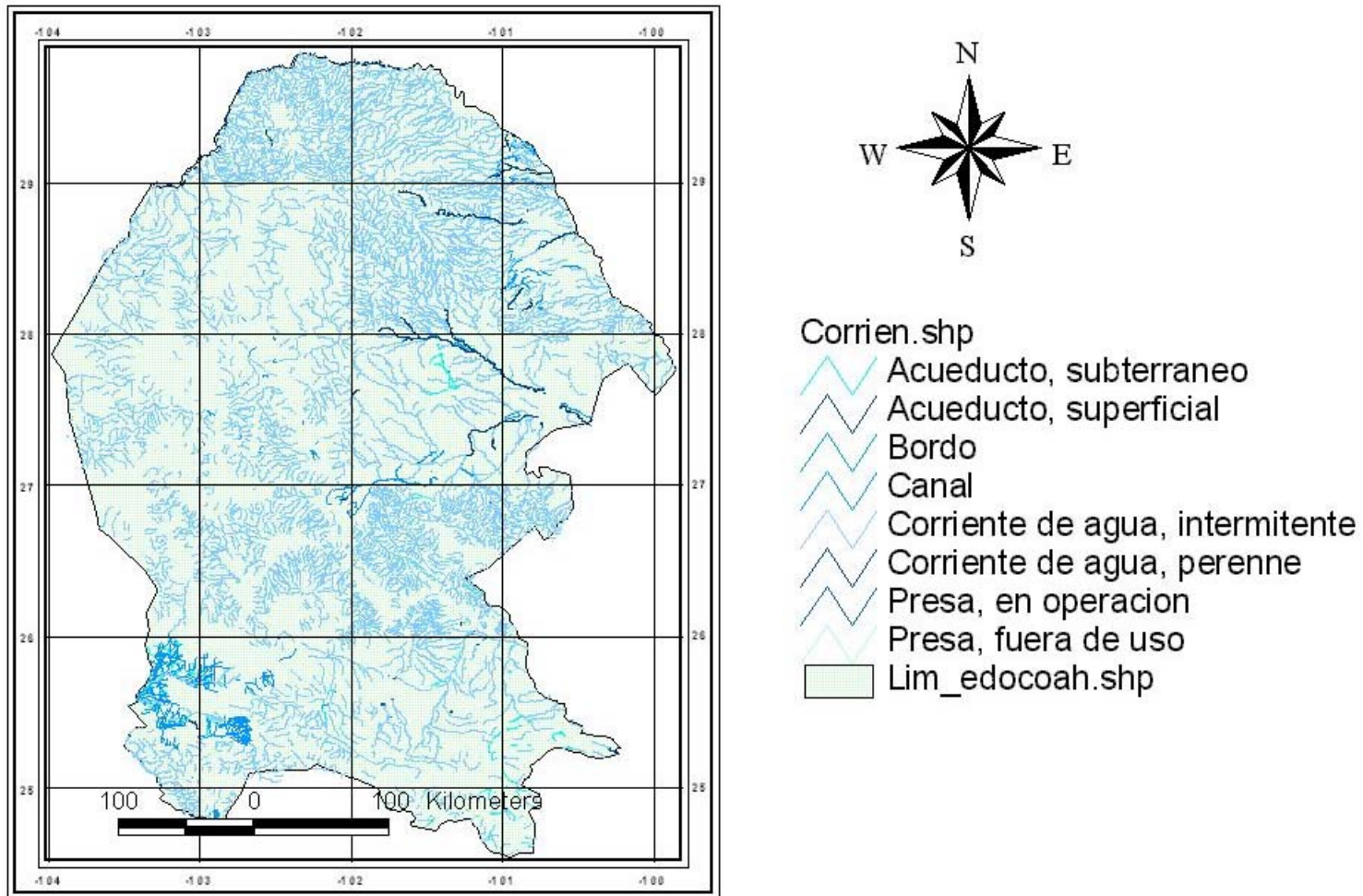
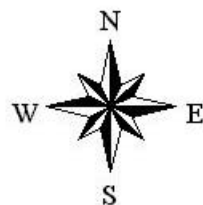
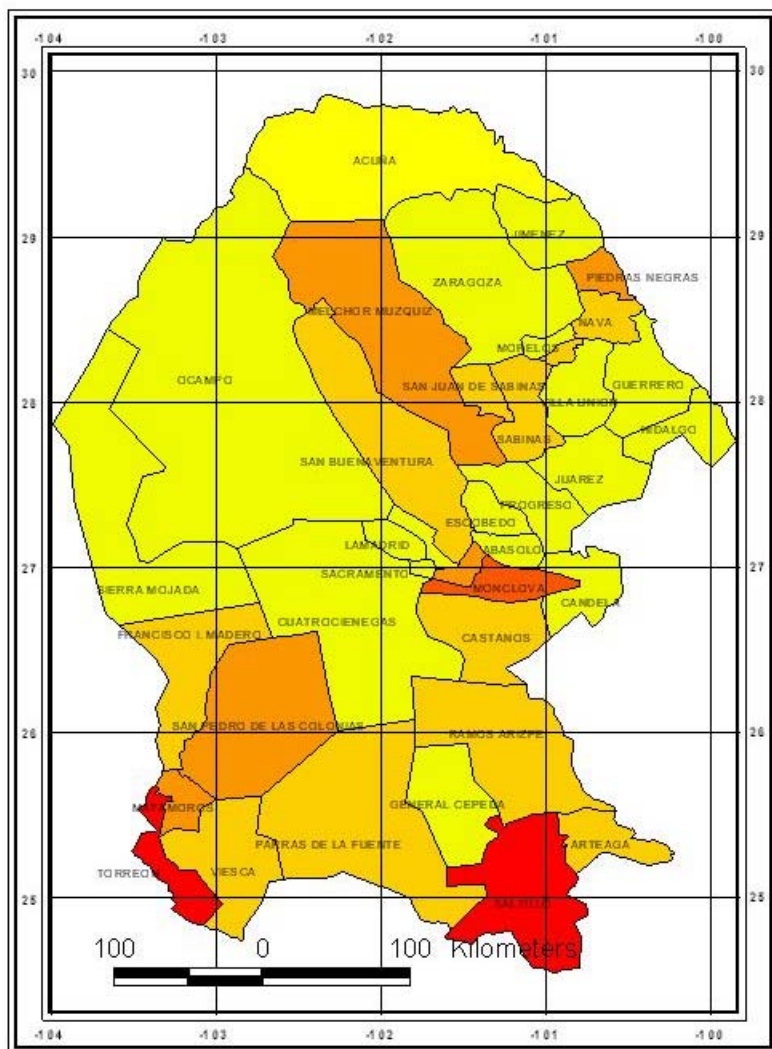


Figura 4.2 Corrientes superficiales del Estado de Coahuila.



Mun\_coah.shp

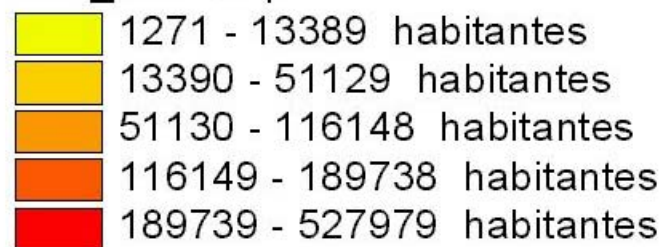


Figura 4.3 Distribución de la población en el Estado de Coahuila.



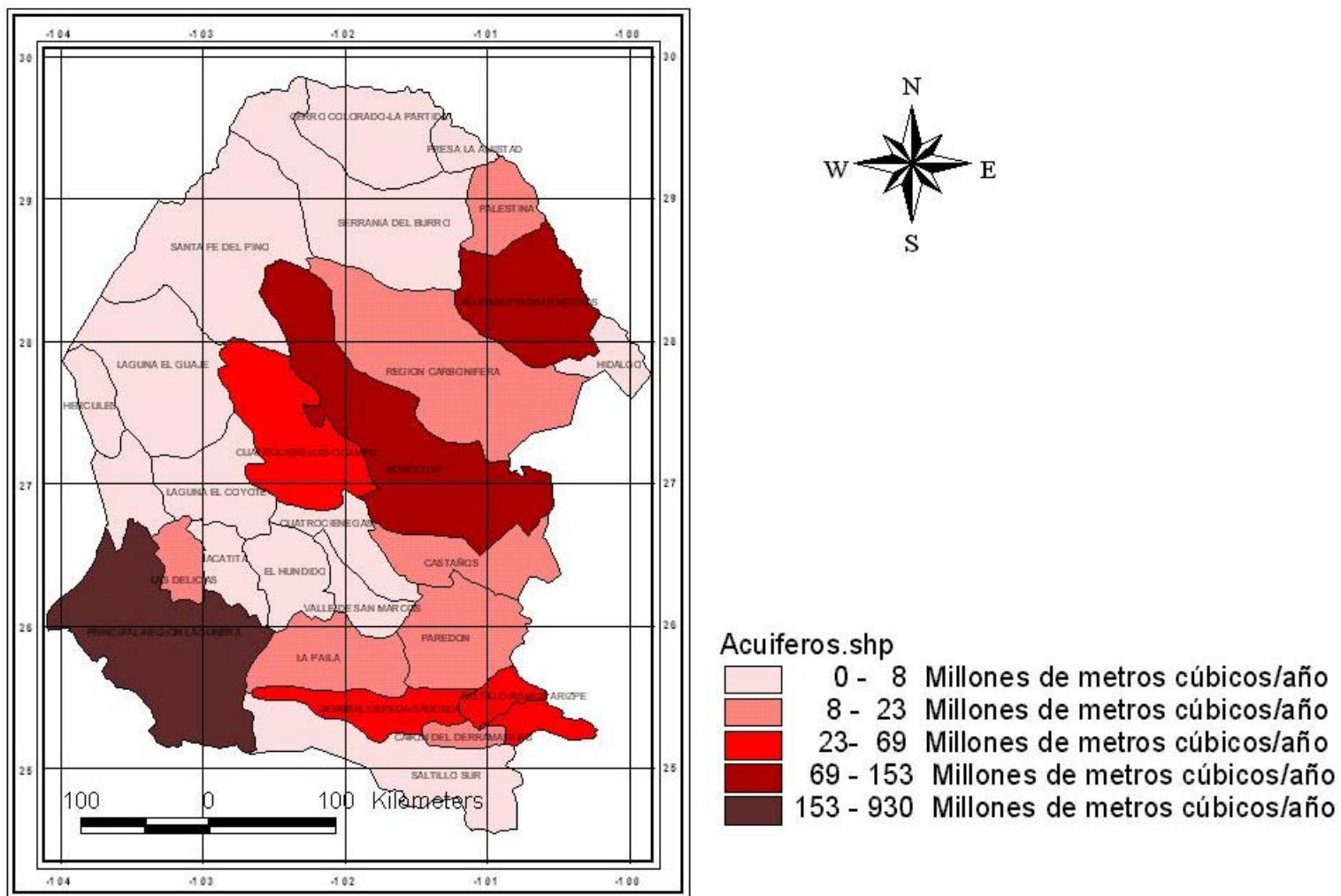


Figura 4.4 Extracción en Millones de metros cúbicos/año de las unidades hidrogeológicas del Estado de Coahuila.



## Recarga

En este aspecto podemos ver que los acuíferos con mayor recarga son los siguientes: Principal-Región Lagunera, Allende-Piedras Negras, Región Carbonífera, Región Manzanera-Zapalinamé, Saltillo-Ramos Arizpe, General Cepeda-Sauceda, Monclova, Cuatrociénegas-Ocampo, Cuatrociénegas, de los cuáles la mayoría tiene problemas de sobreexplotación. Figura 4.5

## Condición

En esta gráfica podemos observar la condición de todos los acuíferos del Estado, y tenemos que 8 acuíferos se encuentran sobre explotados, que nos indica que las extracciones son mayores a la recarga; 7 se encuentran en Equilibrio, lo que nos indica que extracciones y recarga son del mismo orden; 13 se encuentran Subexplotados, lo que nos indica que la recarga es mayor a las extracciones. Figura 4.6

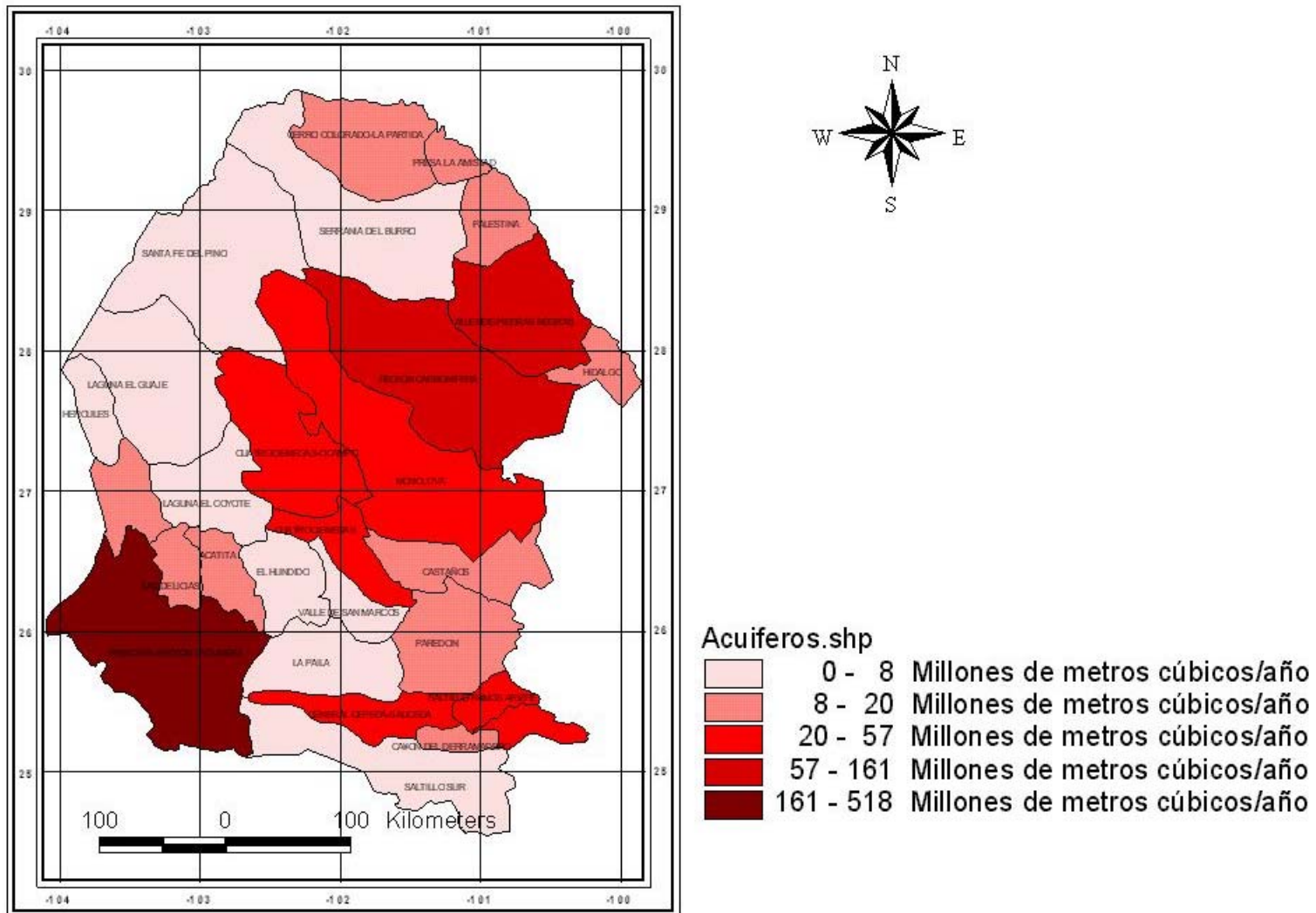


Figura 4.5 Recarga en Millones de metros cúbicos/año de las unidades hidrogeológicas del Estado de Coahuila.

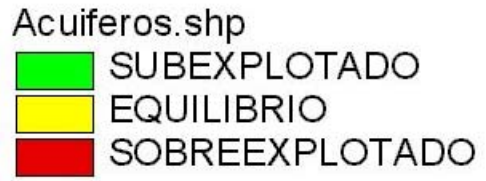
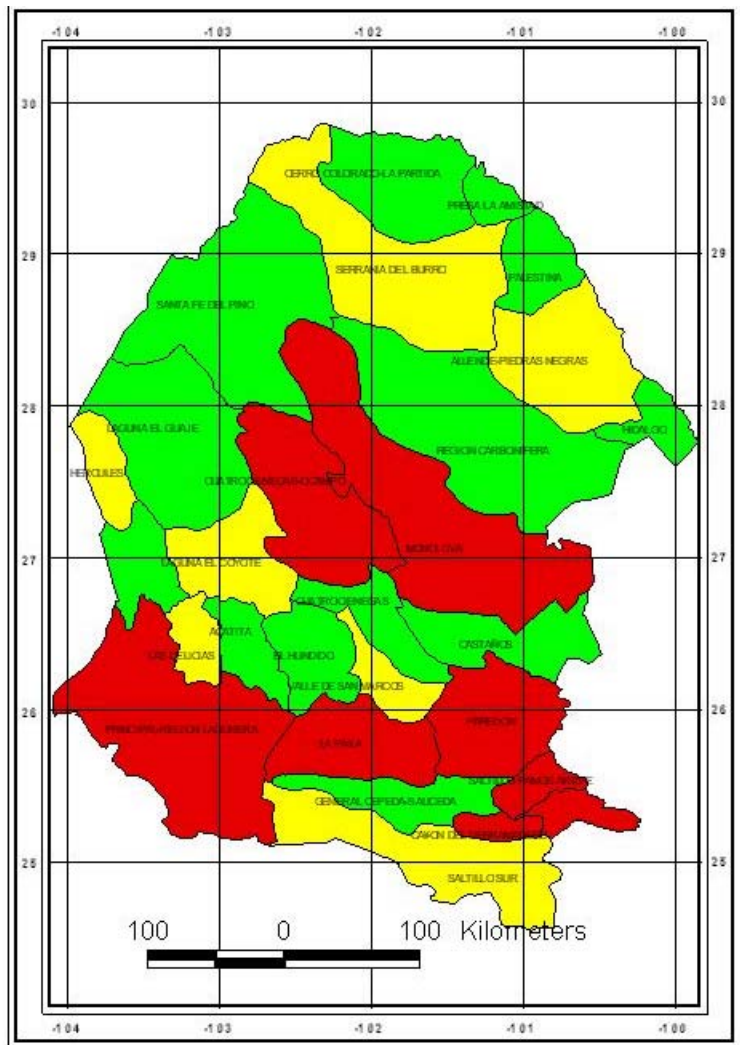


Figura 4.6 Condición de las unidades hidrogeológicas del Estado de Coahuila.

## CONCLUSIONES

La metodología del SIG Arc View, para actualizar la información geohidrológica del Estado de Coahuila de Zaragoza se realiza en forma fácil y rápida, presenta ventajas en relación con metodologías tradicionales, ya que la generación y manejo de la cartografía es más fácil, siendo posible reproducir el número y tipo de mapas que uno necesite, sin tener que ser elaborados en forma anacrónica como se hacía usando una mesa luz y elaborando los mapas a mano que consume demasiado tiempo, el manejo de escalas hecho en base de fotocopias distorsiona la veracidad y exactitud de los mismos, y además cuando se realizan cálculos en los mapas estos deben ser mediante planímetros lo cuál implica mayor trabajo. En comparación el trabajo en SIG permite manejar mucha información en forma conjunta, la generación de mapas es más fácil y rápida además de que mucha de esta información ya se encuentra disponible en formato digital, el manejo de escalas es rápido y el cambio de proyecciones se realiza en forma automatizada, se pueden realizar diversos análisis de tipo espacial como cálculo de áreas, perímetros, longitudes, suma, resta, división, multiplicación de atributos de los mapas, todo esto es posible al adicionarle topología al mapa, ubicándolo en el espacio y adicionándoles una tabla de atributos en forma relacional, lo que permite ajustes o correcciones al mapa o la base de datos fácilmente y al relacionarlos con modelos permite la simulación y evaluación de diferentes alternativas de uso propuestas.

El uso de esta metodología facilita el análisis de la información espacial, se pueden consultar áreas, definir diferentes formas de agrupamiento de los parámetros, simulación de cambios en los valores de los parámetros. Estas aplicaciones pueden hacerse en forma automatizada, lo anterior demuestra que constituye una herramienta valiosa que sirve de apoyo a las acciones de rehabilitación de microcuencas, en las parte de planeación y toma de decisiones para definir proyectos, planes y estrategias de rehabilitación.

La caracterización permite identificar, ubicar y cuantificar los diversos atributos que tienen influencia en las regiones geohidrológicas, y la presión que ejercen sobre los recursos naturales y la sociedad,



lo que nos permite tomar las decisiones para planear las acciones de rehabilitación o preventivas en cada región geohidrológica en estudio.



## **RECOMENDACIONES**

En la actualidad los Sistemas de Información Geográfica son utilizados en muchas ramas de la ciencia, ya que son de gran utilidad y nos ayudan a resolver problemas de una forma sencilla y rápida, a comparación de los métodos convencionales con los que lleva mucho tiempo y no son confiables del todo, por lo que se recomienda se sigan haciendo trabajos complementarios a los que ya se han hecho, el presente trabajo puede ser complementado con información referente a niveles piezométricos de las regiones geohidrológicas, calidad del agua, aprovechamiento del agua subterránea, localización de los aprovechamientos, etc.

De igual forma se recomienda que se incluyan cursos a académicos y alumnos para mantenerse a la vanguardia, y desarrollar profesionistas con una amplia gama de herramientas para resolver todos los problemas que se le presenten.



## BIBLIOGRAFÍA

Clark University (1977), Idrisi Manual de teoría, Worecaster, MA. United States of America.

ESRI, 1997, GIS & Mapping Software, Enviromental System Research Institute, Inc.

<http://www.esri.com/library/gis/index.html>

Geological (1997), U. S. Geological, Survey.

<http://usgs.gov/research/gis/title.html>

Gómez, 1999, Empelo de SIG En Planeación para Acciones de Rehabilitación de Microcuencas, memorias del Simposio 4, Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas, IX Congreso Nacional de Irrigación, pág. 145-158.

Gómez, 2001, Sistemas de Información Geográfica para el análisis de catástrofes urbanas, Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas, Puebla.

<http://www.udlap.mx/tesis/index.html>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil, 1994, Spring Manual de Teoría, San Paulo Brasil.

Lachassagne, Wyns, Bérard, Bruel, Chéry, Coutand, Desprats, Le Strat, 2001, Exploitation of High-Yields in Hard-Rock Aquifers: Downscaling Methodology Combining GIS and Multicriteria Analysis to Delineate Field Prospecting Zones, GROUND WATER 39, No. 4, pág. 568-581.

Loranca, 2000 Consultas espaciales en una arquitectura de componentes SIG, Tesis de Maestría, Universidad de las Américas, Puebla.

<http://www.udlap.mx/tesis/index.html>

Mark (1997), Microsoft DCOM Architecture.

[http://msdn.microsoft.com/library/background/html/msdn\\_dcomtec.html](http://msdn.microsoft.com/library/background/html/msdn_dcomtec.html).

Peña, 2001, Base de datos para el soporte de toma de decisiones en la zona del volcán Popocatepetl, Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas, Puebla.

<http://www.udlap.mx/tesis/index.html>

Pulido M., López de Santa Ana, González Meraz, Cisneros Estrada, Robles Rubio, 1999, Aplicación de imágenes de satélite, inducción electromagnética y sistemas de información geográfica para estudiar la salinidad del suelo, el drenaje y el rendimiento en el distrito de riego 075 Río Fuerte, Sin., Memorias del Simposio 2 Drenaje, Salinidad y Contaminación Agrícola, IX Congreso Nacional de Irrigación, pág. 129-136.

Rupert, 2001, Calibration of the DRASTIC Ground Water Vulnerability Mapping Method, GROUND WATER 39, No. 4, pág.. 625-630.

SEMARNAT, 2000, Notas del curso: Introducción a Arc View ver. 3.1 como herramienta de apoyo en los Sistemas de Información Geográfica, pág. 10-16.