



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Universidad de Sonora

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES

**CARACTERIZACIÓN GEOHIDROLÓGICA DE LA SUBCUENCA RÍO
ALTAR, SONORA, MÉXICO (RH08Bh)**

Que para obtener el título de:

Geólogo

Presenta:

Grecia Anel Ibarra Monreal

Hermosillo Sonora
A 17 de Enero de 2017.

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 1 |
| 1.1. Objetivo..... | 2 |
| 1.2. Información General del Lugar de Prácticas..... | 3 |
| 1.3. Antecedentes..... | 8 |
| 1.4. Características de las prácticas profesionales..... | 9 |
| 1.5. Método de trabajo..... | 11 |
| 1.6. Localización..... | 12 |
| 2. Actividades de las prácticas..... | 15 |
| 2.1. Instalaciones..... | 15 |
| 2.2. Método de trabajo..... | 15 |
| 2.3. Organización de la información para la base de datos digital..... | 15 |
| 2.4. Investigación bibliográfica..... | 16 |
| 3. Climatología de la Subcuenca Río Altar..... | 18 |
| 3.1. Climatología de la zona..... | 18 |
| 3.2. Dinámica atmosférica..... | 19 |
| 3.3. Precipitación media anual..... | 20 |
| 3.4. Temperatura media anual..... | 22 |
| 4. Geología..... | 24 |
| 4.1. Fisiografía..... | 24 |
| 4.2. Geomorfología..... | 24 |
| 4.3. Estratigrafía..... | 25 |
| 4.4. Geología estructural..... | 27 |
| 4.5. Geología del subsuelo..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 5. Hidrogeología..... | 32 |
| 5.1 Hidrografía | 32 |
| 5.2 Tipo de acuífero..... | 33 |
| 5.3. Piezometría..... | 33 |
| 5.4. Comportamiento Hidráulico | 34 |
| 5.4.1. Profundidad al nivel estático | 34 |
| 5.4.2. Elevación del nivel estático | 36 |
| 5.4.3. Evolución del nivel estático | 37 |
| 6. Análisis del proyecto | 38 |
| 6.1. Análisis de la experiencia adquirida durante la realización de las prácticas profesionales..... | 38 |
| 6.2. Análisis general del proyecto | 38 |
| 6.3. Análisis de los objetivos de las prácticas profesionales | 38 |
| 6.4. Análisis de las actividades realizadas..... | 39 |
| 6.5. Análisis de la metodología utilizada | 39 |
| 7. Conclusiones..... | 40 |
| Bibliografía | 41 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localización del área de estudio | 13 |
| Figura 2. Isoyetas medias anuales (mm/año) | 22 |
| Figura 3. Isotermas medias anuales (°C)..... | 23 |
| Figura 4. Mapa Geológico | 29 |
| Figura 6. Curvas de igual profundidad al nivel estático..... | 35 |
| Figura 7. Curvas de igual elevación del nivel estático..... | 37 |

Índice de Fotos

| | |
|---|----|
| Foto 1. Instaciones de CONAGUA en Altar | 17 |
| Foto 2. Instaciones de CONAGUA en Altar | 17 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Porcentajes del área total de la cuenca y su precipitación..... | 20 |
| Tabla 2. Valores medios de precipitación | 21 |
| Tabla 3. Valores medios de precipitación y temperatura registrados en estaciones climatológicas..... | 22 |

Resumen

A la fecha, mucho se ha dicho y escrito, en lo que se refiere a las características hidrogeológicas del Valle de Caborca, Sonora; donde generalmente se engloba el área de estudio específica del presente trabajo, y seguramente no será el último de los trabajos en donde se aborde este tema.

Particularmente en la subcuenca Río Altar, en este caso, se ha contado desde hace mucho tiempo con una falta estructural de datos ordenados que nos brinden una mejor perspectiva de las condiciones hidrogeológicas del área y así mismo de la región del valle de Caborca, ya que forma parte de la misma.

El presente estudio tiene como fin dar a conocer las características Hidrogeológicas particulares de la subcuenca Río Altar como un aporte y/o actualización de las condiciones en la zona.

1. Introducción

Durante la realización de las prácticas profesionales se trabajó conjunta y laboriosamente con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país y el Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de la cual depende el SMN; y a su vez CONAGUA forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

El área de Estudio contiene un total de 2,801 km² y está localizada en la Región Hidrológica No.8 denominada “Sonora Norte” de la República Mexicana, hacia el Noroeste del Estado de Sonora.

Con un total de 7,927 habitantes, Según un Censo Poblacional y de Vivienda de 2010 por la INEGI. La región depende primordialmente de actividades agrícolas y ganaderas, con productos agrícolas entre los que destacan trigo, cártamo y garbanzo en el ciclo otoño—invierno, y algodón, esparrago, alfalfa y uva para el de primavera-verano.

1.1. Objetivo

La Real Academia define caracterización como "determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás". Puede referirse a personajes, tipografías, páginas web, empresas, productos, entre otros.

Por eso, para revertir la desinformación en el desarrollo de un sistema de recolección y almacenamiento de datos más apropiado y poder así conocer mejor las características hidrogeológicas de la región, se presenta el siguiente trabajo de prácticas profesionales, el cual, a través de una rigurosa investigación, persigue dar una visión más clara de las condiciones hidrogeológicas particulares de la subcuenta Río Altar, que forma parte del distrito de riego Número 37 en el Valle de Caborca

El objetivo de las prácticas profesionales es la aplicación de los conocimientos obtenidos durante los cursos en la carrera de Geología, haciendo un especial énfasis en los temas estructurales, estratigráficos, mineralógicos y de hidrología, para la investigación, recaudación de datos, posterior uso y modelado de la información recabada.

Como objetivo particular en estas prácticas profesionales tenemos la creación de un banco de datos digitalizados sobre la información del distrito de riego 037 "Altar – Pitiquito – Caborca", muy específicamente en el "Río Altar". Este banco de datos contaría con información primordial sobre la meteorología local, precipitación, evaporación, modelados, entre otros.

1.2. Información General del Lugar de Prácticas

Funciones y Objetivos SMN

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El Servicio Meteorológico Nacional, depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

Sus funciones principales son:

- ❖ Mantener informado al Sistema Nacional de Protección Civil, de las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas.
- ❖ Difundir al público boletines y avisos de las condiciones del tiempo, especialmente durante la época de ciclones, que abarca de mayo a noviembre.
- ❖ Proporcionar al público información meteorológica y climatológica.
- ❖ Realizar estudios climatológicos o meteorológicos.
- ❖ Concentrar, revisar, depurar y ordenar la información, generando el Banco Nacional de Datos Climatológicos, para consulta del público.
- ❖ Para llevar a cabo sus objetivos el Servicio Meteorológico Nacional cuenta con una red la siguiente infraestructura de observación:
- ❖ Red sinóptica de superficie, integrada por 79 observatorios meteorológicos, cuyas funciones son las de observación y transmisión en tiempo real de la información de las condiciones atmosféricas.

- ❖ Red sinóptica de altura. Consta de 16 estaciones de radiosondeo, cuya función es la observación de las capas altas de la atmósfera. Cada estación realiza mediciones de presión, temperatura, humedad y viento mediante una sonda que se eleva por medio de un globo dos veces al día.
- ❖ Red de 13 radares meteorológicos distribuidos en el Territorio Nacional. Esta red comenzó a funcionar en 1993 y proporciona información continua que se recibe en el Servicio Meteorológico Nacional, vía satélite. Los radares permiten detectar la evolución de los sistemas nubosos. Con ello puede conocerse la intensidad de la precipitación (lluvia, granizo o nieve), la altura y densidad de las nubes y su desplazamiento, así como la velocidad y dirección del viento, en un radio máximo de 480 Km alrededor de cada radar. Con la actual red de doce radares se cubre casi en su totalidad el Territorio Nacional.
- ❖ Estación terrena receptora de imágenes del satélite meteorológico GOES-8; Con esta estación se reciben imágenes cada 30 minutos de cinco diferentes bandas: una visible, tres infrarrojas y una de vapor de agua. Cada imagen cubre la región meteorológica número IV, la cual abarca México, Canadá, Estados Unidos, el Caribe y Centro América. Además, cada tres horas se recibe una imagen visible, otra infrarroja y una de vapor de agua que cubren el total del continente americano.

Misión y Visión

Misión:

Proveer pronósticos, alertas e información del estado del tiempo y del clima estratégica y útil para el país, que sustente la toma de decisiones.

Visión:

Seremos reconocidos por la sociedad como una organización efectiva y moderna que proporciona información confiable, útil y oportuna sobre meteorología y climatología para contribuir a una adecuada prevención y toma de

decisiones, aplicando innovaciones tecnológicas y avances científicos con personal altamente calificado.

Funciones y Objetivos CONAGUA

Según la Ley de Aguas Nacionales vigente, algunas de las atribuciones de la Comisión son:

- ❖ Ser el órgano superior en materia de la cantidad y de la calidad de las aguas y su gestión en el país
- ❖ Elaborar la política hídrica nacional y el Programa Nacional Hídrico y proponerlos al Ejecutivo Federal, así como dar seguimiento y evaluación a los mismos
- ❖ Elaborar programas especiales de carácter interregional e intercuencas en materia de aguas nacionales
- ❖ Emitir disposiciones en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes
- ❖ Atender los asuntos y proyectos estratégicos y de seguridad nacional en materia hídrica
- ❖ Formular y aplicar lineamientos técnicos y administrativos para priorizar inversiones en obras públicas federales de infraestructura hídrica
- ❖ Programar, estudiar, construir, operar, conservar y mantener las obras hidráulicas federales
- ❖ Fomentar y apoyar los servicios públicos urbanos y rurales de agua potable, alcantarillado, saneamiento, recirculación y reúso de aguas; así como del desarrollo de sus sistemas
- ❖ Proponer al Presidente de la República el establecimiento de Distritos de Riego y en su caso, la expropiación de los bienes inmuebles correspondientes
- ❖ Regular los servicios de riego en distritos y unidades de riego en el territorio nacional, e integrar los censos de infraestructura, los volúmenes entregados

y aprovechados, así como los padrones de usuarios, el estado que guarda la infraestructura y los servicios

- ❖ Administrar y custodiar las aguas nacionales; las playas y zonas federales en la parte correspondiente a los cauces de corrientes; los terrenos ocupados por los vasos de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales cuyas aguas sean de propiedad nacional; los cauces de las corrientes de aguas nacionales; las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional; los terrenos de los cauces y los de los vasos de lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, descubiertos por causas naturales o por obras artificiales; las islas que existen o que se formen en los vasos de lagos, lagunas, esteros, presas y depósitos o en los cauces de corrientes de propiedad nacional, excepto las que se formen cuando una corriente segregue terrenos de propiedad particular, ejidal o comunal; y las obras de infraestructura hidráulica financiadas por el gobierno federal, como presas, diques, vasos, canales, drenes, bordos, zanjas, acueductos, distritos o unidades de riego y demás construidas para la explotación, uso, aprovechamiento, control de inundaciones y manejo de las aguas nacionales, con los terrenos que ocupen y con las zonas de protección
- ❖ Establecer las prioridades en lo concerniente a la administración y gestión de las aguas nacionales y de sus bienes nacionales inherentes
- ❖ Expedir títulos de concesión, asignación o permiso de descarga, reconocer derechos y llevar el Registro Público de Derechos de Agua
- ❖ Analizar y resolver los problemas y conflictos derivados de la explotación, uso, aprovechamiento o conservación de las aguas nacionales
- ❖ Celebrar convenios con entidades o instituciones extranjeras y organismos afines para la asistencia y cooperación técnica, intercambio de información, intercambio y capacitación de recursos humanos bajo los principios de reciprocidad y beneficios comunes
- ❖ Promover el uso eficiente del agua y su conservación en todas las fases del ciclo hidrológico

- ❖ Impulsar el desarrollo de una cultura del agua que la considere como recurso vital, escaso y de alto valor económico, social y ambiental
- ❖ Realizar periódicamente los estudios sobre la valoración económica y financiera del agua por fuente de suministro, localidad y tipo de uso
- ❖ Estudiar los montos recomendables para el cobro de derechos de agua, incluyendo el cobro por extracción de aguas nacionales, descarga de aguas residuales y servicios ambientales vinculados con el agua y su gestión
- ❖ Ejercer las atribuciones fiscales en materia de administración, determinación, liquidación, cobro, recaudación y fiscalización de las contribuciones y aprovechamientos conforme a lo dispuesto en el Código Fiscal de la Federación;
- ❖ Promover y propiciar la investigación científica y el desarrollo tecnológico, la formación de recursos humanos, así como difundir conocimientos en materia de gestión de los recursos hídricos, con el propósito de fortalecer sus acciones y mejorar la calidad de sus servicios, coordinado con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua;
- ❖ Proponer las Normas Oficiales Mexicanas en materia hídrica;
- ❖ Actuar con autonomía técnica, administrativa, presupuestal y ejecutiva en el manejo de los recursos que se le destinen y de los bienes que tenga
- ❖ Expedir las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua nacionales
- ❖ Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencia, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos
- ❖ Proponer al Ejecutivo Federal la expedición de Decretos para el establecimiento, modificación o extinción de Zonas de Veda y de Zonas Reglamentadas para la Extracción y Distribución de Aguas Nacionales y para su explotación, uso o aprovechamiento, así como Declaratorias de Reserva de Aguas Nacionales y de zonas de desastre
- ❖ Realizar las declaratorias de clasificación de zonas de alto riesgo por inundación y elaborar los atlas de riesgos conducentes

- ❖ Coordinar el Servicio Meteorológico Nacional y ejercer las funciones en dicha materia
- ❖ Mantener actualizado y hacer público periódicamente el inventario de las aguas nacionales, de sus bienes públicos inherentes y de la infraestructura hidráulica federal
- ❖ Integrar el Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua
- ❖ En situaciones de emergencia, escasez extrema, o sobreexplotación, tomar las medidas necesarias para garantizar el abastecimiento del uso doméstico y público urbano

Misión y Visión

Misión

“Administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general”.

Visión

“Ser autoridad con calidad técnica y promotor de la participación de la sociedad y de los órdenes de gobierno en la gestión integrada del recurso hídrico y sus bienes públicos inherentes”.

1.3. Antecedentes

Historia

La Comisión Nacional del Agua es heredera de una gran tradición hidráulica y a lo largo de su historia ha estado integrada por destacados profesionales y

especialistas de diversas disciplinas, reconocidos internacionalmente por su dedicación y capacidad técnica.

Dentro de las instituciones que le antecedieron destacan la Dirección de Aguas, Tierras y Colonización creada en 1917; la Comisión Nacional de Irrigación, en 1926; la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946 y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en 1976.

Actualmente, la misión de la Comisión Nacional del Agua consiste en administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso.

La Comisión considera que la participación de la sociedad es indispensable para alcanzar las metas que se han trazado en cada cuenca del país, ya que, entre otros aspectos, los habitantes pueden dar la continuidad que se requiere a las acciones planteadas.

1.4. Características de las prácticas profesionales

Como un instrumento de apoyo a la formación de los estudiantes de Geología de la Universidad de Sonora, el programa de prácticas profesionales se propone como objetivo general consolidar la formación profesional de los estudiantes a través de modalidades de aprendizaje que les permitan desarrollar competencias profesionales en contextos laborales vinculados estrechamente con su formación, como recurso didáctico que integre los conocimientos, habilidades y aptitudes adquiridos en el aula. Debido a que el nuevo modelo curricular se centra en la adquisición de habilidades y autoaprendizaje de los estudiantes, siendo el profesor un facilitador, es sumamente importante la realización de prácticas que refuercen los conocimientos aprendidos en el aula y permitan adquirir o mejorar habilidades del que hacer geológico. En este sentido el programa de prácticas profesionales

del Departamento de Geología busca cumplir la función fundamental de preparar al estudiante para su integración al mercado laboral y representa una oportunidad para realizar una autoevaluación de la formación académica en la carrera. La realización de un documento que contenga las memorias de prácticas profesionales permite a su vez, un análisis del desempeño en el mercado laboral, un autoanálisis de las competencias y habilidades adquiridas, y la presentación organizada de dicha información.

Como parte de las acciones y tareas a realizar con el fin de hacer realidad los propósitos arriba mencionados, la Universidad, en su Plan de Desarrollo Institucional 2005-2009, incluye como programa estratégico el de prácticas profesionales, en el cual se describen los objetivos, líneas de acción y metas a corto, mediano y largo plazo.

El Plan de Desarrollo Institucional define varias líneas de acción y metas relativas al programa de prácticas profesionales y las políticas, lineamientos y mecanismos institucionales para su realización y su incorporación a los planes de estudio, a través de actividades con valor curricular desarrolladas mediante convenios con empresas y organismos de los sectores público y privado, organizaciones no gubernamentales y asociaciones civiles.

Las prácticas profesionales en el Departamento de Geología son iguales a las estipuladas en el reglamento de la Universidad de Sonora, nada más que dependiendo del plan de estudios de la licenciatura cambian los requisitos para realizarse. En el Departamento de Geología, según el acta No. 258 del Consejo de la División de Ciencias Exactas y Naturales, el único requisito para que un estudiante de Geología pueda realizar sus prácticas es haber cursado la materia de Geología Estructural que se imparte en el sexto semestre del plan de estudios y a partir de haber cursado esta materia o del séptimo semestre se pueden llevar a cabo las prácticas profesionales. En este documento se presenta un análisis a partir de la curricular del Plan de Estudios actual, de la pertinencia de contar solo

con este curso como requisito para la realización de las prácticas o si en el caso particular de este trabajo, es importante contar con otro tipo de habilidades y conocimientos.

1.5. Método de trabajo

El presente trabajo se llevó a cabo mediante dos formas principales, investigación bibliográfica y recopilación y organización de datos para la preparación de una base de datos geohidrológicos de fácil acceso y comprensión.

Investigación bibliográfica:

Durante todo el proceso y desarrollo de las prácticas la investigación bibliográfica fue un punto importante y vital, ya que nos proporcionó las bases del trabajo y también fortaleció el posterior trabajo de investigación, comprensión y desarrollo.

En esta área mi labor fue la realización de una más completa investigación geohidrológica para el área de Río Altar.

Base de datos:

La estación de CONAGUA, en Altar, Sonora, cuenta con un enorme déficit en cuanto a información concerniente al área y organización de la información con la que se cuenta.

Como parte del trabajo fue mi responsabilidad la organización de la información a la que se tenía acceso y con base en esta información y la investigación bibliográfica poder tener un esquema más completo de las características geohidrológicas que tenemos.

Herramientas de trabajo:

Para la elaboración del trabajo durante las prácticas profesionales se necesitó la utilización de herramientas de modelado, entre otras, una de las más

importantes utilizadas fue ArcGis 9.4 para el modelado, Excel 2010 para la organización de la base de datos y diversos cálculos, Google Earth, Microsoft world.

Si bien ya tenía algo de experiencia en la utilización de estos programas por medio de las clases, el desarrollo de las prácticas me permitió ganar más dominio en la utilización de los mismos.

1.6. Localización

La subcuenta Río Altar está designada con la clave RH08Bh. El área de la subcuenta comprende una superficie aproximada de 2,801 km², localizada en la porción norte del estado de Sonora, limita al norte con los Estados Unidos de Norteamérica, en el área de la República Mexicana colinda al sur con el acuífero Caborca, al este con los acuíferos Río Alisos, Magdalena y Busani, al oeste colinda con el acuífero Arroyo Seco.

Según las coordenadas geográficas reportadas se localiza entre los paralelos 30°37'23.2" y 31°25'1.9", y entre los meridianos 111°00'8.2" y 111°53'28.2" al oeste de Greenwich, como se puede ver objetivamente en la Figura 1.

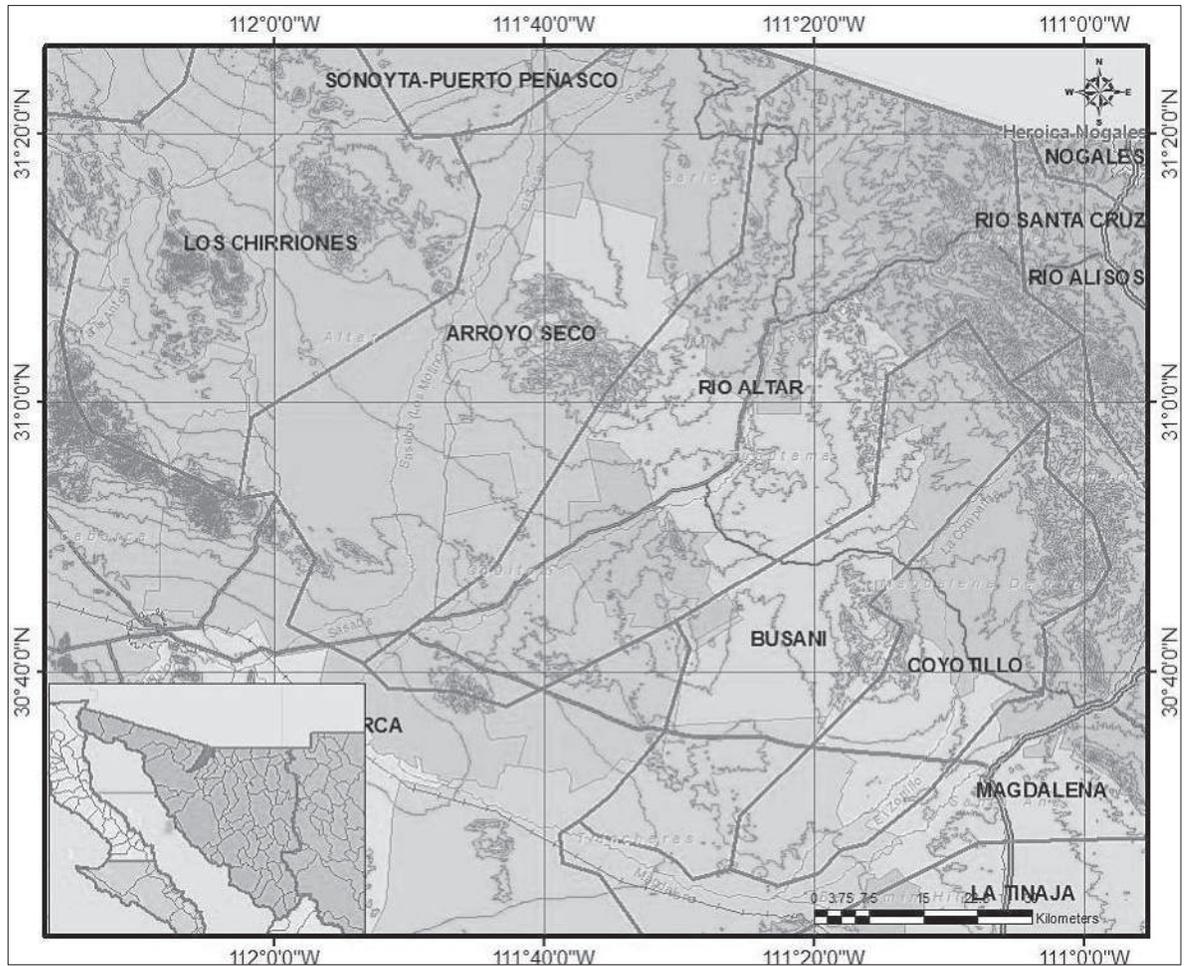


Figura 1. Localización del área de estudio

Los municipios involucrados en el área del acuífero, y que prácticamente se encuentra en forma total son el municipio de Atil, mientras que en forma parcial aparecen los municipios de Altar, Oquitoa, Tubutama, Saric y Nogales.

Entre las principales poblaciones que se localizan en el área, correspondientes al municipio de Atil se encuentran: Atil, El Represo de Los González y Los Pilares, respecto al municipio de Oquitoa se localizan: Oquitoa y San Isidro, en el municipio de Tubutama se encuentran: Tubutama, La Reforma, y La Pasión, en cuanto al municipio de Altar sólo se localiza la cabecera municipal, la cual participa en aproximadamente un 50% de su población; en cuanto al municipio de Saric,

donde se localizan Sáric y El Nogalito, también se puede considerar que sólo participa cerca del 50 % dentro del área del acuífero.

2. Actividades de las prácticas

2.1. Instalaciones

Durante las actividades realizadas se trabajó en las instalaciones de CONAGUA y el SMN en la localidad de Altar, Sonora. En las figuras 1 y 2 podemos observar las instalaciones de CONAGUA y el SMN en la localidad de Altar.

2.2. Método de trabajo

Para cumplir con los objetivos planteados, y mantener un ritmo constante, las actividades de prácticas se realizaron en mi propio equipo operativo, la persona encargada me hizo entrega de la información con que se contaba para que me hiciera cargo de la organización por áreas y fechas dentro de esas áreas, todo de forma digital.

También, la información que no se encontraba en digital me fue entregada para su captura dentro de la base de datos, esa base de datos serviría posteriormente para el trabajo global geohidrogeológico que se obtuvimos finalmente.

2.3. Organización de la información para la base de datos digital

Primeramente se trató la información no digitalizada, organizamos la información en papel y una vez hecho esto se procedió a capturar esos datos digitalmente, principalmente fueron datos de precipitación, temperatura y evaporación.

Una vez que la información fue digitalizada se tenía que organizar en Excel para un mejor y más fácil acceso a esta información de forma posterior.

Cada semana se entregaba un “informe” al encargado sobre las actividades realizadas en esos días, este informe era simple, consistía básicamente de un resumen de las actividades, reportes problemas que se presentaron, si se resolvió o no, también pidiendo sugerencias que nos gustaría dar a conocer, para ese reporte semanal no había un formato establecido pero tenía que llevar fecha, firma y título de las actividades realizadas.

Estas actividades de digitalización y organización se llevaron a cabo durante la primera mitad del periodo de prácticas, una vez finalizado se comenzó a trabajar en la investigación bibliográfica para la caracterización geohidrogeológica de la región.

2.4. Investigación bibliográfica

Durante la segunda mitad de periodo de prácticas se canalizaron todos los esfuerzos en la investigación y procesamiento de datos para la caracterización Geohidrológica.

Primero que nada fue muy importante la búsqueda de trabajos previos sobre este y otros temas para tener una visión clara de la situación y características de la región. Después de recolectar esta información se dividió en categorías para una mejor comprensión, trabajando la geología y la hidrología de forma separada y posteriormente, cuando ya se tenía un conocimiento de las condiciones del área, poder trabajarlas conjuntamente.

Además de la investigación bibliográfica para realizar la caracterización, también se utilizó la base de datos antes establecida, durante la primera mitad del periodo, ambas partes fueron muy importantes durante todo el proceso.

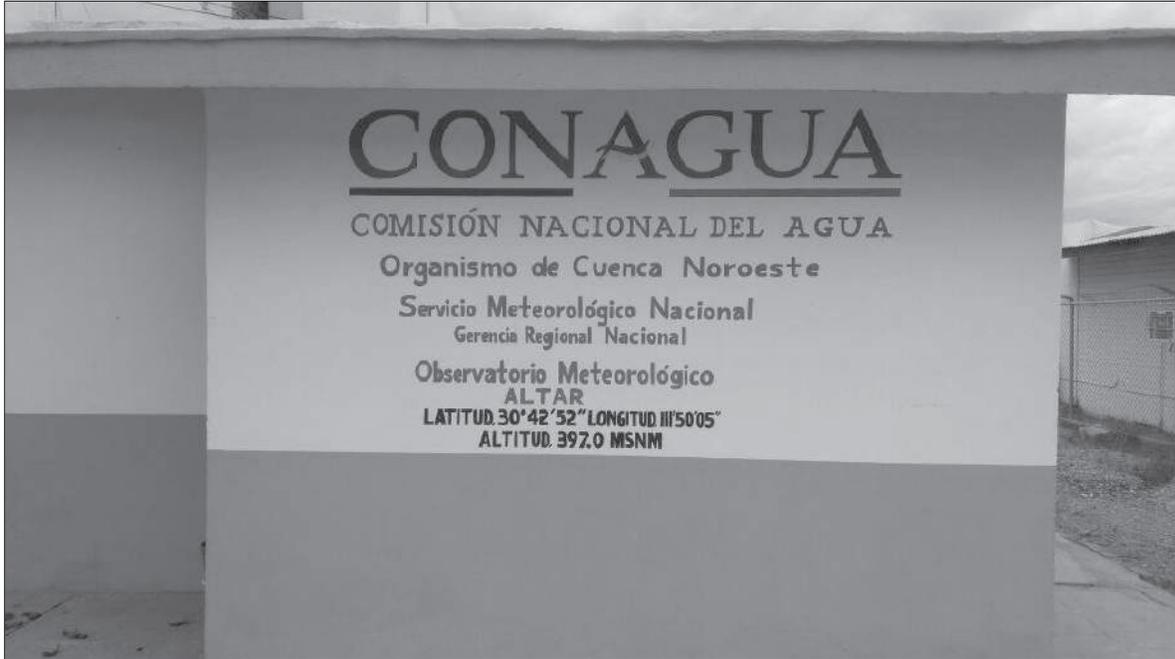


Foto 1. Instaciones de CONAGUA en Altar



Foto 2. Instaciones de CONAGUA en Altar

3. Climatología de la Subcuenta Río Altar

3.1. Climatología de la zona

El área de interés para este estudio, es una zona extremadamente árida, de precipitaciones pluviales poco frecuentes, agobiantes temperaturas de verano, escasa humedad y elevada evaporación. La ubicación geográfica de la región, no se caracteriza por contar con mecanismos atmosféricos relacionados con lluvias constantes. El clima desértico que prevalece en la zona, se cree que se deba a las siguientes razones climatológicas:

a) Altar está en el límite Sureste del Desierto de Altar, se encuentra ubicado en el punto medio de la línea imaginaria que divide las trayectorias típicas por donde transitan los sistemas ciclónicos asociados al frente polar y a los sistemas de la zona de convergencia intertropical.

b) Por tal motivo, las lluvias que generan importantes escurrimientos superficiales y recargas al manto subterráneo en cuestión, están asociadas a tormentas producidas por ciertas conformaciones climatológicas muy particulares y que se presentan en ciertas épocas del año.

3.2. Dinámica atmosférica

En forma muy general, podemos clasificar los regímenes climáticos con probabilidad de abastecimiento de humedad para el Valle de Caborca en tres estados: Estado I, Estado II y Estado III,

ESTADO I: Se engloban aquí, aproximadamente 3 meses de verano (Julio, Agosto y Septiembre). La dirección predominante de los vientos que transportan humedad es de Este a Oeste, con vapor de agua proveniente del Golfo de México. En esa época del año, haciendo la aclaración de que está sujeto a una gran variedad de modificaciones según el resto de las variables atmosféricas vecinas.

ESTADO II: Durante el invierno, en general, todo el Estado de Sonora está susceptible de ser invadido por masas de humedad provenientes del cinturón cálido de convergencia del Océano Pacífico, que resultan de la transportación hecha por los vientos dominantes del Suroeste.

ESTADO III: Debido a la extensión territorial de Sonora, existe cierto grado de probabilidad de que algún lugar (generalmente el Sur) de la Entidad, resulte afectado por la presencia de eventos ciclónicos de mediana magnitud en los meses de verano hasta principios de Octubre. Sin embargo, no es muy frecuente que una depresión tropical transite por el Valle a la hora de su máxima intensidad debido a que la costa de Caborca, se encuentra en la cabecera continental oriente del Golfo de California; debido a la disposición geográfica muy inaccesible para que los sistemas de baja presión ciclónicos del Océano Pacífico, ávidos del mar extenso y cálido, se desarrollen a plenitud en la región de estudio.

En los meses de verano también, la corriente de chorro ejecuta su recorrido alrededor de la Tierra, en latitudes muy altas, debido a la presión que ejercen los húmedos frentes cálidos del Golfo de México en el verano sobre los frentes fríos que bajan del polo norte, dándose el choque de masas productoras de abundantes

lluvias muchos grados al norte de la latitud de Caborca. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se ha podido constatar que la Zona de Estudio se encuentra localizada casi en las inmediaciones del DESIERTO DE ALTAR, lo cual hace que se encuentre en una posición completamente desfavorable y con pocas probabilidades de lluvias en verano y mucho menos contar con la presencia de algún Huracán.

3.3. Precipitación media anual

Para conocer el comportamiento de la lluvia media anual en la Cuenca de Río Altar, fue consultada la Carta de Precipitación Total Anual, elaborada por el INEGI, la cual se representa para la Cuenca; misma que incluye las curvas de isoyetas medias anuales.

En base a estas curvas y al planimetrear el área entre éstas, se configuró la tabla 1, en donde finalmente al aplicar el método de las isoyetas resulta para la cuenca una precipitación total media anual de 368.9 mm. El área total de la subcuenca hasta su desembocadura con el Golfo de California es de 30,140 km².

Tabla 1. Porcentajes del área total de la cuenca y su precipitación.

| Intervalo (mm) | <100 | 100- 200 | 200- 300 | 300- 400 | 400- 500 | >500 |
|----------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Porcentaje (%) | 8.4 | 17.8 | 34.4 | 27.2 | 11.2 | 1.8 |

Ahora bien, con la finalidad de confrontar lo anterior, se consultaron los datos pluviométricos de Estaciones Climatológicas ubicadas dentro de la cuenca en estudio, siendo las principales:

Tabla 2. Valores medios de precipitación

| Estación | | Precipitación media anual mm/año | |
|-----------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| | | Promedio | AÑOS CON DATOS |
| 26003 | ALTAR, ALTAR | 395.3 | 18 |
| 26038 | ATIL, ATIL | 379.1 | 27 |
| 26092 | PRESA CUAUHTEMOC, ATIL | 332.5 | 19 |
| 26250 | SARIC, SARIC (DGE) | 235.4 | 4 |
| Promedio | | 368.9 | |

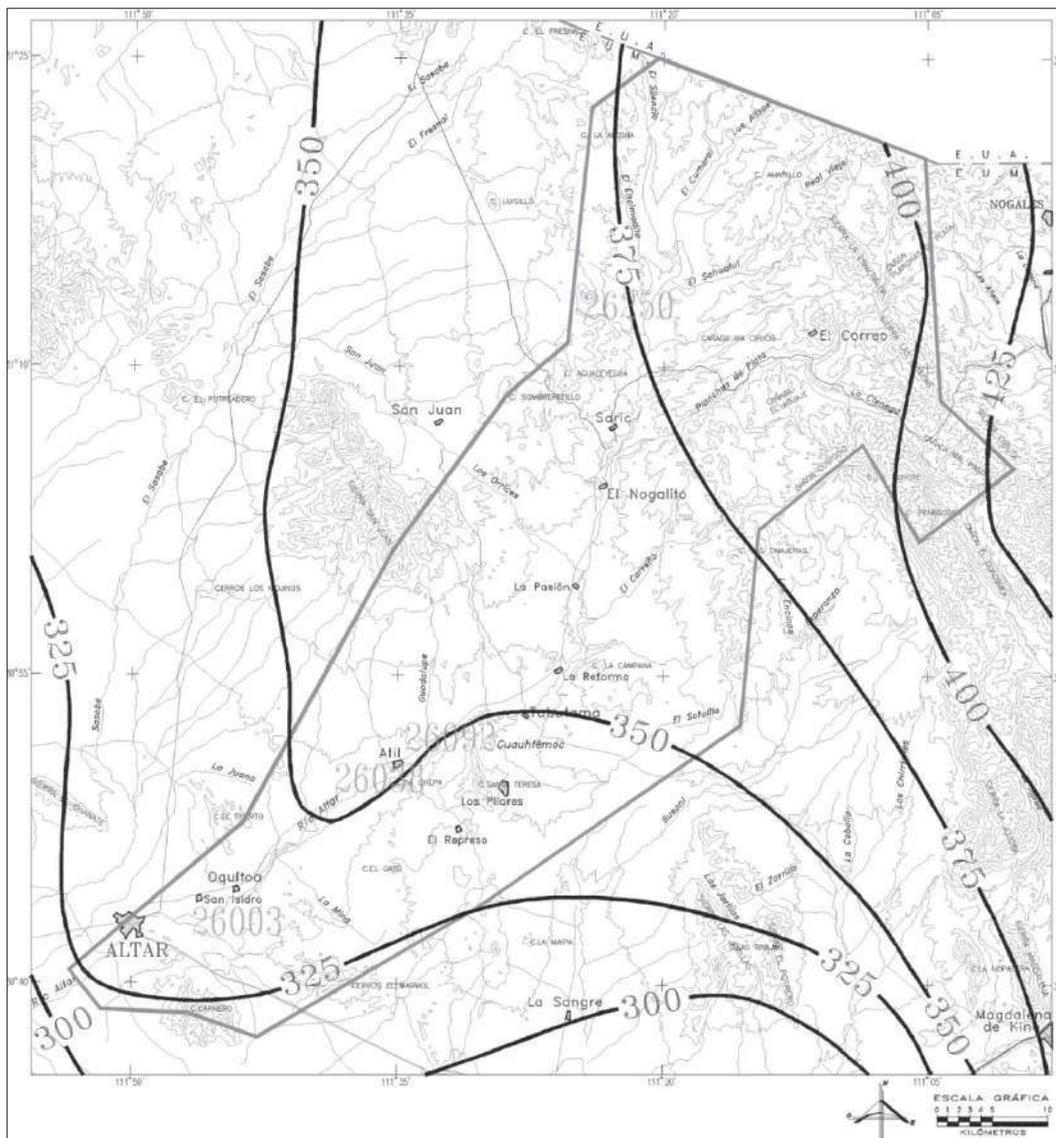


Figura 2. Isoyetas medias anuales (mm/año)

Se observa en la tabla anterior, que las precipitaciones medias anuales obtenidas casi coinciden con las isoyetas de la Figura 2.

3.4. Temperatura media anual

Con base en la información de la carta de temperaturas medias anuales de INEGI, se observa que el registro de temperatura varía de 18 a 20° C. De acuerdo con el análisis de las estaciones climatológicas, la temperatura media anual es de 20.4° C, al eliminar la estación Sáric por su corto periodo de observación.

Tabla 3. Valores medios de precipitación y temperatura registrados en estaciones climatológicas

| Estación | | Precipitación media anual mm/año | | Temperatura media anual °C | |
|----------|---------------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| | | Promedio | Años con datos | Promedio | Años con datos |
| 26003 | ALTAR, ALTAR | 395.3 | 18 | 21.2 | 18 |
| 26038 | ATIL, ATIL | 379.1 | 27 | 19.4 | 27 |
| 26092 | PRESA CUAUHTEMOC, ATIL | 332.5 | 19 | 20.6 | 19 |
| 26250 | SARIC, SARIC (DGE) | 335.4 | 4 | 14.7 | 4 |
| | Promedio | 368.9 | | 20.4 | |

De acuerdo con la información de datos registrados en la estación climatológica “Presa Cuauhtémoc”, la evaporación media anual en esa área es del orden de 2,721 mm.

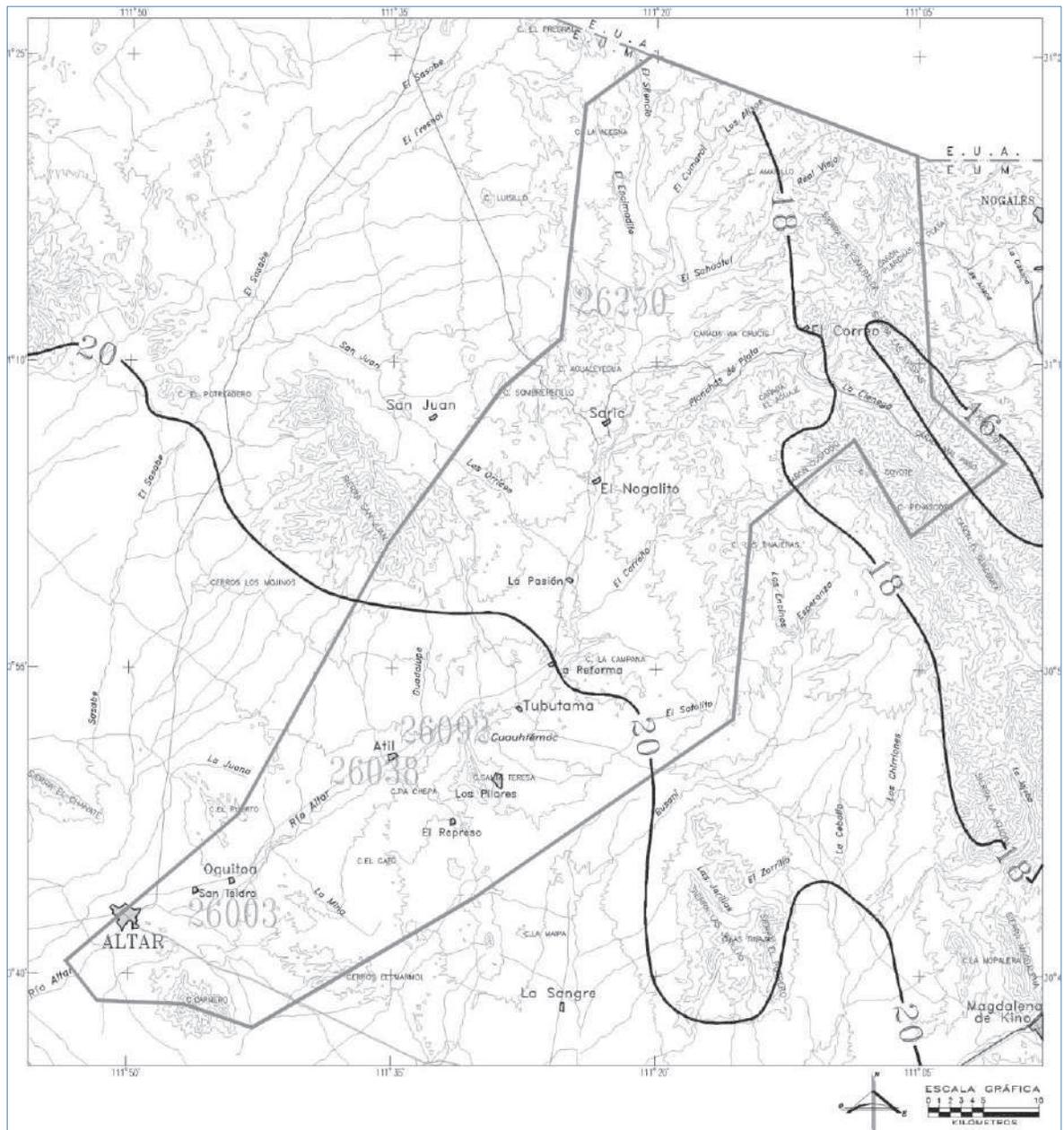


Figura 3. Isotermas medias anuales (°C)

4. Geología

4.1. Fisiografía

Fisiográficamente el área forma parte de la Provincia Basin and Range. En la región se presenta una columna litológica muy completa con rocas metamórficas del Precámbrico en la base, seguidas de rocas sedimentarias del Paleozoico; volcánicas y sedimentarias del Mesozoico y volcánicas del Terciario Inferior. La parte alta de la columna la constituyen rocas sedimentarias clásticas del Terciario y Cuaternario, que a su vez alojan las zonas acuíferas del área.

El acuífero Río Altar se encuentra contenido en la provincia fisiográfica denominada Llanura Sonorense y en la subprovincia de Sierras y Llanuras Sonorenses.

4.2. Geomorfología

El área que incluye el acuífero Río Altar presenta dos zonas muy marcadas por su morfología.

La parte norte está dominada por elevaciones topográficas importantes, principalmente en su límite nororiental, en las zonas aledañas a las localidades de Los Adobes, La Bellotosa y el Quemado, donde nacen algunos arroyos que fluyen hacia el Río Altar.

Hacia la porción noroccidental, la zona también está relativamente dominada por elevaciones de menor importancia, desde La Tinaja hasta Cerro Prieto.

La parte sur del área del acuífero está dominada por una topografía menos abrupta y más plana, donde las elevaciones más importantes se tienen hasta el límite sur.

Dentro de esta zona, las poblaciones más importantes son Tubutama, ejido La Reforma, Potrero y El Carmen.

4.3. Estratigrafía

La litología presente en el área del Acuífero es muy variada y está representada principalmente por afloramientos de origen ígneo y sedimentario, cuyas edades varían desde el Precámbrico al Cenozoico, siendo éstas últimas las unidades semiconsolidadas y no-consolidadas que conforman el acuífero.

Precámbrico

Las rocas de esta edad están limitadas a afloramientos restringidos de un gneiss bandeado que se tiene en la porción noroccidental de área, al noreste de la localidad de La Bellotosa.

Mesozoico

Las rocas correspondientes a la Era Mesozoica dentro de la zona tienen afloramientos ampliamente distribuidos a lo largo de toda su área. Las unidades más representativas corresponden a la asociación lutita-arenisca del Grupo Bisbee, presentes en la parte norte.

Así como a un afloramiento importante de rocas volcanoclásticas de riolitas y areniscas de cuarzo que representan a la Riolita El Pinito, del Jurásico. Además, se tienen afloramientos restringidos en la porción sur del área de rocas volcánicas ácidas e intermedias mesozoicas, así como de rocas metamórficas y metasedimentarias.

Las rocas ígneas intrusivas mesozoicas están representadas por un afloramiento continuo muy importante de un cuerpo granítico en el límite oeste de la cuenca, cuya erosión e intemperismo produce suelos arenosos en sus depósitos de talud.

Cenozoico

Las rocas cenozoicas comprendidas dentro del acuífero Río Altar corresponden a afloramientos de una secuencia de rocas volcánicas ácidas terciarias que tiene afloramientos ampliamente distribuidos en las elevaciones topográficas del límite nororiental del área.

Sin embargo, las rocas más representativas de este período es la secuencia sedimentaria terciaria que aflora en las inmediaciones del poblado de Tubutama, representadas por areniscas, lutitas, calizas y conglomerados de origen lacustre, asociadas al relleno de una cuenca endorreica de origen tectónico, dentro de la cual fueron depositados boratos que actualmente son explotados en la zona y que probablemente tengan una influencia directa en la calidad química del agua subterránea.

También dentro del área se tienen afloramientos restringidos de rocas volcánicas intermedias y brechas piroclásticas de esta edad.

Los sedimentos Plio-Cuaternarios representan gran parte de la superficie del área y de las zonas de mayor importancia en la conformación de este acuífero.

Estos están constituidos por arenas, gravas, limos y arcillas, los cuales han sido incluidos en dos unidades. Por un lado se tienen sedimentos gruesos (conglomerado cenozoico) asociados a los depósitos de bajada que reflejan la actividad erosiva en las principales elevaciones.

Por otro lado, se tienen los depósitos fluviales (aluvión del Cuaternario) donde dominan las arenas y las gravas que han sido transportadas y depositadas por las diferentes corrientes superficiales del área, los cuales representan la porción efectiva de las zonas acuíferas dentro del área.

4.4. Geología estructural

Los principales eventos tectónicos que han afectado a través del tiempo geológico al estado de Sonora se pueden considerar en orden cronológico los siguientes:

La Orogenia Mazatzal, de edad Proterozoico Temprano, que se corresponde con un proceso de metamorfismo regional (Complejos metamórficos Bámori e indiferenciado).

La depositación de la secuencia carbonatada-clástica del Proterozoico Tardío en zonas de plataforma de aguas someras y la prolongación hacia el sur del Geosinclinal Cordillerano.

Posteriormente, ocurre una estabilidad tectónica durante el Paleozoico, depositándose secuencias sedimentarias de facies de plataforma en distintas partes del Estado.

Como fase subsecuente sobrevino una depositación de cuenca ligada a un arco magmático, originado como consecuencia de la subducción de litósfera oceánica en el margen occidental de Norteamérica, durante el Triásico Tardío-Jurásico Temprano, produciendo un evento de metamorfismo regional que transforma la secuencia durante el Jurásico Medio-Tardío.

Durante el Cretácico Inferior se inicia una transgresión marina, con una fase compresiva durante el Cretácico Medio, que provoca el plegamiento de la secuencia del Cretácico Inferior y terrenos de la franja volcánogena Jurásica.

En el intervalo del Cretácico Inferior al Terciario Inferior se presenta la Orogenia Laramide, con una etapa magmática asociada. Este evento origina el emplazamiento de un importante conjunto volcano-plutónico durante el Terciario Temprano-Cretácico Tardío.

La tectónica distensiva que origina la apertura del Golfo de California y la formación de la Provincia de Sierras y Valles Paralelos se considera del Mioceno Temprano.

La denudación tectónica con eventos compresivos menores, erupciones por fisuras profundas y acción continua de fuerzas exógenas, producen el desarrollo de depósitos no consolidados de aluviones y terrazas del Mioceno hasta el Reciente.

Las estructuras más antiguas presentes en la región están caracterizadas por fallas de cabalgadura de edad mesozoica y probablemente de mayor edad, que sobreponen unidades más antiguas sobre otras más jóvenes.

Estas cabalgaduras tienen vergencias predominantemente hacia el noreste y han sido identificadas principalmente en las sierras del sur del área donde afloran rocas precámbricas, paleozoicas y mesozoicas.

El área se caracteriza por sierras y valles paralelos producidos por la distensión terciaria (Basin and Range). En este contexto, se generaron cuencas de graben y semi-graben que son limitadas por fallas normales de ángulo alto (65° - 85°) con una orientación predominante NNW-SSE.

Si bien es cierto que no se tienen identificadas estructuras recientes que afecten los sedimentos cenozoicos del área, los cauces de los ríos pudieran corresponder al lineamiento de estructuras sepultadas.

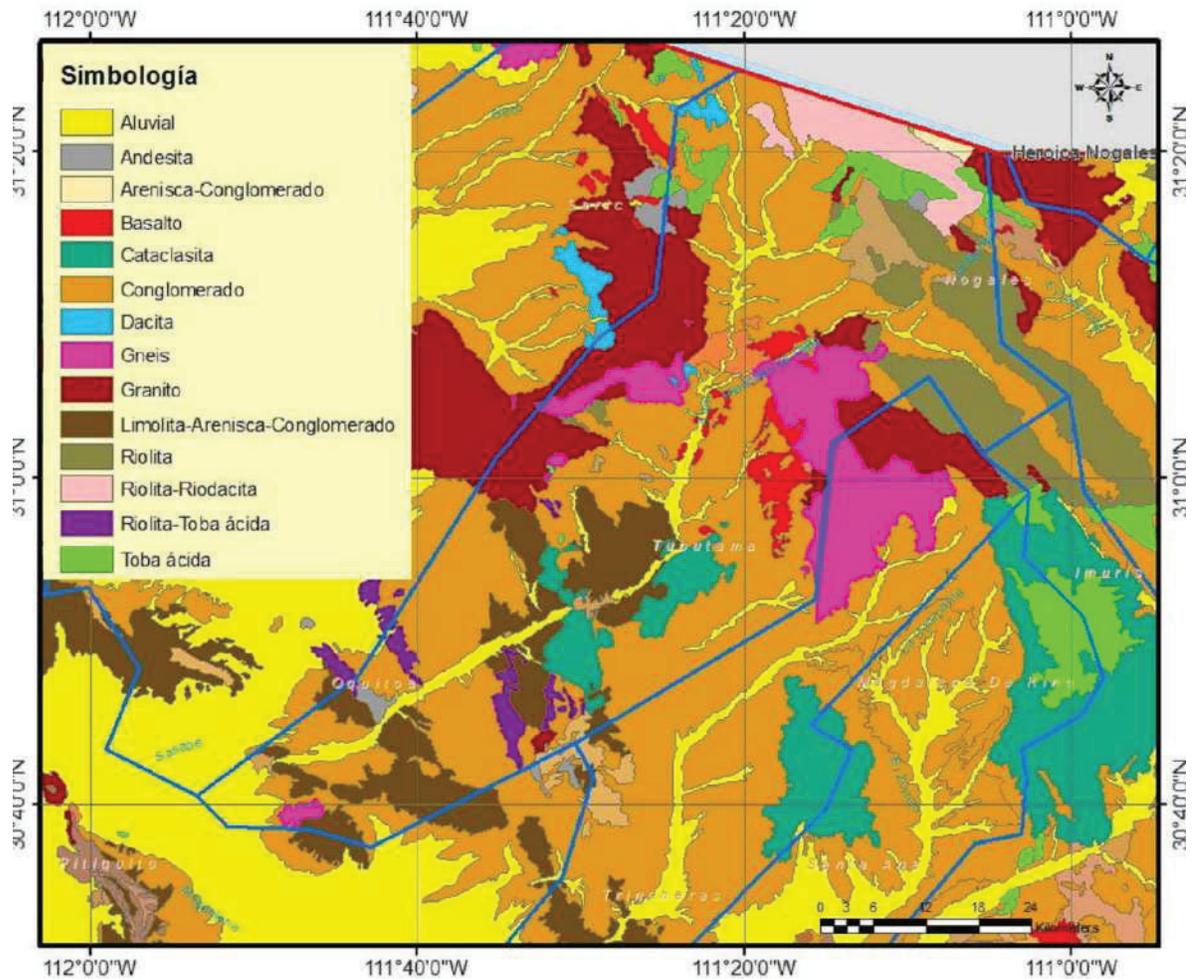


Figura 4. Mapa Geológico

4.5. Geología del subsuelo

De acuerdo a los estudios Geológicos que se han realizado en la zona de estudio (TMI, 1975), sobresalen las siguientes unidades:

- Depósitos Aluviales
- Caliza, Dolomita y Conglomerados Calcáreos
- Sedimentos Arcillosos

Depósitos Aluviales:

Esta unidad corresponde a los depósitos aluviales del Cuaternario y constituyen los rellenos del Valle. Consisten de boleos, gravas, arenas, lentes de arcilla y limos.

La distribución de estos sedimentos en el subsuelo, presentan variaciones laterales de facies, existiendo depósitos limo-arcillosos con poco contenido de gravas que lateralmente cambian a arenas, gravas y boleos exentos de estos materiales limosos.

Caliza, Dolomita y Conglomerados Calcáreos:

Esta unidad corresponde a las rocas más antiguas de la región estudiada, pues su edad se le asigna al Paleozoico.

Constituye en general, una serie de rocas calizas con pedernal, calizas y areniscas, dolomitas, rocas intrusivas y metamorfizadas con sedimentos de conglomerado calcáreo. Esta unidad forma probablemente el basamento regional del Valle de Caborca en general.

Sedimentos Arcillosos:

Estos sedimentos, se encuentran constituidos por tres cuerpos de arcillas, con diferentes características físicas que las difieren entre sí. Estas arcillas son: un cuerpo de arcilla amarilla compacta y plástica, que generalmente se encuentra

exenta de materiales plásticos mayores, como arenas y gravas; una arcilla arenosa de color marrón con poca grava, compacta y plástica y, por último, una arcilla arenosa color gris azul con intercalaciones de gravilla y grava (TMI, 1975).

Estos sedimentos arcillosos en conjunto, se encuentran por debajo de los materiales aluviales; y se encuentran descansando sobre el lecho rocoso formado por rocas intrusivas o metamórficas.

5. Hidrogeología

5.1 Hidrografía

En el área existe una serie de corrientes intermitentes y un cuerpo principal de agua superficial que constituye la presa Cuauhtémoc. La principal corriente superficial la forma el río Altar, que tiene su origen en las cercanías de la frontera con Estados Unidos de Norteamérica, este cauce atraviesa la zona de norte a sur, donde en las proximidades de la presa Cuauhtémoc cambia de dirección noreste-suroeste, el río en su curso atraviesa la población de Altar, saliendo de la zona, prácticamente en las inmediaciones de esta población como se aprecia en la figura No. 1, para posteriormente integrarse al río Magdalena, punto a partir del cual el río Magdalena toma el nombre de río Asunción que a su vez es tributario del río Concepción. El régimen del río Altar es de tipo torrencial, su cuenca drena una porción del desierto del mismo nombre, con una topografía ligeramente accidentada al noroeste del estado de Sonora.

Entre los arroyos que son tributarios del río Altar en la zona, se pueden citar al arroyo El Encimadito, El Silencio, Planchas de Plata, Sotolito y Guadalupe, este último se integra al río Altar después de la presa Cuauhtémoc.

De acuerdo con los criterios de la hidrología superficial, el acuífero Río Altar pertenece a la Región Hidrológica No. 8 Sonora Norte. Pertenece a la Subregión 8 B, Río Concepción. Cuenca del Río Concepción.

En la zona se encuentra la presa Cuauhtémoc sobre el río Altar, se localiza a 8 km arriba de la población de Atil, su cortina es de materiales graduados, la elevación al NAME de este almacenamiento es 597.36 m, con una capacidad de 65 hm³, su objetivo es regular el régimen de la corriente para apoyo del riego y control de las avenidas.

En el área que cubre el acuífero se asienta el Distrito de Riego 037 Altar-Pitiquito-Caborca.

5.2 Tipo de acuífero.

La interpretación y análisis de la información disponible determina que el acuífero se encuentra contenido principalmente en materiales granulares no consolidados, comportándose como un acuífero libre.

Subyaciendo a las capas granulares, se encuentran estratos de conglomerados no consolidados que representan la segunda unidad hidrogeológica de interés.

Debido a la probable presencia de capas arcillosas entre estos dos materiales, el acuífero contenido en esta última unidad, muy probablemente funcione localmente como acuífero semiconfinado.

5.3. Piezometría

Con base en la información disponible en el área del acuífero primeramente se distinguió entre los diferentes comportamientos de niveles.

Una vez analizada la piezometría, fue posible separar aquellos pozos que muestran el comportamiento típico del acuífero superior, apoyado principalmente en norias y pozos someros, así como en la freaticimetría de la parte Alta y Media de la cuenca del Río Concepción.

Igualmente se seleccionó una muestra representativa de pozos que bombean el acuífero regional y que muestran un comportamiento característico, a esta se le denominó Red de Monitoreo Piezométrico.

Para obtener la red de monitoreo se discretizó el área con un mallado que se fue ajustando, de acuerdo con la cantidad y calidad de la información piezométrica.

5.4. Comportamiento Hidráulico

El análisis del comportamiento hidráulico del almacenamiento subterráneo comprende las configuraciones del nivel estático.

5.4.1. Profundidad al nivel estático

Mediante el estudio realizado al acuífero Río Altar se observó que los valores más someros de la profundidad al nivel estático se registran en la parte media-baja del área, en la porción sur del acuífero con 3 m de profundidad; mientras que los más profundos se presenta en la parte media del acuífero entre las localidades de Cerro Prieto y el Sáric, con 39 m de profundidad, siendo ésta última la zona de mayor extracción de agua para uso agrícola, principalmente en las localidades El Potreo, El Carmen y Átil.

En general, la profundidad al nivel del agua subterránea en la mayor parte del acuífero varía entre 10 y 30 m.

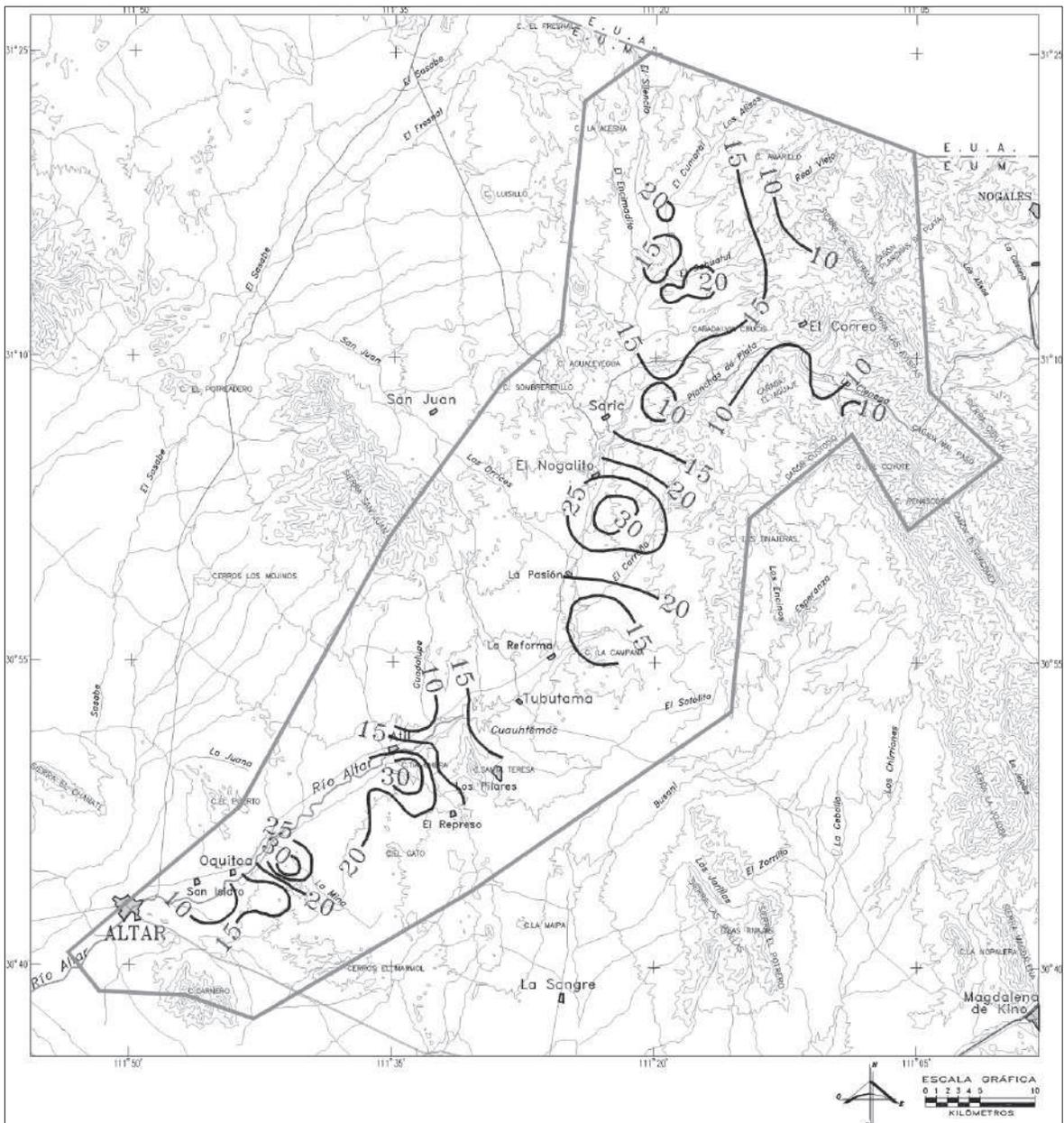


Figura 5. Curvas de igual profundidad al nivel estático

5.4.2. Elevación del nivel estático

La máxima elevación del nivel estático se tiene en la parte alta al noroeste del acuífero con 1231 msnm; mientras que la mínima se presenta en la parte baja al suroeste del mismo con 435 msnm.

A partir de la configuración de la elevación del nivel estático en el acuífero, se establece que las direcciones del flujo subterráneo presentan dos direcciones importantes; la primera es norte a sur en la porción alta del acuífero, y la segunda del noreste hacia el suroeste, en su porción baja, a la altura del poblado Tubutama.

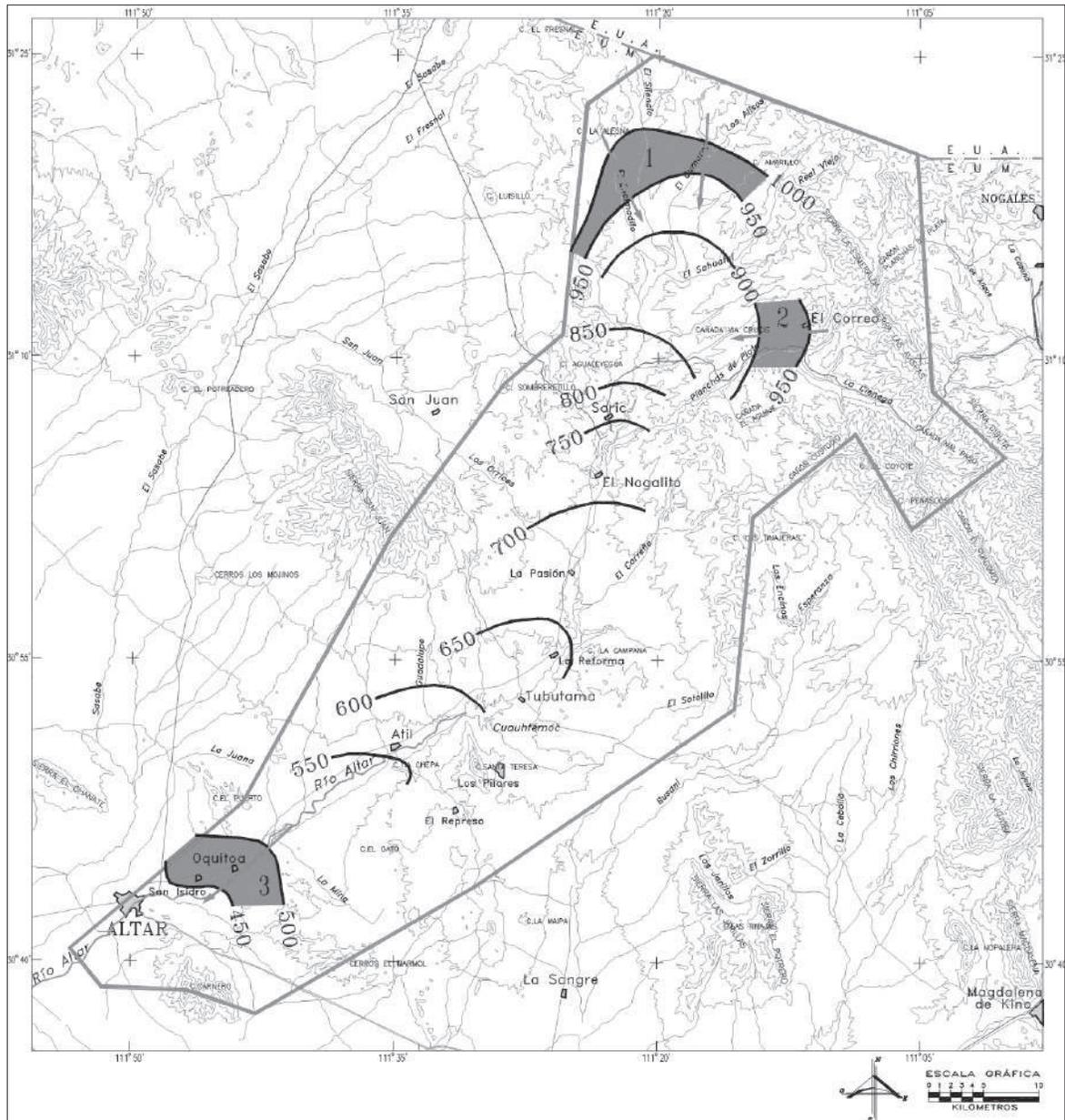


Figura 6. Curvas de igual elevación del nivel estático

5.4.3. Evolución del nivel estático

No se dispone de una historia piezométrica; sin embargo, de la configuración de elevación del nivel estático, se deduce que no se registran conos de abatimiento ocasionado por la concentración del bombeo.

6. Análisis del proyecto

6.1. Análisis de la experiencia adquirida durante la realización de las prácticas profesionales

Esto fue de gran ayuda para mí, ya que como estudiante de Geología, me permitió estar en contacto con un ambiente real de trabajo hacia un área que me interesa, y que además, es de gran importancia dentro de una comunidad, ya que brinda muchos servicios y me permitió experimentar de primera mano cómo aplicar los conocimientos teóricos obtenidos durante mi formación profesional al área laboral y de esa forma ayudar a la creación de algo importante a mi parecer, como fue ayudar en la formación de esta base de datos y caracterización Geohidrológica.

6.2. Análisis general del proyecto

Las prácticas profesionales me dejaron una gran experiencia, a conocer cómo se labora en un área de servicio, relacionada con la carrera de Geología. Trabajar en este proyecto, fue muy enriquecedor en lo personal y laboral, no solo ayuda a desarrollar conocimientos y aptitudes, también enseña a tener mejor trato las personas, colegas, superiores, etc.

El equipo de trabajo es pequeño, pero siempre estuvieron dispuestos a ayudarme en la realización de las actividades, siempre dispuestos a ayudar en el desarrollo de mis capacidades.

6.3. Análisis de los objetivos de las prácticas profesionales

El objetivo de las prácticas profesionales, es conocer cómo desarrollarse en el mundo laboral, ganar conocimientos y desarrollar aptitudes que servirán en el futuro laboral y vivir en la sociedad.

No es posible saberlo todo, cada área tiene su especialidad, pero aún así todas ellas se relacionan entre sí, por eso creo que durante la realización de estas prácticas profesionales me ha ayudado más que solo académicamente, también a desarrollarme como persona.

6.4. Análisis de las actividades realizadas

Como ya se mencionaron anteriormente, las actividades realizadas que se desarrollaron son constantes, realizadas diariamente, y como practicante se aprende cada día un poco más al realizar cada una de ellas.

La experiencia, en mi opinión, más que globalmente al finalizar el trabajo, se genera día con día, realizando esos pequeños avances, resolviendo esos pequeños o grandes problemas que se van presentando cotidianamente, es ahí cuando nos vamos desarrollando, que vamos puliéndonos profesional y personalmente, esos pequeños logros son los que al final dan la base de cosas más grandes.

6.5. Análisis de la metodología utilizada

Las líneas metodológicas utilizadas durante las prácticas fueron bastante sencillas, en mi caso; por otro lado, toda esa teoría que se ve en clases, sin ninguna práctica real fue por fin utilizada, ayudando a mejorar la confianza y pulir nuestras habilidades, pienso que no hay mejor forma de aprender algo que mediante la práctica.

7. Conclusiones

Las prácticas profesionales me han dejado una gran experiencia en cómo se desarrolla el trabajo en el ámbito profesional y mucho aprendizaje, en distintos ámbitos del área de Geología; aprendí mucho sobre cómo solucionar problemas, que solo llevándolos a la práctica se pueden resolver, tengo una noción muy diferente, a cuando entré al área de estudios.

Siento que adquirí experiencia en cómo desarrollarte en un ambiente laboral, y en el trato con las personas. Y ahora me doy cuenta que el trabajo en equipo y la comunicación lo es todo para una empresa.

Durante los dos meses que duraron las prácticas profesionales, apique varios conocimientos teóricos que aprendí durante mi formación en la carrera de Geología, también aprendí varias cosas nuevas, cosas que solo se aprenden de la práctica y de cometer muchos errores; pude complementar y fortalecer los conocimientos que adquirí por medio de los maestros en la universidad de sonora, creo que eso es lo más importante de toda mi experiencia, eso es lo que más aprecio después de terminar las prácticas profesionales.

Bibliografía

- Benitez A., "Captación de Aguas Subterráneas", Ed. Dosat, (1972).
- C.F.E., "Geohidrología", Tomo A.1.1.2, (1983).
- Comisión Nacional del Agua, período 1931-1990. Integración de la lluvia normal anual de la República Mexicana.
- Comisión Nacional del Agua, Sistema de Información Geográfica del Agua Subterránea (SIGMAS).
- Eva Lourdes Vega-Granillo, Samantha Cirett-Galán, María Luisa de la Parra-Velasco y Raúl Zavala-Juárez Hidrogeología de Sonora, México Carta Geológico-minera Altar H12-A67
- Gerencia Estatal en Sonora de la Comisión Nacional del Agua "Estudio Geohidrológico del Acuífero de Caborca", (1975).
- INEGI, "Cartas Topográficas, Hidrológicas, Climatológicas, Geológicas y el Anuario Estadístico del Estado de Sonora"
- INEGI, Estudio Hidrológico del Estado de Sonora, Río Altar
- Linsley, Kohler y Paulus, "Hidrología para Ingenieros", Me. Graw Hill (1988).
- Lohman S.W., "Hidráulica Subterránea", Ed. Ariel. (1977).
- M. Mejías, J.L. Plata, B. Ballesteros, J. López y M. Marina METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE FORMACIONES ACUÍFERAS PROFUNDAS. APLICACIÓN AL ACUÍFERO REGIONAL DEL MAESTRAZGO Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, España
- Stanley N. Davis y Roger J.M. de Wiest, "Hidrogeología", Ed. Ariel, (1971).
- Universidad de Sonora, Departamento de Geología, 2004. Actualización de los Datos de la Red de Medición Piezométrica de los Acuíferos: Río Altar, Arroyo Seco, Busani, Coyotillo, La Tinaja, Magdalena y Río Alisos.
- VIRAMONTES OLIVAS Oscar A., PINEDO ÁLVAREZ Carmelo, M. REYES GÓMEZ Victor, MUÑOZ ROBLES Carlos A. y NUÑEZ LÓPEZ Daniel CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA E HIDRODINÁMICA DE LA SUBCUENCA SAN PEDRO DENTRO DEL COMPLEJO HIDROLÓGICO DEL RÍO CONCHOS.