



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

“EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD
HIDROGEOLÓGICA DE LOS HUMEDALES
DEL SOCONUSCO, CHIAPAS”

TESIS

Que para obtener el grado de

INGENIERA GEÓLOGA

presenta

SELENE OLEA OLEA

Director de tesis. Ing. Alberto Arias Paz

MÉXICO, D.F

2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

I. Introducción	1
1.1 Localización	6
1.2 Objetivos	8
1.2.1 Objetivos generales	8
1.2.2 Objetivos particulares.	8
II. Métodos de trabajo.....	10
2.1 Recopilación Bibliográfica.....	10
2.2 Trabajo de Campo	13
2.3 Trabajo de Gabinete	15
III. Marco Físico.....	17
3.1 Región Fisiográfica	17
Vegetación 3.2.1	20
3.2.2 Temperatura media anual.....	21
3.2.3 Precipitación media anual	22
3.2.4 Evapotranspiración potencial media anual	23
3.3 Hidrografía	25
3.3.1 Región hidrológica.....	26
3.3.2 Cuenca de costa de Chiapas	28
III. Geología.....	31
4.1 Rasgos geológicos principales.....	31
4.2 Marco Geológico Regional	31
4.3 Evolución Geológica de la zona de estudio.....	36
4.4 Rasgos estructurales principales.....	42
4.5 Datos Geológicos tomados en campo	44
V. Geofísica.....	46
5.1 Métodos Geofísicos de Exploración.....	46
5.2 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's)	47
5.2.1 Arreglo Schlumberger.....	48
5.3 Metodología.....	50
5.4 Resultados	50
5.4.1 Integración de datos	52
VI. Hidrogeología.....	54
6.1 Tipo de acuífero.....	54
6.2 Situación administrativa del acuífero	55
6.2.1 Usos del Agua Subterránea	56
6.2.2 Usos constitutivos en la zona de Estudio a nivel municipal	59
6.3 Unidades Hidrogeológicas.....	59
6.4 Elevación del Nivel Estático	60
6.6 Red de flujo subterráneo.....	71
6.7 Parámetros hidráulicos del acuífero	74
6.7.1 Prueba de bombeo a caudal constante.....	74
6.7.2 Interpretación de pruebas de bombeo a caudal constante.....	75
6.8 Calidad del agua del acuífero	80
6.8.1 Temperatura	83

6.8.2 Tipos de Agua	83
6.8.3 Sólidos Totales Disueltos.....	86
6.9 Modelo hidrogeológico conceptual	88
6.9.1 Descripción del Modelo hidrogeológico conceptual	89
6.10 Balance de Aguas Subterráneas	93
Definición del balance de aguas subterráneas.....	93
6.10.1 Entradas.....	95
6.10. 2 Salidas	97
6.10.3 Cálculo del balance hidrogeológico	100
6.10.4 Cálculo de disponibilidad	102
Aplicación y resultados del BAS	102
VII. Geoestadística	102
7.1 Descripción Geoestadística	102
7.1.2 Análisis de Datos	103
7.1.3 Análisis exploratorio de los datos	104
7.1.4 Análisis estructural.....	105
7.2 Análisis geoestadístico de los datos	113
7.2.1 Ajuste del modelo	113
7.2.2 Predicciones	115
7.3.1 Histogramas	117
7.3.2 Variograma Experimental.....	118
7.3.4 Kriging Ordinario.....	125
7.3.5 Análisis de Resultados	127
7.4 Análisis geoestadístico de Sólidos Totales Disueltos.....	127
7.4.1 Histogramas	127
7.4.2 Variograma Experimental.....	129
7.4.4 Kriging Ordinario.....	137
7.4.5 Análisis de Resultados STD.....	139
VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco.....	139
8.1 Humedales	139
8.2 Importancia de los Humedales	139
8.3 Amenazas a los Humedales Costeros	142
8.4 Humedales RAMSAR	143
8.6 Sustentabilidad	148
IX. Conclusiones y recomendaciones.....	160
9.1 Conclusiones	160
9.2 Recomendaciones	163
ANEXOS	164
Anexo 4.5. Afloramientos Geológicos	164
Anexo 5.3 Datos SEV´s.....	173
Anexo 6.4 Inventario de puntos de Agua	186
Anexo 6.7.1 Datos prueba de Bombeo.....	229
Anexo 8.1 Fotografías de los Humedales del Soconusco	230
REFERENCIAS	238

I. Introducción

El agua, constituye el líquido más abundante en la tierra, y es esencial para la vida. La distribución de ésta en el planeta es la siguiente: océanos y mares 97%, nieves y glaciares 2.4 %, atmósfera 0.001%, lagos, ríos y agua subterránea 0.6 %.

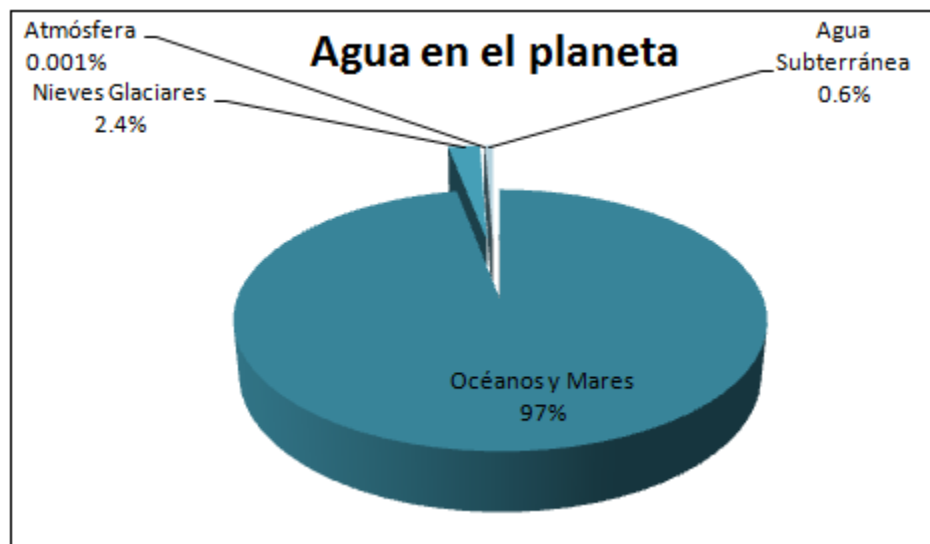


Figura 1 Distribución del agua en el planeta (Unidad Ecológica Salvadoreña, 2012)

Del agua subterránea únicamente es posible utilizar el 3 %, del cual 14% se destina a las industrias, 80 % a la agricultura y ganadería, y sólo 6 % para el consumo humano.

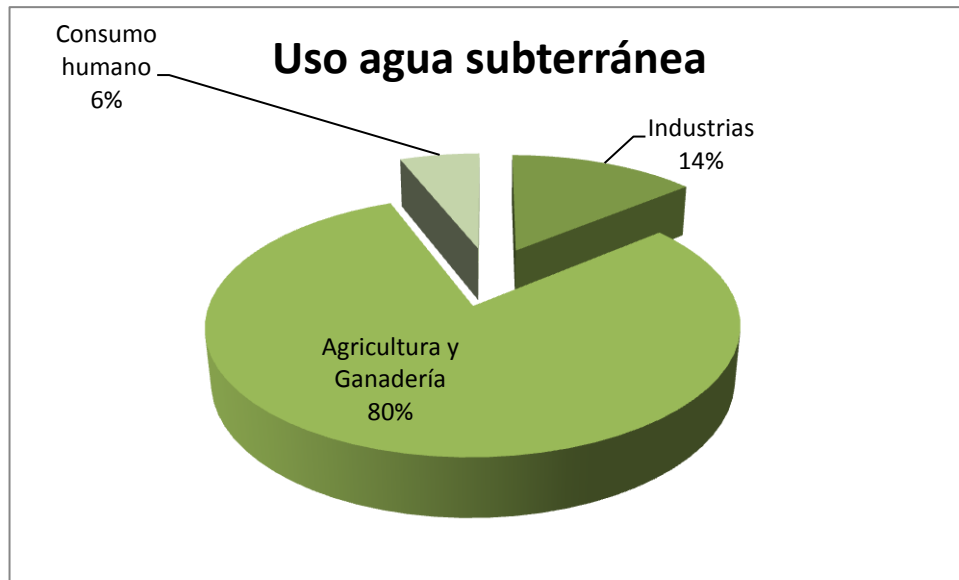


Figura 1(2) Usos del agua subterránea (Unidad Ecológica Salvadoreña, 2012)

En la actualidad el estudio del agua subterránea es de gran importancia, debido que de los acuíferos se extrae la mayor cantidad de este recurso para el consumo humano, siendo la relación 70% de agua subterránea y 30 % de agua superficial, por lo que es nuestro deber investigar, analizar, conocer sus características y las del medio por el que fluye, para así lograr una mejor gestión de este recurso.

Este trabajo se enfoca a los humedales, que son superficies caracterizadas por estar permanente o temporalmente inundadas con aguas poco profundas corrientes o estancadas, que pueden ser dulces, salobres o salinas, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. Biológicamente, son considerados como los ecosistemas de mayor riqueza natural existente.

Algunas zonas no inundadas pueden considerarse como humedales debido a las condiciones de saturación que prevalecen (IWA, 2000). La **Figura 1(3)** muestra los componentes que generalmente se encuentran en los humedales naturales.

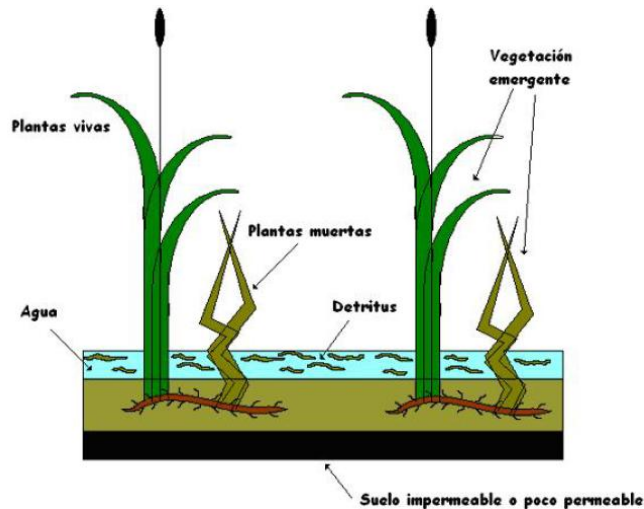


Figura 1(3) Componentes principales de un humedal natural (adaptada de IWA, 2000)

Se consideran humedales a las marismas, pantanos, vegas, salares y turberas. Estos ocupan las zonas de transición entre ambientes permanentemente húmedos y los siempre secos, compartiendo características de ambos ambientes. Son territorios donde el nivel freático está al mismo nivel o cercano de la superficie, o donde el terreno está cubierto por una lámina de agua poco profunda.

Algunas de las particularidades de los humedales son: almacenar agua, protección contra tormentas, mitigación de inundaciones, estabilización del litoral y control de la erosión,

recarga y descarga de acuíferos, purificación de las aguas mediante; retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes, estabilización de las condiciones climáticas locales, principalmente la precipitación y la temperatura.

Sus valores económicos son: abastecimiento de agua, pesca, agricultura, producción de madera, recursos energéticos como turba y material vegetal, posibilidades recreativas, turismo y refugio a especies silvestres.

Dentro de la amplia diversidad de humedales existentes en el planeta, hay algunos que tienen mayor importancia ecológica e hidrogeológica.

La **Figura 1(4)** muestra los sistemas de flujo del agua subterránea y su relación con el medio y las expresiones de la superficie, como son los humedales y manantiales.

SISTEMA DE FLUJO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

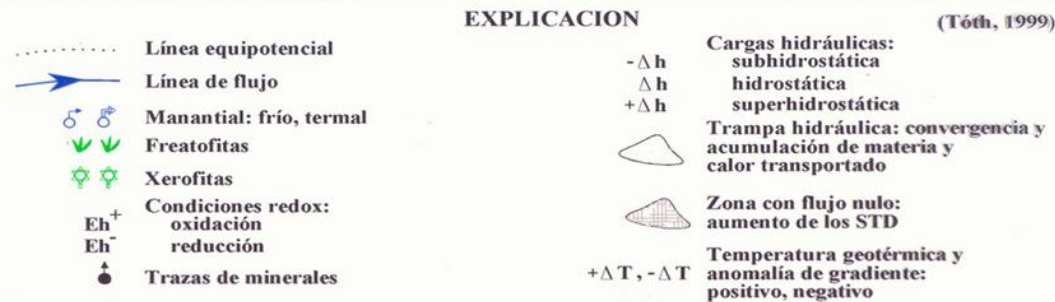
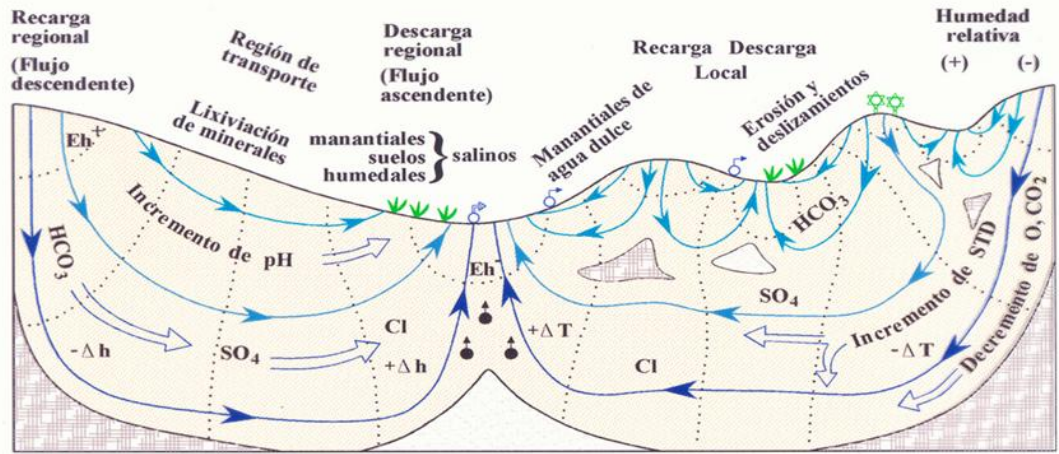


Figura 1(4) Funcionamiento hidrodinámico. (Toth, 1999)

Debido a las características que representan los humedales, es esencial preservar el sistema hidrogeológico que les da sustento. Por lo que es necesario realizar un modelo geológico e hidrogeológico conceptual para comprender el sistema. El componente hidrogeológico nos permitirá evaluar los volúmenes de agua subterránea que dan sustento a los humedales, así como la posible interacción con las aguas superficiales.

México se ubica en el cuarto lugar entre los países megadiversos del mundo, junto con Brasil, Colombia e Indonesia. (Mittermeier y Goettsch de Mittermeier, 1992).

En el caso de México, Chiapas tiene una gran riqueza de humedales, por lo que es de gran importancia realizar estudios a este tipo de ambientes, como el de la zona del Soconusco,

estos nos apoyaran en realizar una gestión adecuada para preservar sus funciones, así como su valor económico.

La zona de estudio, comprende la Reserva de la Biosfera, La Encrucijada, la cual está constituida por humedales.

Los humedales costeros, también llamados manglares, ocupan un papel ecológico y económico de gran importancia, reconocido internacionalmente.

Los humedales, se encuentran en la zona de transición entre el ecosistema terrestre y marino, están conformados por formaciones vegetales, conocidas como mangle, que es un árbol o arbusto con ramas descendentes que llegan al suelo y arraigan en él, las cuales son resistentes a la salinidad del agua (CONABIO. 2008).

1.1 Localización

La zona de estudio se encuentra al sureste de la República Mexicana (**Figura 1.1**), en la parte Suroriental del Estado de Chiapas, entre las coordenadas UTM: 500000 a 585000 m E y 1650000 a 1715000 m N, cubriendo una superficie aproximada de 3,900 km² la cual se muestra en la **Figura 1.1.2**. La delimitación de la zona se hizo en base a la subdivisión de tres cuencas hidrológicas que corresponden a los ríos: Cintalapa, Vado Ancho, Despoblado y Huixtla.

El acceso a la zona de estudio desde La Ciudad de Tuxtla Gutiérrez es desde la carretera federal No. 190 hasta interceptar con la carretera Costera/ Carretera Federal No. 200, que conduce a la zona costera de la entidad. **Figura 1.1.3** muestra las vías de acceso.

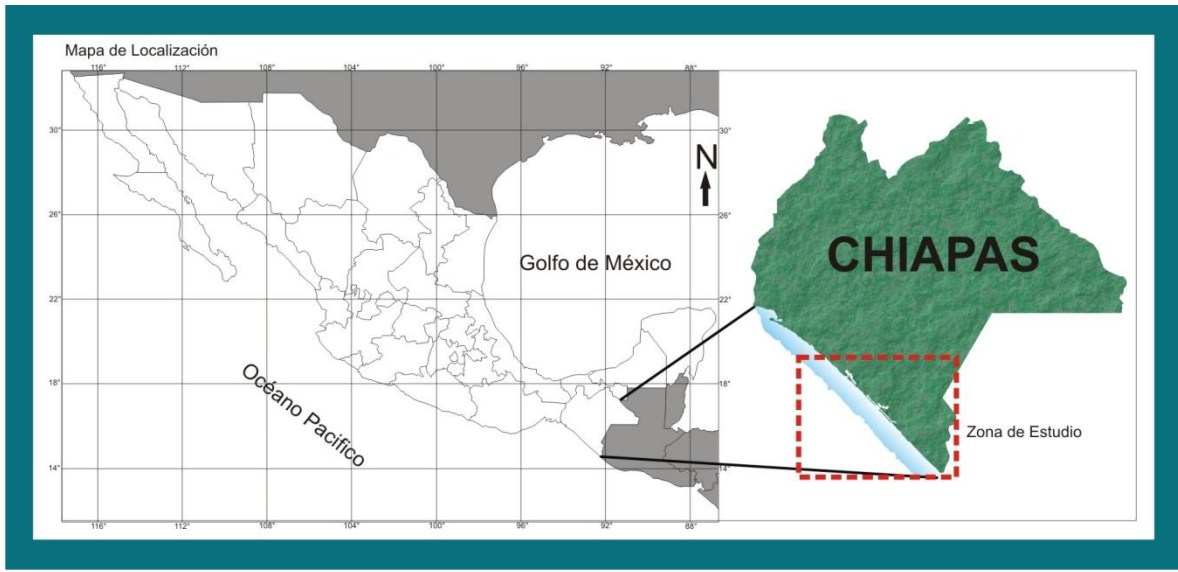


Figura 1.1 Localización Estado Chiapas

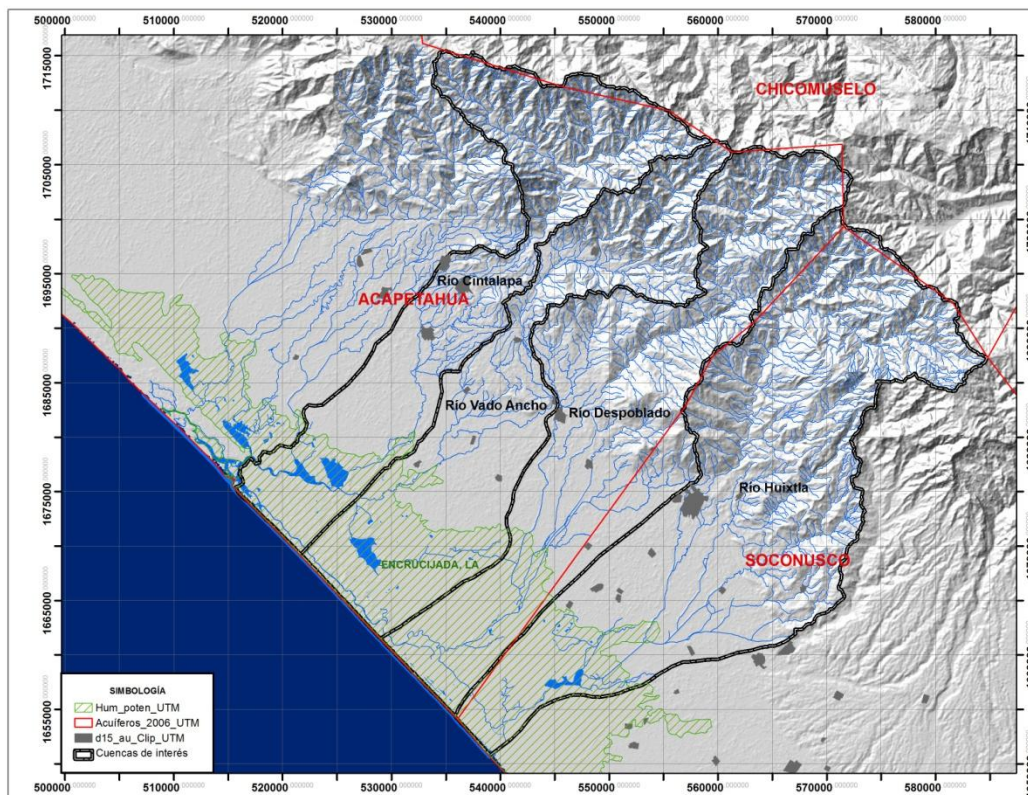


Figura 1.1.2 Zona de estudio.

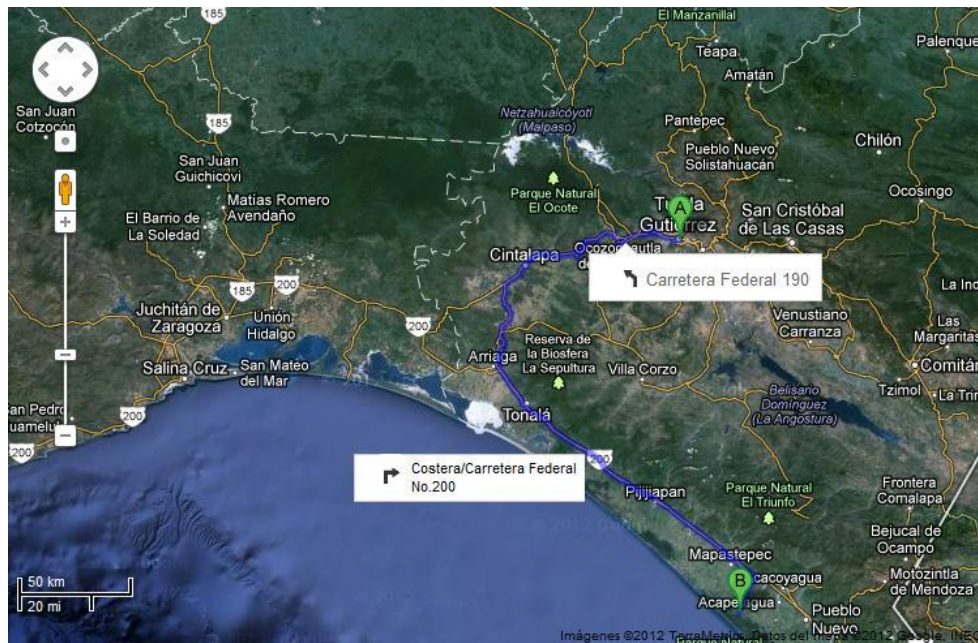


Figura 1.1.3 Vías de acceso.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos generales

Establecer la relación existente entre los humedales del Soconusco, Chiapas y los acuíferos, para determinar si los acuíferos alimentan a la zona de humedales en tiempos de estiaje.

1.2.2 Objetivos particulares.

- Crear el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico en la zona de humedales.
- Identificar los riesgos ambientales que afecten la sustentabilidad de los humedales.

- Establecer los mecanismos de interacción del agua superficial y subterránea en la zona del Soconusco.
- Determinar los componentes del balance hidrogeológico en la zona de los humedales.
- Proponer un programa de protección para la sustentabilidad de los humedales.

II. Métodos de trabajo

En este capítulo se presenta el método de trabajo aplicado para el desarrollo de esta tesis. Las principales actividades que se realizaron para la elaboración de este trabajo, se mencionan a continuación; consulta de información bibliográfica, análisis geoestadístico, evaluación geológica, análisis hidrogeológico, trabajo de campo y trabajo de gabinete. Cuya importancia es primordial para poder evaluar la conexión que existe entre la zona de humedales y los acuíferos y con ello determinar la sustentabilidad de la zona de humedales.

2.1 Recopilación Bibliográfica

Se consultarán diferentes estudios previos correspondientes a la región de la costa del Soconusco, Chiapas.

Para describir el Marco Físico, se examinarán diferentes informes de los Acuíferos de Acapetahua y Soconusco de la CONAGUA. Se consultó información referente al clima, precipitación, evapotranspiración, región hidrológica, hidrografía, infraestructura hidráulica. Se seleccionaron los datos que corresponden al área de estudio, estos se tomaron de las siguientes fuentes; CONAGUA, 2002; CONAGUA, 2009; González Guzmán E., 2005; IMTA, 1996; Sánchez Camacho, 2012; SRH, 1975.

La Geología se evaluó mediante la consulta de diferentes artículos, sobre los estudios más recientes de la Geología de Chiapas, rescatando información sobre su evolución, las unidades que se encuentran aflorando en la zona de estudios, características y edades de estas unidades. Así mismo como los rasgos estructurales regionales, que son los sistemas de

Fallas Polochic-Motagua (Witt, C., Rangin, C., Andreani, L., Olaez, N y Martínez, J., 2011; Mora, J. C et al. (2007)). y las Fallas locales como la Falla El Retiro. Se obtuvo información del Atlas de riesgos de Huixtla, en donde se describe el sistema de fallas locales asociadas a la Falla El Retiro (Navarro Villalpando, Ma. G., Zárate Castillo, M., Rafael Fernandez J. A., 2006; Suárez Díaz, J., 2006). Se realizó una selección de los diferentes enfoques referentes al tema el triple punto de unión difuso que se da entre las Placas de Norteamérica, Cocos y Caribe, esto debido a que existen diferentes artículos recientes, donde discuten si existe o no este punto de unión (Morán-Zenteno, D., Keppie, D., Martiny, B., y González-Torres, E., 2009; Witt et al. (2011)).

El mapa geológico se elaboró por medio del programa CorelDRAW, con la ayuda de las cartas Geológico-Mineras del Servicio Geológico Mexicano, con clave D15-2 Huixtla y D15-5 Tapachula, escala 1: 250, 000, también se usaron los mapas topográficos de INEGI, cartas D15-2 Huixtla y D15-5 Tapachula, escala 1:250,000. Se usaron los datos observados en campo para corroborar las unidades aflorando en la planicie costera. Para realizar las secciones geológicas, se usaron los modelos digitales de elevación del INEGI, claves D15-2 y D15-5, escala 1:250, 000, las secciones se realizaron con la ayuda del programa Global Mapper, para darles forma y marcar las unidades se uso CorelDRAW. Para determinar la profundidad a la que se encuentra el basamento y los depósitos aluviales, se consultó el Estudio Físico e Hidrogeoquímico en el Acuífero de Acapetahua, Estado de Chiapas de la Dra. Birgit Steinich e Ing. Eva Sánchez Ramírez, UNAM.

Para la Geofísica se revisaron diferentes informes y artículos en donde se han realizado estudios Geofísicos cercanos a la zona de estudio y dentro de esta, se usaron datos de interpretación de registros eléctricos verticales de tipo “Schlumberger”, tomados de Steinich B. y Sánchez E., (1998).

Los datos obtenidos de dichos informes se usaron para elaborar el mapa de isoclinas de profundidad del basamento, el mapa elevación del Nivel Estático, y datos para configurar la red de flujo.

En la **Tabla 2.1**, se muestran los documentos consultados, que tienen mayor importancia para la realización de este trabajo.

Título	Autor	Año	Objetivo
Estudio Físico e Hidrogeoquímico en el Acuífero de Acapetahua, Estado de Chiapas	Steinich Birgit y Sánchez Ramírez Eva	1998	Obtener estudios geofísicos del acuíferos, y las secciones geoelectricas.
Actividades de carácter geohidrológico en la zona de Tonala-Acapeahua, Chiapas	Geocalli, S. A	1981	Obtener la configuración de la elevación del nivel estático de 1981, para realizar comparaciones con la actual.
Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, Acuífero (0709) Acapetahua, Estado de Chiapas	CONAGUA	2009	Comparar información de el marco físico del acuífero, con otros informes encontrados
Carta Geológica-Minera Huixtla	SGM		Observar las unidades litológicas y su distribución.
The Theory of Regionalized	Matheron, G.	1971	Usaar los métodos

Variables and its Applications.			geoestadísticos para el análisis de datos obtenidos en campo.
---------------------------------	--	--	---

Tabla 2.1 Referencias principales consultadas

2.2 Trabajo de Campo

El trabajo de campo consintió en realizar un censo de pozos en la zona de la costa del Soconusco, en los municipios de Acapetahua, Villa Comaltitlán, Huixtla y Mazatán. Se realizaron recorridos por los diferentes poblados de la zona, censando 43 pozos, de las casas y rancherías. Se utilizó una Sonda Piezométrica con la que se midió; nivel estático, nivel dinámico y se realizó una prueba de bombeo a caudal constante de larga duración, se midió la conductividad eléctrica con una Sonda Multiparamétrica, en microSiemens y miliSiemens. Con un flexómetro se tomaron los datos del diámetro de tubería, de descarga, la tubería de succión, y altura del brocal. Mediante un Posicionador Global de Satélite (GPS) se tomaron las coordenadas del lugar. Se lleno un formato que se muestra en la **Figura 2.2**, donde se tomaron datos como; naturaleza del punto: (noria, pozo entubado, pozo inactivo, otro), profundidad del pozo, tipo de bomba, uso de la captación, dirección, propietario, poblado, se tomaron fotografías y se realizó un esquema del pozo.

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:				CLAVE REPDA	
ESTADO				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO				MAPA TOP.	
POBLADO					
ACUIFERO CONAGUA				COORDENADAS X	
PROPIETARIO				UTM (GPS) Y	
DIRECCION				ELIP. WGS84 Z	
NATURALEZA DEL PUNTO					
NORIA		POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO	
				OTRO	
USO DE LA CAPTACION					
AGRICOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL	
				DOM. OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)					
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL		Si No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA (m)		Caract. Constructivas	
		PNE PND		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m		Ensayo de bombeo/aforos	
SUCCION (m; in)		in		Análisis químico	
DIAM. TUBERIA		m		Análisis bacteriológico	
DESCARGA (m; in)		in		Hidrógrafo	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL	
REFERENCIA DE PNE/PND					
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACION					
<hr/> <hr/> <hr/>					
FOTOGRAFIAS					
FECHA				CENSÓ	

Figura 2.2. Formato Censo de Pozos

Se recorrió la zona de Humedales, partiendo del embarcadero Las Garzas, se tomaron fotografías de la vegetación y sedimentos, se midió la conductividad eléctrica, en la zona de humedales, en el embarcadero Hueyapan, así como en la Playa Zacapulco.

Se realizó geología de campo en afloramientos próximos a la carretera cerca de Mapastepec, donde se observaron los rasgos y las características estructurales de las rocas, se tomaron datos de rumbo y echado, usado una brújula tipo Brunton, y una faceta estructural, se obtuvieron fotografías. Con el apoyo de una pica y un cincel se obtuvieron muestras de roca (metagranito, metagranodiorita, y granodiorita).

2.3 Trabajo de Gabinete

Una vez obtenida la información se vació en bases de datos que permitió un manejo más adecuado de la misma, se transcribieron todos los datos de censos de pozos, a Excel, se clasificaron por pozos, norias y tipo de agua.

Se llevó a cabo un análisis de los valores obtenidos para el Nivel Estático y para la Conductividad Eléctrica, para esto se usaron los software Variowin, SGeMs y Surfer, se obtuvieron los variogramas, se realizó la interpolación y el método de Kriging, posteriormente se generó la red de flujo.

Se analizaron los datos de los censos de pozos, y los datos obtenidos de los informes de disponibilidad de la CONAGUA, para determinar los valores del Balance General, los cuales son; entradas: entradas subterráneas horizontales, recarga vertical (infiltración de agua de lluvia, retornos por riego, infiltración de escorrentía superficial, recarga artificial),

salidas: salidas subterráneas horizontales, bombeo, evapotranspiración, flujo base o descargas a ríos o arroyos, salidas a manantiales. Se calculó el Balance General para el acuífero de Acapetahua.

Se realizó el cálculo de la cuña salina por medio del método de Ghyben(1989) – Herzberg (1901).

Se desarrolló un modelo conceptual del funcionamiento hidrodinámico del acuífero de Acapetahua, usando herramientas como Google Earth, Surfer y CorelDRAW.

III. Marco Físico

3.1 Región Fisiográfica

La zona de estudio comprende el sureste del Estado de Chiapas, la cual pertenece a la Región Fisiográfica; Llanura Costera del Pacífico. La **Figura 3.1** muestra las regiones fisiográficas de Chiapas.

En esta región destacan elevaciones que van desde los 0-500 metros sobre el nivel del mar (msnm), el suelo de la región se caracteriza por ser profundo y salitroso conforme a su cercanía al mar. En cuanto a la flora es tipo selva mediana caducifolia, aunque actualmente ha sido sustituida, casi en s

u totalidad, por pastizales para el ganado y extensos campos agrícolas. En la zona existe la presencia de un gran ecosistema de manglares en los esteros que van desde Tapachula hasta Tonalá mejor conocida esa zona como Reserva de la Biósfera de la Encrucijada.

Dentro de esta región destaca el sistema hidrológico de la llanura costera, el cual lo constituyen los ríos Suchiate, Cahuacán, Texcuyuapan, Coatán, Cuilco, Huehuetan, Huixtla, Fortuna, Cacaluta, San Nicolás, Novillero, Pijijiapan, Urbina, Ocellapa, Zanatenco, Tiltepec y Lagartero, que en su mayoría son de longitudes cortas, no muy profundos, y la mayoría nace en la Sierra Madre de Chiapas, estos ríos no cuentan con un caudal suficiente para desembocar en el mar, por lo que desembocan en esteros, lagunas, barras, boca - barras. Debido a la poca profundidad de estos, en épocas de lluvia se desbordan. creando riesgos en la zona por inundación (Trejo, 2007).

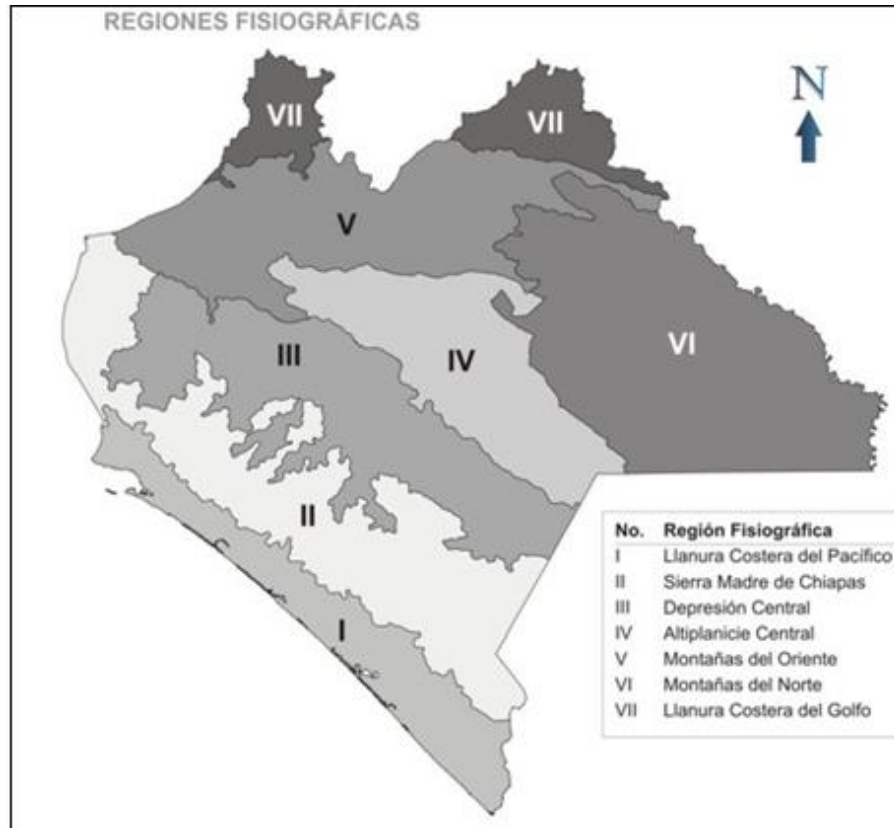


Figura 3.1 Fisiografía de la zona de estudio (Secretaría de Planeación, 2001)

3.2 Clima

Geográficamente, el estado de Chiapas se ubica dentro de la zona tropical, en donde la temperatura promedio en la entidad registrada en los últimos 70 años ha variado de 18°a 27°C. De acuerdo con su configuración orográfica, el clima en Chiapas varía de templado subhúmedo a cálido húmedo con lluvias registradas todo el año (CONAGUA, 2002; CONAGUA, 2009).

Según González Guzmán (2005), el clima húmedo y semicálido, con lluvias todo el año y abundantes lluvias en verano, ocupa superficies de 14.3% y 12.6% del Estado de Chiapas.

Los aspectos fisiográficos y las características climatológicas que prevalecen en la entidad, están interrelacionadas geográficamente y modifican la temperatura y humedad, haciendo que Chiapas carezca de un clima uniforme. Se caracteriza por la variación del mismo, originando con ello la identificación de zonas climatológicas, con distintos comportamientos cíclicos de los diversos elementos atmosféricos que hacen susceptible a inundaciones, principalmente durante los meses de mayo a noviembre en todo el estado particularmente a 72 municipios de las diferentes regiones fisiográficas (González Guzmán, 2005).

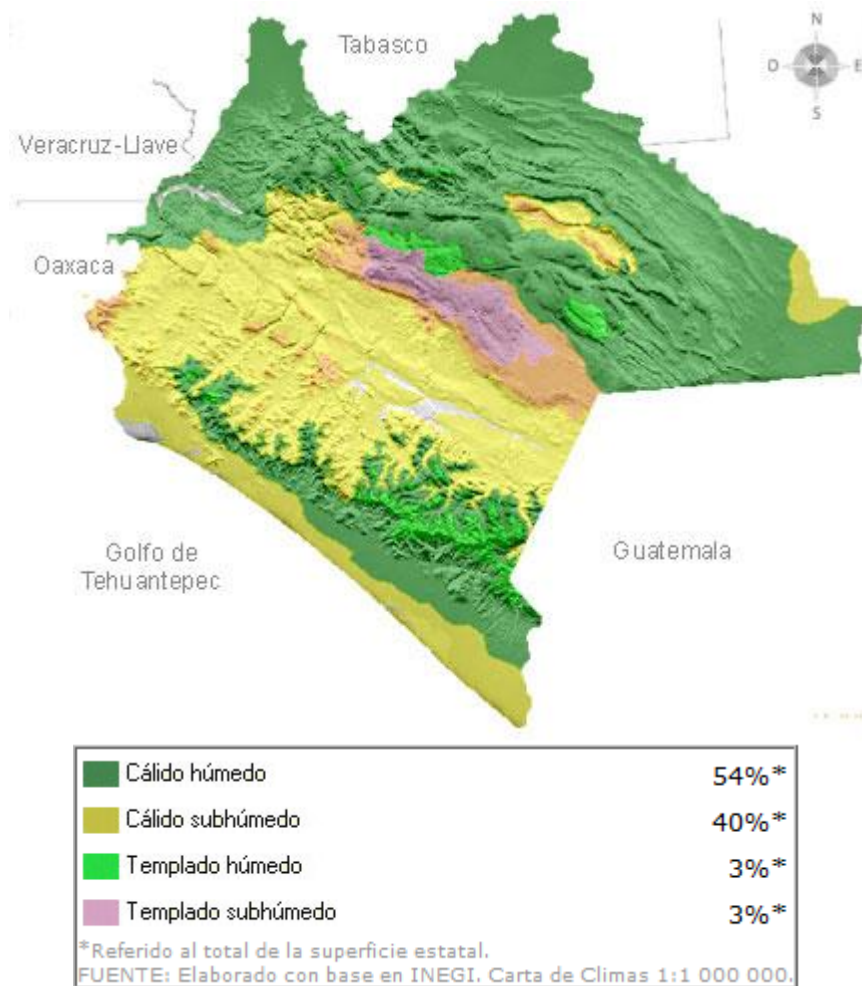


Figura 3.2 Clasificación Climática de Chiapas (INEGI, 2012)

En la zona de estudio prevalece el clima cálido húmedo a subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación invernal entre el 5 y el 10% por ciento.

Esta zona climatológica se extiende en la parte suroriental de la planicie Costera Pacífico y en regiones de hasta 1000 (msnm), pertenecientes a la Sierra Madre de Chiapas.

Su temperatura es tipo Ganges, lo cual significa que el mes más cálido aparece antes del solsticio de verano (CONAGUA, 2002; CONAGUA, 2009).

Vegetación 3.2.1

La vegetación está constituida en partes altas por selva tropical y en la zona cercana a la costa, prevalece una vegetación especial acuática, relacionada con los pantanos, lagunas y manglares, se integra por los siguientes grupos;

Los Palmares (Miranda, 1952; Rzedowski, 1978), predominan la Planicie Costera del Pacífico.

Canacoital (Miranda y Hernández X., 1963), este tipo de bosque se presenta a lo largo ríos de tierras bajas, en aguas de curso lento, en áreas planas periódicamente inundables con agua estancada y pantanos de agua dulce inmediatos al manglar.

Manglar (Miranda, 1952; Miranda y Hernández X., 1963; Rzedowski, 1978), se manifiesta a lo largo de toda la Costa chiapaneca del Pacífico, forma una franja casi continua de bosque bajo condiciones pantanosas salobres. La vegetación es uniforme y densa. Los árboles y arbustos tienen raíces zancudas y hojas simples con cutícula gruesa.

Tular (Miranda y Hernández X., 1963), este tipo de vegetación cubre áreas de agua estancadas.

Matorral de Dunas Costeras (Miranda, 1942), aparece en las porciones arenosas de la costa del Pacífico, las dunas se estabilizan por una asociación herbácea con arbustos dispersos y postrados.

3.2.2 Temperatura media anual

La temperatura en primavera y verano varía entre los 25 y 34 ° C, sin embargo en invierno ésta descende. Las temperaturas máximas se registran en los meses de abril y mayo. La temperatura media anual se estima en 28 ° C (CONAGUA, 2002; CONAGUA, 2009).

En la zona del soconusco, se han reportado los siguientes valores Tabla 3.2.2, los cuales corresponden a medidas medio mensual.

Mes	T (°C)	precipitación (mm)	Evaporación (mm)
enero	27.2	6.5	130.1
febrero	28.9	5.8	136.5
marzo	27.6	15.9	171.4
abril	28.3	59.3	163.4
mayo	29.1	199.2	140.5
junio	28.7	314.9	124.3
julio	28.2	273.9	131.8
agosto	28.1	306.9	126.7
septiembre	27.8	406.9	115
octubre	27.9	206.7	116.4
noviembre	27.9	61.4	109.5
Diciembre	27.6	11.2	120.6

Tabla 3.2.2 Valores de la zona 1977-1997, (ERIC, 1997)

3.2.3 Precipitación media anual

La lámina media anual es de 2660 mm, y se concentra entre los meses de mayo a octubre, en los que llueve el 90% de la lámina anual total, y en el resto de los meses se presentan lluvias menores de forma regular (González Guzmán, 2005).

CONAGUA, (2009) calculó una precipitación media anual de 2989.5 mm, para el acuífero de Acapetahua, el cual abarca la zona de estudio.

El Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) cuenta con estaciones climatológicas, cuyos datos se muestra en la **Tabla 3.2.3**, en donde se pueden observar los valores de la precipitación media (Hp), para las estaciones ubicadas en la zona de estudio.

En la **Figura3.2.3** se muestra una comparación de los valores de la precipitación contra la temperatura.

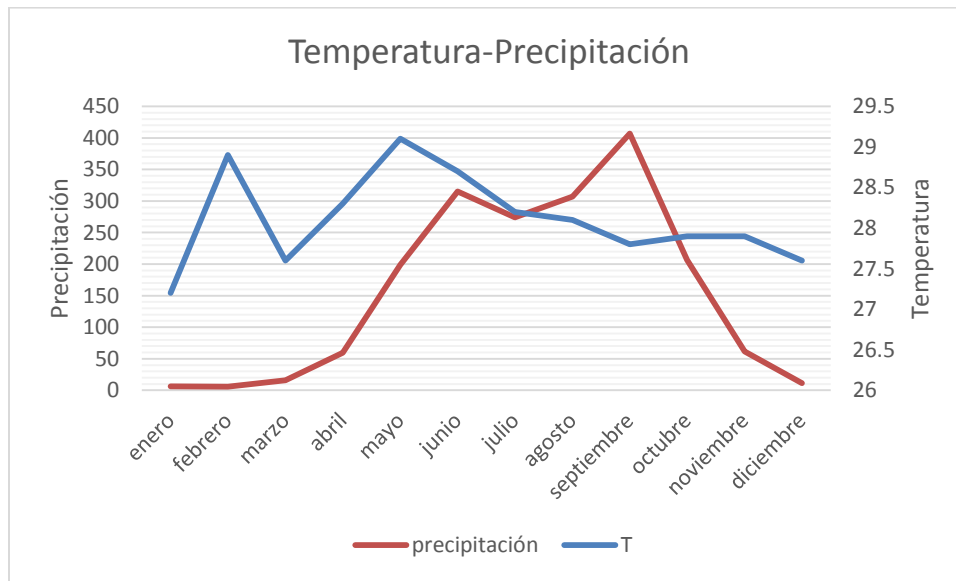


Figura3.2.3 Comparación precipitación contra temperatura.

Clave de la Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)	Periodo registro (años)	Hp media anual (mm)	Hp med max 24 h (mm)
7038	Despoblado	15°13'	92°34'	60	1965-1983	3078	111
7053	Escuintla	15°16'	92°38'	110	1958-1983	3212	119
7077	Huixtla	15°08'	92°28'	40	1954-1983	3143	116

Tabla 3.2.3 Características de las Estaciones Climatológicas (IMTA, 1996)

3.2.4 Evapotranspiración potencial media anual

La lámina de evaporación media anual de la Región N.23 denominada Costa de Chiapas es de 1660 mm, (González Guzmán, 2005), mientras que CONAGUA (2009), cálculo una evapotranspiración media anual de 1745.1 mm, para la zona del acuífero de Acapetahua.

En la **Figura 3.2.4 a 3.2.5** se muestran comparaciones de los valores de la media mensual, para la zona, ERIC, 1997.

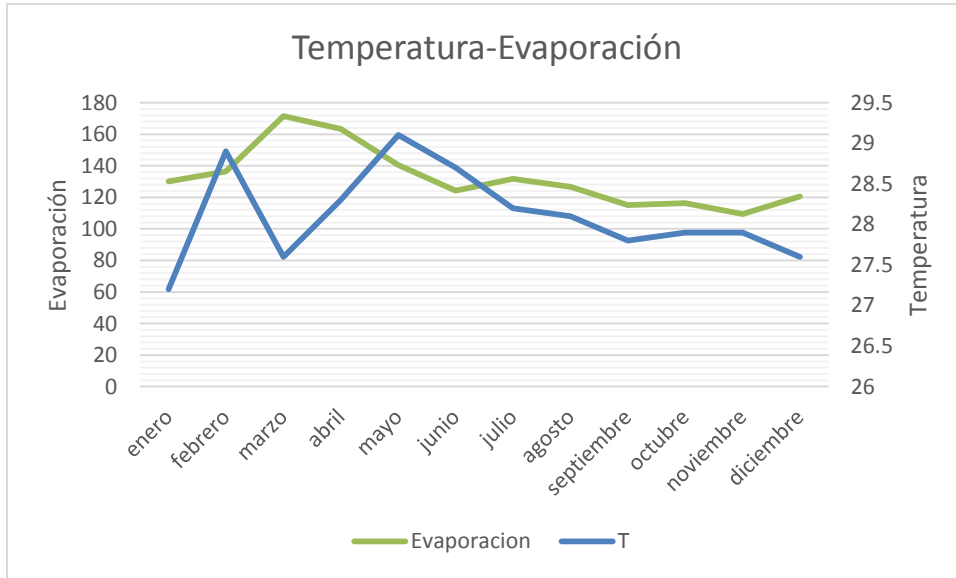


Figura3.2.3 Comparación temperatura contra Evaporación

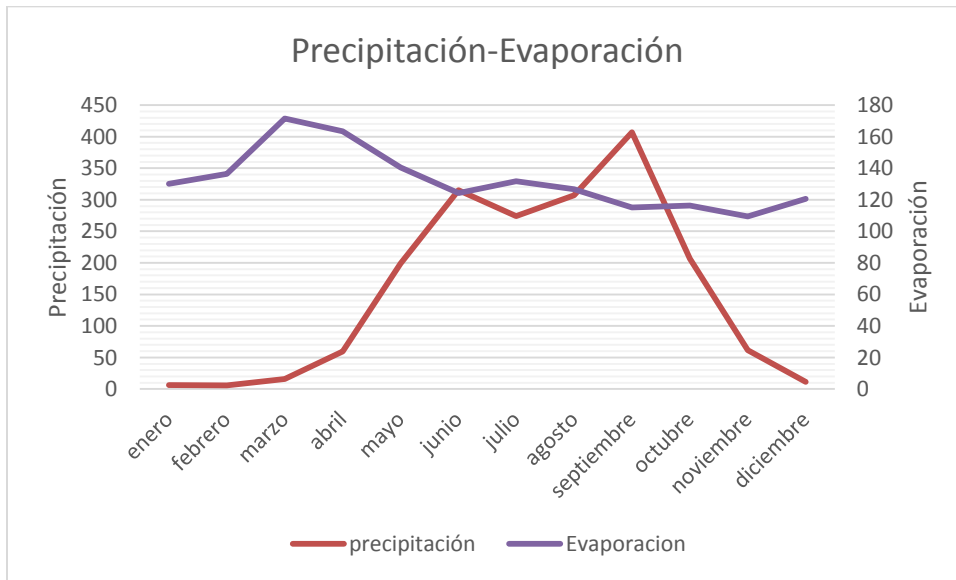


Figura 3.2.4 Comparación Precipitación contra Evaporación

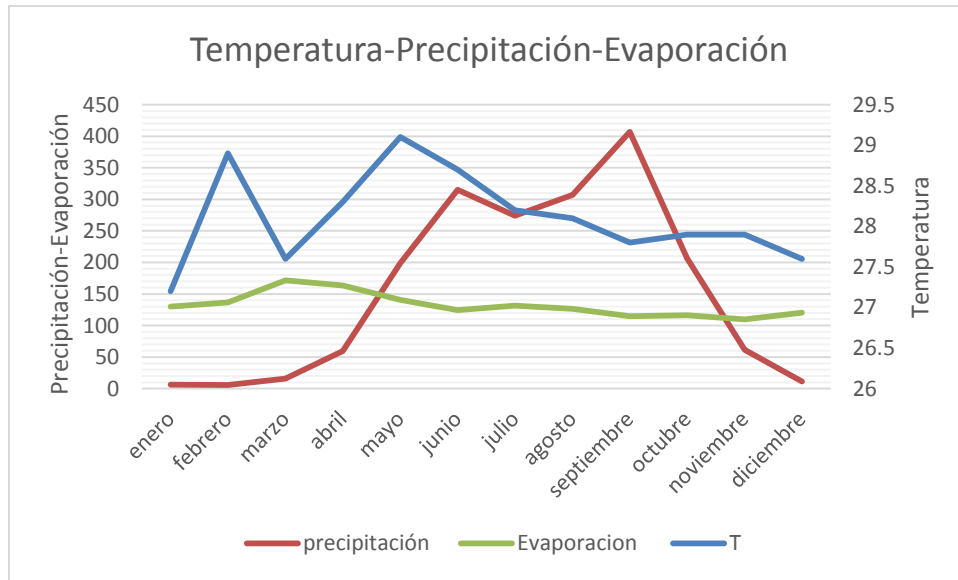


Figura 3.2.5 Comparación Temperatura-Precipitación-Evaporación

3.3 Hidrografía

Las corrientes que se relacionan a esta zona son de curso corto, y desembocan en el Océano Pacífico. Entre las principales corrientes que se localizan en el acuífero son los Ríos: Huixtla, Des poblado, Cintalapa, Margaritas, Cacaluta, San Nicolás, Coapa y Novillero, Coatán, Cahuacán, Huehuetán.

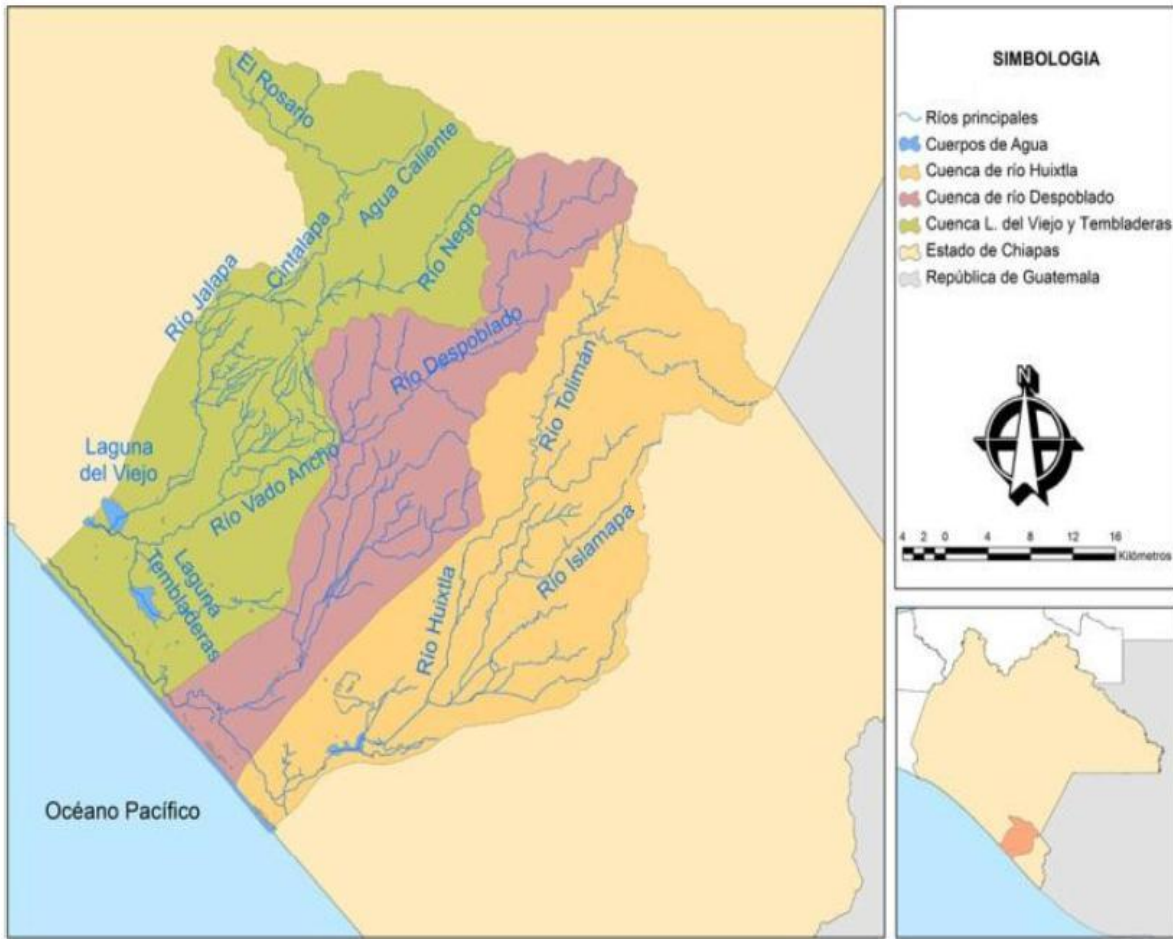


Figura 3.3 Red Hidrográfica (BANDAS 2008).

3.3.1 Región hidrológica

La zona de estudio pertenece a la Región Hidrológica No. 23, denominada Costa de Chiapas. Esta región, tiene como parteaguas la Sierra Madre de Chiapas o Macizo Granítico de Chiapas.

Se ubica a lo largo de la costa del estado de Chiapas y se encuentra conformada por cuatro cuencas: 1. Río Suchiate, las corrientes Coatán, Cintalapa, Cacaluta y Novillero; 2. La cuenca Río Huixtla, la cual se compone del río Huixtla y el cuerpo de agua Los Cerritos; 3.

La Cuenca Río Pijjiapan que se compone del río Pijjiapan y los cuerpos de agua La Joya y Buenavista; 4. Por último para esta región está la Cuenca Mar Muerto con el cuerpo de agua del mismo nombre. (Sánchez Camacho, 2012)



Figura 3.3.1 Regiones Hidrológicas de Chiapas. (INEGI, 2011)

3.3.2 Cuenca de costa de Chiapas

La estructura general de esta región queda completamente definida por la existencia de la Sierra Madre de Chiapas, que origina un partaguas paralelo a la costa, donde nacen todos los ríos que escurren por la planicie costera, los cuales desembocan en el Océano Pacífico, o en algunos casos alimentan lagunas y pantanos (CONAGUA, 2009).

En términos generales la Costa de Chiapas, tiene aproximadamente 40% de su superficie a altitudes mayores de 200 msnm y 60 % en zonas de menos de 200 msnm (SRH, 1975).

Los ríos más importantes perennes son los ríos: Huixtla, Despoblado, Cintalapa, Cacaluta, Margaritas, San Nicolás, Coapa y Novillero.

Los ríos relacionados con la zona de estudio se mencionan a continuación:

Río Cintalapa: nace en la Sierra Madre de Chiapas, formado por al menos de 10 afluentes originados con mucha precipitación y de topografía complicada que los obliga a desplegarse en forma de abanico, para reunirse después en un solo cauce que corre en una dirección de Norte a Sur y después de NE a SW. Después de pasar por Escuintla, recorre aún 26 km hasta su desembocadura en la parte central de la laguna El Viejo. El área de la cuenca es de 255 km² hasta la estación Cintalapa y de 480 km² hasta la desembocadura de la cuenta. En esta cuenta la precipitación media anual es de 3212 mm, el escurrimiento medio anual de 350 Mm³, la precipitación máxima registrada en 24 horas es de 195 mm y el gasto máximo registro de 437 m³/s (SRH, 1975).

Río Despoblado: nace en la Sierra del Soconusco muy cerca del cañón Mecatal y desemboca en la laguna El Viejo. Tiene un recorrido total de 54 km. El área de la cuenca es de 254 km² hasta la estación Despoblado y de 638 km² hasta la desembocadura de la cuenca. En esta cuenta la precipitación media anual es de 3078 mm, el escurrimiento medio

anual es de 312 Mm^3 , la precipitación máxima registrada en es de 145 mm y el gasto máximo registrado de $635 \text{ m}^3/\text{s}$ (SRH, 1975).

Río Huixtla; nace cerca de Motozintla y desemboca en el Océano Pacífico. Es una corriente bien definida con recorrido total de 68 km. El área de la cuenca es de 362 km^2 hasta la estación Huixtla y de 687 km^2 hasta su desembocadura. En esta cuenca la precipitación media anual es de 3143 mm, el escurrimiento medio anual de 394 Mm^3 , la precipitación máxima registrada en 24 horas es de 163 mm y el gasto máximo registrado de $702 \text{ m}^3/\text{s}$. (SRH, 1975).

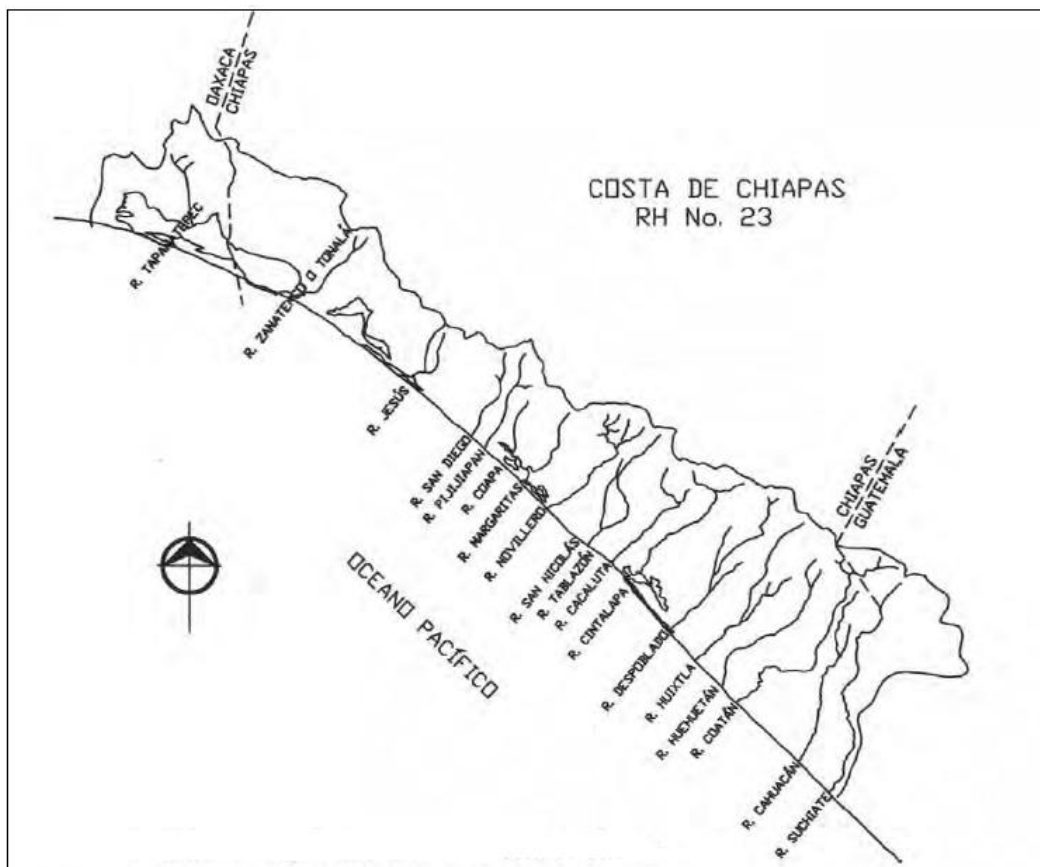


Figura 3.3.2 Principales Ríos de la Región Costa de Chiapas (SRH, 1975.)

III. Geología

4.1 Rasgos geológicos principales

La zona de estudio se ubica en la planicie costera, al sur del estado de Chiapas, rodeada por diferentes estructuras, al N del estado de Chiapas el Arco Volcánico Chiapaneco al NE la Sierra Madre de Chiapas, al NW el Macizo de Chiapas, al E el Complejo Volcánico Tacaná, al NW el Golfo de Tehuantepec.

Esta zona forma parte de la unión del Bloque Maya en su porción Sur con el Bloque Chortis. El sistema de fallas Polochic-Motagua, atraviesan la porción Sur.

Se encuentra en la Provincia Geológica No 5, que abarca la línea de costa denominada Cuenca de Tehuantepec y en la Provincia Geológica No 4, la cual abarca los Poblados de Huixtla y Tapachula, denominada, Macizo Ígneo del Soconusco. (Castro-Mora, 1999)

4.2 Marco Geológico Regional

La zona de la Planicie Costera de Chiapas, es el área donde limita el Bloque Chortis con el Bloque Maya, en su parte occidental.

En esta región se tiene un sistema regional de fallas de salto izquierda-lateral, conocido como el sistema de fallas Polochic-Motagua, formado por la migración hacia el Este de la Placa Caribe respecto a la placa de América del Norte (Mora, J.C. et al. (2007)).

La unión de las Placas Norteamérica, Caribe y Cocos, se da a través de un punto triple de unión difuso, que se encuentra en frente del Istmo de Tehuantepec (Morán-Zenteno et al (2009)).

En el extremo sureste de la Sierra de Soconusco aflora una secuencia sedimentaria del Paleozoico Superior que ha sido reconocida en el área de Chicomuselo (Hernández-García, 1973), y que se extiende hasta Guatemala. La base de esta secuencia está integrada por la Formación Santa Rosa. (Morán-Zenteno, 1984).

La Sierra de Chiapas presenta en su mayor parte rocas ígneas del macizo de Chiapas, el cual es uno de los complejos ígneos más grandes de México, con una extensión de aproximadamente 19,000 km². Está limitado hacia el oeste por el Istmo de Tehuantepec y hacia el sureste por el sistema de fallas Motagua-Polochic, el cual marca el límite entre el terreno Maya y el bloque Chortis de Centroamérica.

Al oeste del Istmo de Tehuantepec afloran rocas ígneas similares a las del macizo de Chiapas, formadas por el batolito de la Mixtequita, que intrusióna al basamento granulítico de edad Mesoproterozoica y por el complejo Guichicovi.

A continuación se mencionan en orden estratigráfico las unidades litológicas:

Precámbrico: se presentaron esquistos cristalinos, principalmente gneiss, micacitas y filitas, las rocas intrusivas son granitos. (Morán-Zenteno, 1994; Mülleried, 1957).

Proterozoico: conformado por granitos, dioritas, y gneises (Pantoja-Alor, 1974; López-Ramos, 1975; Salas, 1975). Estas unidades están cubiertas por una secuencia de depósitos sedimentarios y rocas metamórficas (serpentinitas, esquistos, cuarcitas y gneises) (López-Ramos, 1975; Castro-Mora, 1999), las cuales fueron intrusionadas por granodioritas,

dioritas y granitos, rocas del Batolito de Chiapas (o granito macizo de Chiapas), que aflora principalmente en la parte suroeste de Chiapas (Salas, 1975).

Pérmico: las rocas presentes en el macizo de Chiapas forman el basamento cristalino de la parte sur del terreno Maya, son en su mayoría rocas ígneas, y algunas metamórficas como gneises y migmatitas ortogéncias. (Weber. B, Gruner. B., Hercht. L., Molina-Garza. M., Köhler H., 2002)

Paleozoico: El Grupo Santa Rosa aflora en el área de Chicomuselo En esta zona constituyen una secuencia de tipo flysch cuyo espesor estimado es de 5,800 m (López-Ramos, 1979). Esta sección fue subdividida en dos secuencias mayores: las formaciones Santa Rosa superior e Inferior. La Formación Santa Rosa inferior se compone de filitas y en algunas partes de esquistos granatíferos, algunos horizontes de metacuarcitas y un conglomerado de aproximadamente 10 m de espesor (Hernández-García, 1973). La Formación Santa Rosa superior es una secuencia de lutitas, limolitas ligeramente calcáreas y arenosas en algunos horizontes, ocasionalmente se encuentran alternadas con areniscas. (Pompa, 2009).

Mesozoico: está representado por estratos de importante espesor de rocas sedimentarias, consiste de conglomerados, areniscas, limos y arcillas que datan del Triásico y Jurásico. (Morán-Zenteno,1994; Mülleried, 1957; Steinich B. y Sánchez E., 1998).

Terceario: se tienen rocas volcánicas desde ácidas a básicas. En el Arco Volcánico Chiapaneco del Cenozoico se tiene rocas ígneas de depósitos calcoalcalinos que van desde andesita a dacitas. (Mora, J.C. et al. (2007)).

Las rocas ígneas están ligadas a los subproductos del Complejo Volcánico Tacaná, y son de tipo intermedio a básico.

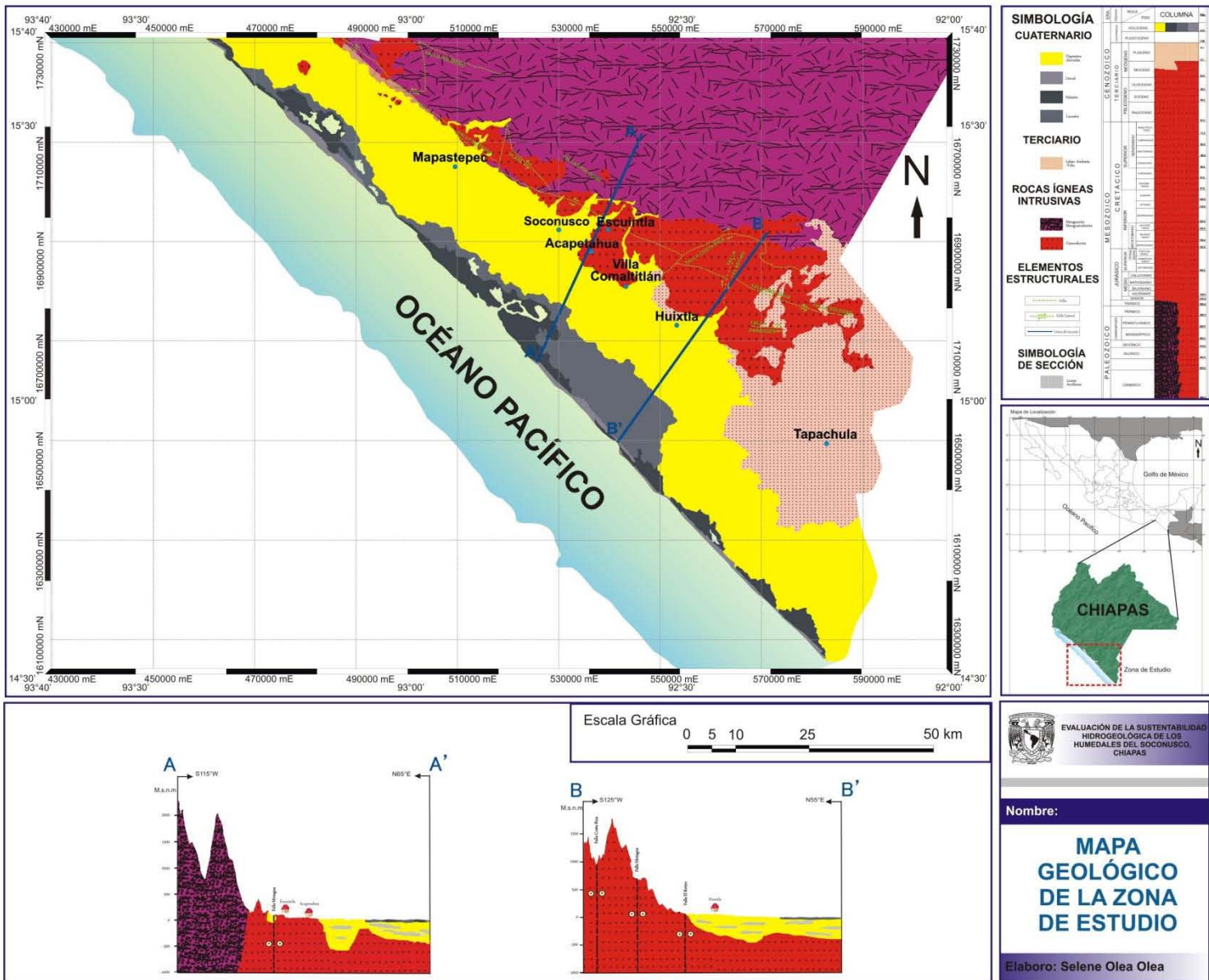
Mioceno hasta Cuaternario: La Faja Volcánica Transmexicana fue construida por la acumulación de lavas y materiales piroclásticos, y también de rocas de origen lacustre (Demant, 1978; Aguirre-Díaz et al. (1998); Ferrari et al., (1999)).

Cenozoico (Paleoceno al Plioceno): descansa sobre rocas del Mesozoico y se compone principalmente de rocas ígneas y sedimentarias (Mora, J.C. et al. (2007)).

Cuaternario: constituido por materiales no consolidados clásticos, arenas, gravas, cantos rodados y sedimentos finos, tales como arcillas y limos, que se depositaron sobre la Planicie Costera desde el pie de la Sierra Cristalina o Volcánica hasta la línea de la costa, estos sedimentos son los que constituyen la zona del acuífero. (CONAGUA, 2009)

Pleistoceno: compuesto por lahar y brecha volcánica andesítica, correspondientes a eventos explosivos del Volcán Tacaná. Depósitos aluviales, formados por materiales acarreados y depositados en partes planas por corrientes de ríos y arroyos, ocupan valles y la franja paralela a la línea de costa. Depósitos lacustres se componen de sedimentos localizados en zonas de inundación, limitando transicionalmente al aluvial, ocurren como afloramientos aislados. Depósitos palustres, se distribuyen paralelos a la playa, donde el mar tiene contacto con el agua dulce; estas zonas se caracterizan por el crecimiento de manglares, sus raíces retienen sedimento fino y materia orgánica, que junto con el agua producen la zona de humedales, se localizan en toda la planicie costera. Depósitos litorales, limitan el medio marino terrestre, en algunos sitios han sido cubiertos por depósitos palustres, están presentes a lo largo de la línea de costa (Navarro Villalpando et al. (2006)).

Figura 4.2 Geología de la Zona de estudio



4.3 Evolución Geológica de la zona de estudio

La existencia de rocas precámbricas metamórficas es escasa, y se encuentran relacionadas con la Orogenia Grenvilliana y la creación del supercontinente Oaxaquia (Ortega, 1998). Este supercontinente se extiende 1400 km desde Tamaulipas hasta Chiapas. (Ortega, Ruiz, Centeno, 1995).

El macizo de Chiapas es un complejo intrusivo y metamórfico de edad Pérmica, expuesto en una superficie de unos 19 000 km² en el sur de México, a lo largo de la costa del Pacífico (Weber et al. (2005)). Se considera que el emplazamiento del macizo de Chiapas, puede estar asociado al cierre del océano Proto-Atlántico de finales del Paleozoico, en el tiempo de la llamada Orogenia Apalachiana. (Damon, Shafiqullah, y Clark, 1981). Forma el basamento cristalino del Bloque Maya, que es parte de la placa de América del Norte (Molina-Garza et al. (2008)). El Macizo de Chiapas es cortado por el sistema de fallas Polochic-Motagua, cerca de la frontera de México y Guatemala (Guzmán-Speziale y Meneses-Rocha, 2000) y es el moderno límite de placas Norteamericana-Caribe. (Molina-Garza et al. (2009)). El límite occidental relicto es de placa transformante y se dio a finales del Mioceno (Wawrzyniec et al. (2005)), llamado Zona de Falla de Tonalá.

Damon et al. (1981) publicó edades para las rocas del macizo de Chiapas que oscilan entre unos 170 y 320 Millones de años (Ma), K-Ar. Sin embargo, el trabajo más reciente de Weber et al. (2005) incluye U-Pb en datación de circones, sugiere que el metamorfismo y plutonismo en el macizo se limitan al Pérmico Tardío (251-259 Ma). El magmatismo Jurásico se manifiesta por la presencia de diques y vulcanismo ubicado, localmente que indica el inicio de actividad magmática mostrada por los isótopos Rb-Sr y K-Ar en sistemas de rocas más antiguas (Schaaf et al. (2002); Molina-Garza et al. (2009)).

La Sierra Madre de Chiapas, se formó a fines del Cretácico Tardío, se encuentra en las inmediaciones de la triple unión entre las Placas de Cocos, Caribe y Norteamérica (**Fig. 4.3**). La evolución tectónica de esta cadena montañosa en el marco de la triple unión ha sido materia de debate. (Witt et al. (20011)).

La mayoría de los modelos hacen hincapié en la importancia tectónica del fallamiento horizontal (strike-slip) (por ejemplo, Guzmán-Speziale y Meneses-Rocha 2000; Andreani et al, (2008)a, b), lo que sugiere que la exhumación a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas puede ser el resultado de una componente transpresiva de deformación resultante de los cambios significativos en las tendencias de las principales fallas corticales. Se han propuesto dos grupos de modelos que plantean; (1) los tradicionales modelos móviles, que sugieren un desplazamiento hacia el sur (más de 1000 km) desde el Eoceno a lo largo de un límite transformante entre las placas Caribe y de América del Norte (Schaaf et al. (1995); Pindell et al. (2006); Silva-. Romo 2008; Ratschbacher et al. (2009)); estos modelos se basan en las similitudes litológicas encontradas entre los bloques desplazados en México y Guatemala y también de las anomalías magnéticas observadas en la fosa de las Caimán (es decir, Mann y Burke 1984), (2) el modelo de "exótico del Pacífico, lo que sitúa el bloque Chortis en el Océano Pacífico (es decir, al SW de su posición actual: Keppie y Moran-Zenteno 2005).

La mayor parte de esta controversia se debe a la arquitectura difusa del punto triple. Como sugiere Guzmán-Speziale et al. (1989) y Authemayou et al. (2011), la geometría de la unión del punto triple esta ambiguamente definida principalmente por el sistema de fallas Polochic-Motagua que claramente no continua más allá de la traza de la superficie conocida, por lo tanto al parecer, no forma intersección con la trinchera de Medio América (es decir, no hay una zanja de desplazamiento offset), (Witt et al. (2011)).

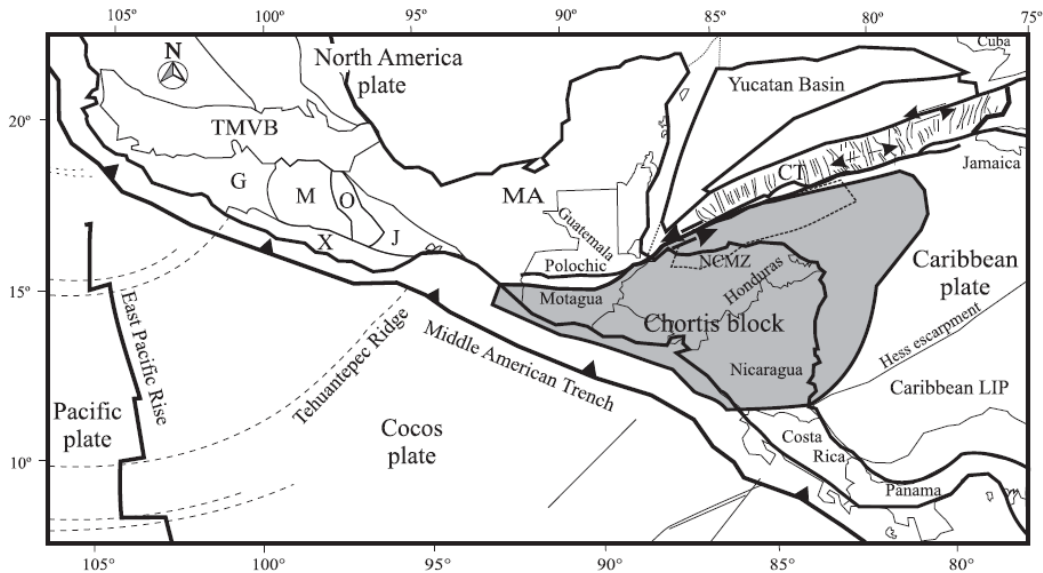


Fig. 4.3 La situación actual de la tectónica del Caribe, modificada de Rogers et al. (2007a).

El cinturón plegado de Chiapas se formó durante el Mioceno Medio, representando diferentes eventos de deformación sincrónica con la colisión de la Transformada de Tehuantepec/Cresta con la Trinchera media América de Chiapas, esta sincronía se presentó en; (a) 12.5-11 Ma, durante el Mioceno Medio la reorganización de la placa Pacífico-Cocos movió el polo de rotación c. 600 km hacia el sur a lo largo de la costa del Pacífico resultando en una disminución de la tasa de convergencia entre las placas de Cocos y el Norte de América (Mammerickx y Klitgord 1982); (b) la colisión de la Transformada de Tehuantepec/Cresta con la Trinchera media América de Chiapas, cerca de la frontera entre Guatemala y México (Keppie y Morán-Zenteno 2005); (c) el inicio de un hiato de magmatismo de arco en Chiapas; (d) el final de un período de erosión por subducción mayor. En conclusión, el origen del cinturón plegado de Chiapas es el resultado de la

subducción de una falla de transformación, donde se acompaña por una cresta de compresión y cadenas de montes submarinos, que indican la importancia de la topografía de la placa de subducción en la génesis moderna y antigua de los cinturones de tapa y empuje. (Mandujano, 2009).

El Fallamiento activo del Bloque Maya se asocia con el Cinturón de Pliegues de Chiapas y a los dominios de desgarre. (Molina-Garza, Wawrzyniec, Iriondo, Geissman, Muggleton, 2008) A finales del Mioceno el cinturón de granitos plutónicos Terciarios, cuya edad U-Pb es de 10,3 Ma + / -0,3, (Molina-Garza et al. (2008); Wawrzyniec y Molina-Garza, 2005) que aflora a lo largo de la vertiente occidental del Macizo de Chiapas, los cuales se encuentran intensamente deformados y afectados por la Zona de Falla de Tonalá. Las texturas de estos granitos reflejan las intrusiones, sus rocas de caja son cortadas a lo largo de una zona que se encuentra a menos de 120 km de largo y probablemente se extiende por todo el margen occidental del Bloque Maya. Estos plutones son alargados a la zona temporal de seguridad, los que indican similitudes o modificación post tectónica. (Molina-Garza et al. (2008); Wawrzyniec y Molina-Garza, 2005). Estos granitos se emplazaron al SW del Macizo de Chiapas y se pueden considerar como un vestigio del arco asociado a la subducción de la Placa de Farallón.

La Zona de Falla de Tonalá, cuya deformación se caracteriza por una sub alineación predominante horizontal a lo largo de la una zona lineal. Dada la escasez de sismicidad a lo largo de la Zona de Falla de Tonalá, se interpreta como un límite de placa relictos que puede haberse originado como una Falla transformante dextral (Wawrzyniec y Molina-Garza, 2005). Aunque la observación de rotaciones en sentido horario y anti horario de los plutones el Mioceno, puede explicar un componente de transpresión a lo largo de la zona temporal de seguridad. (Molina-Garza et al. (2008)).

El crecimiento topográfico importante en la Sierra Madre de Chiapas se dió durante el Mioceno-Tardío. El movimiento de desgarre a lo largo de la Zona de Falla de Tonalá pudo ser resultado del período de principal transpresión y relacionarse con el crecimiento topográfico a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas (Witt et al. (2011)).

Las fallas de desgarre NW-SE son uno de los principales motores para el crecimiento topográfico de la Sierra Madre de Chiapas. Guzmán-Speziale y Meneses-Rocha (2000) propusieron que el movimiento de desgarre se transmite desde el sistema de fallas Polochic-Motagua a la Sierra Madre de Chiapas dentro de una "falla de desplazamiento" (es decir, curva de restricción), el cual incluye movimiento a lo largo de por lo menos seis fallas mayores (strike-slip) (Witt et al. (2011)).

El Arco Volcánico Chiapaneco, es un tramo de volcanes alineados entre el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano hacia el noroeste y al sureste del Arco Volcánico Central, los tres sistemas volcánicos se asocian con la subducción de la Placa de Cocos (Mora, J.C. et al. (2007)).

Damon y Montesinos (1978) concluyeron que el Arco Volcánico Chiapaneco fue formado como resultado de un reajuste de la dirección de movimiento de la placa de Cocos en 2,79 Ma, se creía que era esencialmente continua con la Faja Volcánica Transmexicana.

Hubo dos episodios de intensa actividad ígnea (Damon y Montesinos, 1978); el primer episodio se produjo durante el Mioceno con la intrusión de rocas ígneas en las rocas metamórficas del macizo de Chiapas, el segundo episodio ocurrió durante el Cenozoico tardío (Plioceno) y se caracteriza por el predominio de la actividad volcánica en la zona central y norte de Chiapas. Esta actividad se ejemplifica con el Chichón, Tzontehuitz volcanes y Nicolás Ruiz. Se usa el término "Moderno Arco Volcánico Chiapaneco", para

distinguir este episodio de la actividad de las unidades ígneas pre-cenozoicas (Damon y Montesinos, 1978).

Guzmán-Speziale et al. (1989) han estudiado la ubicación de hipocentros de terremotos asociados con los fallos que delimitan el contacto entre el Norte Placa de las Américas y la Placa del Caribe. Sugieren que el punto triple formado por la unión de las tres placas (América del Norte, el Caribe y Cocos) no puede ser considerado como un punto triple clásico y propone que la continuación de la parte más occidental del sistema Motagua-Polochic es una amplia y larga zona de fallas que se inicia en el norte de Guatemala y continúa hacia el sur de México. (Mora, J.C. et al. (2007))

El Complejo Volcánico Tacaná, representa el volcán activo situado más al norte del Arco Volcánico Centroamericano. La génesis de esta cadena volcánica se relaciona con la subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe. Esta influido por una estructura tectónica importante, ya que se encuentra al sur de la falla activa lateral izquierda Motozintla transcurrente relacionada con la zona de la falla Motagua-Polochic (García-Palomo et al. (2006)). El Complejo presenta gneises del Mesozoico, esquistos, metavolcánicos, pizarras y granitos. Estas rocas fueron invadidas por dos episodios de magmatismo durante el Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano, probablemente relacionado con la subducción de la placa Farallón debajo de la placa de América del Norte, y durante la primera mitad del Mioceno, probablemente asociado a la subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe. Estas rocas fueron afectadas por un evento tectónico compresivo del Mioceno que fue acomodado por strike-slip y fallas inversas (García-Palomo et al. (2006)).

La subducción de la dorsal de Tehuantepec, junto con la ubicación de la unión de punto tripe Cocos-Norteamérica-Caribe, se correlaciona con el truncamiento aparente del

vulcanismo en el Arco Volcánico Centroamericano en el sur de Chiapas, la migración hacia el interior del vulcanismo disperso en el Arco Volcánico Chiapaneco (Damon y Montesinos, 1978), y dos sitios de vulcanismo alcalino: El Chichón en el norte de Chiapas (Thorpe, 1977; Luhr et al. (1984); García-Palomo et al. (2004) y Los Tuxtlas Campo volcánico en Veracruz (Nelson et al. (1995)).

Durante el Terciario se inició en gran parte de Chiapas la sedimentación terrígena marina, la cual es producto del levantamiento de la porción occidental de México y el plegamiento de la Sierra madre oriental. (Morán-Zenteno, 1984).

La formación de la Planicie Costera de Chiapas se dió a partir de la sedimentación de todas las rocas que rodean esta zona provenientes de: el Macizo de Chiapas, la Sierra Madre de Chiapas, el Arco Volcánico Chiapaneco, el Complejo Volcánico Tacaná, entre otros. También se debe a que en el Cuaternario hace 3.5 Ma, los niveles eustáticos del mar descendieron, debido a la edad de hielo, aumentando las tasas de sedimentación, lo cual favoreció la creación de la Planicie Costera de Chiapas.

4.4 Rasgos estructurales principales

La zona de estudio es un territorio complejo, debido al punto triple de unión difuso, que se da entre las Placas de Norteamérica, Caribe y Cocos, (Morán-Zenteno, Keppie, Martiny y González-Torres, 2009).

Se observan diferentes rasgos regionales estructurales como son las Fallas: Motagua, Polochic, Costa Rica, Soledad, Zaragoza y El Retiro.

La Falla Motagua es una falla transformante, localizada en el sur de Chiapas, Guatemala y Belice, sigue el curso del río Motagua. Divide dos terrenos; el Bloque Maya al Norte y el Bloque Chortis al Sur. Forma parte del sistema de fallas Polochic-Motagua. Se presenta como un sistema regional de fallas de salto izquierda-lateral, formado por la migración hacia el este de la Placa Caribe respecto a la placa de América del Norte (Mora, J.C. et al. (2007)). Este sistema de fallas, pone en contacto dos regiones la autóctona, referente al Batolito de Chiapas y su cubierta postpaleozoica y la alóctona constituida de rocas fuertemente metamorfoseadas con algunos sedimentos mesozoicos (Suárez Díaz, 2006).

La Falla Costa Rica se adentra en el cañón de la Sierra de Chiapas, a la altura de Huixtla. La Falla Soledad se encuentra al sur del poblado del mismo nombre, es la continuación de la Falla Motagua. La Falla Zaragoza se encuentra al Norte de la Cabecera Municipal de Tuzantán.

La Falla El Retiro es una falla de rumbo a lo largo del Río Huixtla entre las localidades de Huixtla y Belisario Domínguez. Esta falla define el alineamiento del río Huixtla, genera estructuras paralelas al río las cuales actúan como superficies de deslizamiento en las rocas y en los suelos residuales (Suárez Díaz, 2006).

En el poblado de Huixtla se observa un sistema de fallas que está compuesta por tres estructuras de tipo normal con componente lateral izquierdo, dos de ellas con dirección NE-SW y una al NW-SE; son un sistema de fallas locales y que representan la continuación de la falla regional El Retiro. Toda la zona se encuentra afectada por un metamorfismo de cizalla que produce franjas de milonita y ultramilonita, ocasionadas por la Falla Polochic cuya edad es considerada del Pérmico al Triásico. Entre las localidades de Belisario Domínguez y El Triunfo, aflora una porción intrusiva de arco magmático de la Sierra Madre del Sur, constituida por cuarzomonzonita, granito y diorita, la cual es afectada por

la Falla Polochic, produciendo protomilonitas y milonitas (Navarro Villalpando et al. (2006)).

4.5 Datos Geológicos tomados en campo

Durante el recorrido de campo, se realizó la toma de datos en dos afloramientos sobre la carretera rumbo a Mapastepec.

En el afloramiento 1, las rocas observadas son metagranodiorita y metagranito, color pardo claro al intemperismo, presentan foliación, las cuales se tomaron y se reportan en la **Tabla 4.5** y **Tabla 4.5.1**, arriba de dicha foliación se observan cuerpos masivos del mismo material.

Se reconocen fallas con diferentes orientaciones, las cuales son posteriores a la formación de las rocas.

En el afloramiento se distingue un grupo de fracturas de pares conjugados, rellenas de alguna variable de sílice. Las fotos se pueden observar en el **Anexo 4.5**.

Ubicación	x	y	z
Afloramiento 1	515925	1705813	81

Tabla 4.5 Ubicación Afloramiento 1

Número	Rumbo	Dirección	Echado	Tipo
1	NW	65°	68°	Foliación
2	NW	60°	76°	Foliación
3	SW	57°	69°	Fractura conjugada
4	NE	44°	48°	Fractura conjugada
5	NE	50°	65°	Fractura conjugada
6	NE	63°	83°	Foliación

Tabla 4.5.1 Datos Afloramiento 1

En el afloramiento 2, se observa un cuerpo de roca masivo, con intemperismo medio, compuesto de granodiorita, color gris intermedio, presencia de vetas de sílice, se pueden observar algunos cristales a simple vista. Presenta fracturas conjugadas con diferentes orientaciones. En la **Tabla 4.5.2** y **Tabla 4.5.3**, se muestran los datos obtenidos. Las fotografías se pueden observar en el **Anexo 4.5**.

Ubicación	x	y	z
Afloramiento 2	516364	1705381	71

Tabla 4.5.2 Ubicación Afloramiento 2

Número	Rumbo	Dirección	Echado	Tipo
1	NW	17°	52°	Fractura conjugada
2	NE	20°	67°	Fractura conjugada

Tabla 4.5.3 Datos Afloramiento 2

V. Geofísica

En este capítulo se describe el uso de los métodos geofísicos para la obtención de datos de resistividad, con los que se determinaron los espesores de los materiales que constituyen al acuífero, basados en el trabajo realizado por; Steinich Birgit, Sánchez Ramírez Eva. Estudio Geofísico e Hidrogeoquímico en el Acuífero de Acapetahua, Estado de Chiapas. 1998.

5.1 Métodos Geofísicos de Exploración

Están constituidos por una serie de técnicas, que permiten medir las variaciones de diversas propiedades físicas de los materiales que forman la corteza terrestre, como: densidad, susceptibilidad magnética, velocidad de propagación de las ondas elásticas, resistividad eléctrica o la radioactividad natural de las rocas, entre otras. La medición y distribución de estas variaciones, permite inferir algunas condiciones litológicas y estructurales del subsuelo, correlacionando los valores medidos o zonas anómalas, con los efectos calculados de los modelos de laboratorio, en los que se conocen las relaciones causa-efecto en términos de una función matemática (GEOTEM Ingeniería, 2008).

La resistividad es una de las tres propiedades más importantes para la investigación del agua subterránea, las otras dos son; constante dieléctrica y actividad electroquímica.

La resistividad eléctrica de cualquier material se define como la resistencia, en menor o mayor grado al paso de la corriente eléctrica, por unidad de área y de longitud con una intensidad conocida. Se designa por la letra griega rho minúscula (ρ), en unidades de

ohmios por metro, ($\Omega \cdot m$). Su valor describe el comportamiento de un material frente al paso de la corriente eléctrica, por lo que nos proporciona una idea de lo buen o mal conductor que es. Un valor alto de resistividad indica que el material es mal conductor mientras que uno bajo indicara que es un buen conductor (Orellana, 1982).

Una roca homogénea, independiente de su litología, responde eléctricamente como un material aislante (resistividades del orden de 10^7 [$\Omega \cdot m$]), excepto en el caso de metales (resistividades del orden de 10^{-7} [$\Omega \cdot m$]). Esta habilidad de las rocas de poder conducir corriente esta directamente ligada a factores intrínsecos del material (porosidad, permeabilidad), y factores externos (sistemas hídricos de recarga, zonas de entrapamiento). Los factores, que determinan la resistividad eléctrica de una roca, son los siguientes: conductividad de los granos minerales, porosidad, composición química del agua, % saturación (S), temperatura, presión (Orellana, 1982).

5.2 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's)

Los métodos eléctricos son una de las aplicaciones más importantes en la prospección geofísica, a continuación se explica cómo se componen los arreglos de dichos métodos.

Para lograr desarrollar esta metodología se utilizan cuatro electrodos, 2 de corriente (A y B), 2 de potencial (M y N) y la unidad resistiva (Trasmisor de corriente, receptor) al centro del arreglo.

Los métodos eléctricos de corriente continua se dividen en: Calicatas eléctricas y Sondeos Eléctricos Verticales (Arreglo Dipolo – Dipolo, Arreglo Wenner y Arreglo Schlumberger) (Orellana, 1982).

5.2.1 Arreglo Schlumberger

El arreglo Schlumberger (Orellana, 1982), utiliza cuatro electrodos de acero inoxidable, dos electrodos de corriente A y B, que son los que transmiten la corriente eléctrica al terreno y el otro par son los electrodos denominados de potencial M y N, los cuales detectan la diferencia de potencial que surge al transmitirse la corriente eléctrica, conectados al aparato, se procesan los datos presentando los valores de resistividad aparente, los cuales son multiplicados por una constante de proporcionalidad de acuerdo al arreglo y espaciamiento utilizado, se grafican en papel doble logarítmico obteniendo una curva de resistividad en función de la profundidad de exploración.

Al obtener este modelo de capas para cada sondeo eléctrico vertical (SEV), se realiza una correlación construir las secciones geoeléctricas, mismas que nos darán un panorama general de la estratigrafía del subsuelo.

Este arreglo no es aplicable en terrenos con excesiva pendiente, ni en terrenos cercanos a torres o plantas de energía eléctrica, ya que los datos obtenidos pueden llegar a tener un margen de error sobre el área de estudio.

La mayor ventaja que presenta este método es que al inyectar la corriente al subsuelo, se tiene mayor información de las variaciones verticales de las capas subterráneas en cuanto a las resistividades aparentes que se nos puedan presentar.

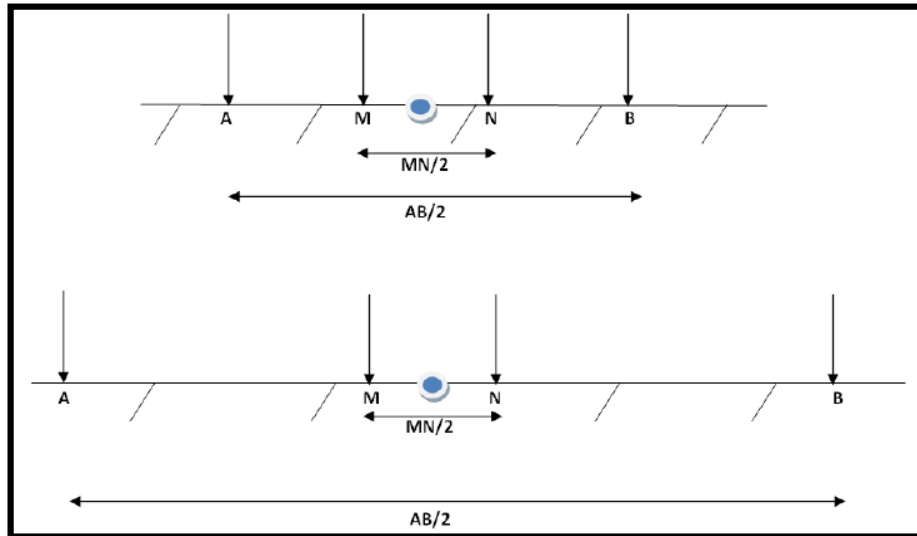


Figura 5.2.1 Arreglo tipo Schlumberger (Orellana, 1982).

En la **Figura 5.2.1** se observa cómo se incrementa la distancia “ $AB/2$ ” entre A y B (electrodos de corriente), ya que al tener mayor distancia para inyectar corriente se obtiene una mayor profundidad de investigación proporcionándonos así mayor información acerca de las características litológicas de la zona. Por otro lado se hace una comprobación de los datos que se van obteniendo, esto mediante un empalme que se realiza a cierta distancia de la medición.

Este empalme consiste en aumentar la distancia entre $MN/2$, este dato obtenido tiene que ser relativamente parecido al de la medición anterior en la que no se aplicó el empalme (Orellana, 1982).

5.3 Metodología

Según el estudio realizado por Steinich B. y Sánchez E., (1998) la geofísica se elaboró con la interpretación de SEV's con arreglo tipo Schlumberger, de los cuales se reporta las ubicaciones, la apertura máxima, así como el azimut en la **Tabla 5.3**.

Se utilizó un equipo SYSCAL R1 para la realización de los registros. En la modelación se empleó el método de interpretación automático (Zohdy, 1989), para el cálculo de las curvas sintéticas se aplicaron filtros digitales lineales (Koefoed, 1979).

La distribución de los registros eléctricos se encuentran en dos áreas, la primera entre las poblaciones de Mapastepec y la costa, y la segunda, la cual corresponde al área de estudio de esta tesis, entre las poblaciones de Escuintla y Villa Comaltitlán.

Con los registros eléctricos se calcularon las isocurvas de resistividad a base de la interpolación disponible en el programa GMT (Wessel y Smith, 1995).

5.4 Resultados

La ubicación de los sondeos eléctricos, así como el espaciamiento máximo $AB/2$ y el azimut, se muestran en la **Tabla 5.3**. Los valores medidos en campo se presentan en el **Anexo 5.3**.

Mediante la modelación de los datos, se obtuvieron valores de resistividad reales que abarcan un rango desde $4 \Omega m$ hasta más de $100000 \Omega m$. Estas resistividades se relacionan con material poroso saturado con agua salobre y material cristalino del basamento, respectivamente. En el acuífero de Acapetahua (Steinich B. y Sánchez E., 1998), el límite inferior del mismo, corresponde al límite entre estos dos materiales, se caracterizó en los

modelos interpretados a partir de las curvas de resistividad, en donde se observó un brusco aumento de las resistividades.

No	Fecha	m E	m N	AB/2	Azimut
1	13/11/1997	544015	1684585	675	120
2	13/11/1997	541057	1687412	675	305
3	13/11/1997	532945	1696844	675	290
4	13/11/1997	530243	1694987	675	235
5	14/11/1997	534812	1690908	675	25
6	14/11/1997	640303	1685824	675	332
7	14/11/1997	533952	1681235	675	0
8	14/11/1997	532936	1678339	675	45
9	14/11/1997	530534	1675519	675	290
10	14/11/1997	533290	1674380	675	70
11	14/11/1997	537903	1675367	675	75
12	15/11/1997	532512	1693082	675	210
13	15/11/1997	530615	1688942	675	290
14	15/11/1997	526443	1686058	675	70
15	15/11/1997	522410	1682858	675	220
16	15/11/1997	526577	1681314	675	130
17	25/01/1998	507821	1705025	675	90
18	25/01/1998	503464	1702437	675	65
19	25/01/1998	502293	1698922	675	0
20	25/01/1998	501688	1692943	675	315
21	25/01/1998	503742	1695837	675	305
22	26/01/1998	507033	1698397	675	30
23	26/01/1998	506025	1700333	675	40
24	26/01/1998	508493	1701175	675	0
25	26/01/1998	510728	1701901	675	40
26	26/01/1998	510205	1697498	675	60

Tabla 5.3 Ubicación de los sondeos eléctricos (Steinich B. y Sánchez E., 1998)

5.4.1 Integración de datos

Por medio de la interpretación de los datos geofísicos es posible describir la geometría del acuífero de Acapetahua (Steinich B. y Sánchez E., 1998), los mapas y las secciones de resistividad realizadas, implican espesores variables de los estratos sedimentarios que forman el acuífero.

La profundidad del basamento, se determinó mediante el aumento de las resistividades. La **Figura 5.4.1** presenta el mapa de isoclinas de profundidad del basamento. En esta se observa una superficie accidentada con profundidades de metros abajo del nivel medio del mar (anmm), hasta cientos de metros. Las profundidades mayores se localizan en el sureste de la zona presentada en la **Figura 5.4.1**, donde los sondeos no alcanzaron la base del acuífero. La **Figura 5.4.1**, muestra la sección A del acuífero de Acapetahua, perpendicular a la línea de costa a una distancia de 17 km tierra adentro, se puede observar su localización en la **Figura 5.4.1**. Se observa la topografía del basamento, integrada por crestas y valles profundos como continuación de la topografía de la sierra que forma el límite noreste de la franja costera, esta sección corta dos valles en las partes noreste y sureste mostradas en la **Figura 5.4.1**, presentan dos secciones B y C perpendiculares a la línea de costa cortando los valles mencionados anteriormente. El basamento presenta una superficie ondulada con profundidades que varían desde unos pocos metros anmm hasta más de 200 metros anmm. En las dos secciones B y C, se observan crestos a pocos km de la costa, que pueden fungir como barreras entre el acuífero y el mar. Las cuales son de gran importancia para el funcionamiento hidrogeológico del acuífero.

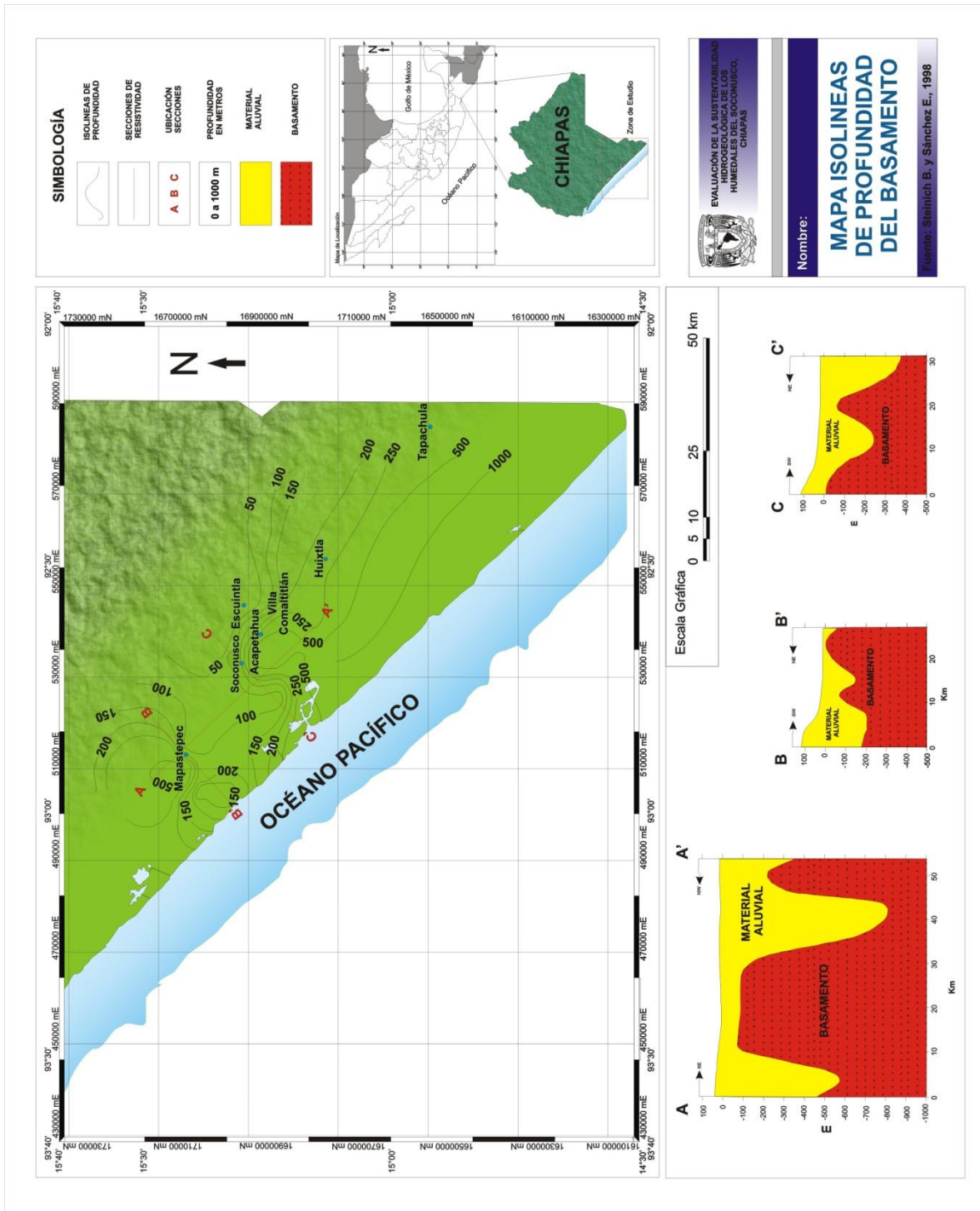


Figura 5.4.1 Mapa de Isocotas de profundidad del Basamento (Steinich B. y Sánchez E., 1998)

VI. Hidrogeología

6.1 Tipo de acuífero

En la zona de estudio, se localizan dos sistemas acuíferos; el acuífero de Acapetahua y en menor proporción, el acuífero del Soconusco, hidrogeológicamente no existe barrera geológica o física entre ellos, más bien es una división administrativa propuesta por la CONAGUA para el manejo de los títulos de concesión.

El acuífero se considera regionalmente como libre en sus partes altas y en la parte media, sin embargo en partes cercanas a la línea de costa, el acuífero localmente se vuelve semiconfinado, debido a la presencia de lentes arcillosos, los cuales generan que el agua suba a niveles más someros, por efecto de la presión que ejerce la capa semiconfinante. Finalmente en las partes más bajas y hasta la línea de costa se encuentra otro acuífero, de tipo libre, el cual se explota localmente mediante norias de hasta 10 m de profundidad.

El acuífero del área de estudio está constituido por sedimentos granulares cuyos tamaños varían de arcillas a bloques, mezclados en diferentes proporciones, pero guardando una cierta clasificación, los componentes de mayor tamaño, del orden de bloques (mayores de 250 mm, reportado por Servicios Geológicos, S. A, 1981) se encuentran cercanos a la sierra y los más finos, cerca de la línea de costa.

La recarga del acuífero se da por infiltración en las inmediaciones de la Sierra de Chiapas, de los escurrimientos provenientes de ella, además de la recarga vertical del agua que precipita directamente sobre las superficies del acuífero, que alcanza volúmenes importantes debido al alto valor de la precipitación media anual calculada (González

Guzmán, 2005) reporta un valor de la precipitación media anual de. 2660 mm, mientras que (CONAGUA, 2009) reporta un valor de 2989.5 mm al año.

Las descargas casi en totalidad son por salidas horizontales hacia el Océano Pacífico, por el drenado que efectúan las corrientes superficiales en las porciones media y baja de la planicie costera y por evapotranspiración, propiciada por los niveles someros. Considerando que la extracción por medio de captaciones no es significativa, si se toman en cuenta la disponibilidad de agua subterránea existente.

Las rocas permeables, en las que se aloja el acuífero, fueron originadas en ambientes continentales y de transición, cuyos componentes principales son las arenas.

Las rocas impermeables, están delimitadas por la Sierra de Chiapas y corresponden a las más antiguas, conforman el basamento que limita el acuífero (CONAGUA, 2009).

6.2 Situación administrativa del acuífero

Los acuíferos del estado de Chiapas, administrativamente, se encuentran dentro de la región hidrológico-administrativa número XI Frontera Sur, por lo que el acuífero de la zona de estudio pertenece a la misma. Esta región, se localiza al sureste de la República Mexicana, comprende los estados de Chiapas, Tabasco, tres municipios de Oaxaca (San Pedro Tapanetepec, Chahuites y San Francisco Ixhuatán) y el municipio de Palizada en Campeche. Se extiende por 103, 480 km² y representa el 5.3 % del territorio nacional.

Se divide en dos Regiones Hidrológicas: la No. 23, denominada Costa de Chiapas, que no tiene ningún tipo de veda y la Región Hidrológica No.30 denominada Río Grijalva-Usumacinta, que tiene veda de tipo I, que se da cuando existe una sobre explotación.

Como se mencionó en el capítulo III, la zona de estudio pertenece a la Región Hidrológica No.23 por lo que no presenta ningún tipo de veda (CONAGUA, 2009)

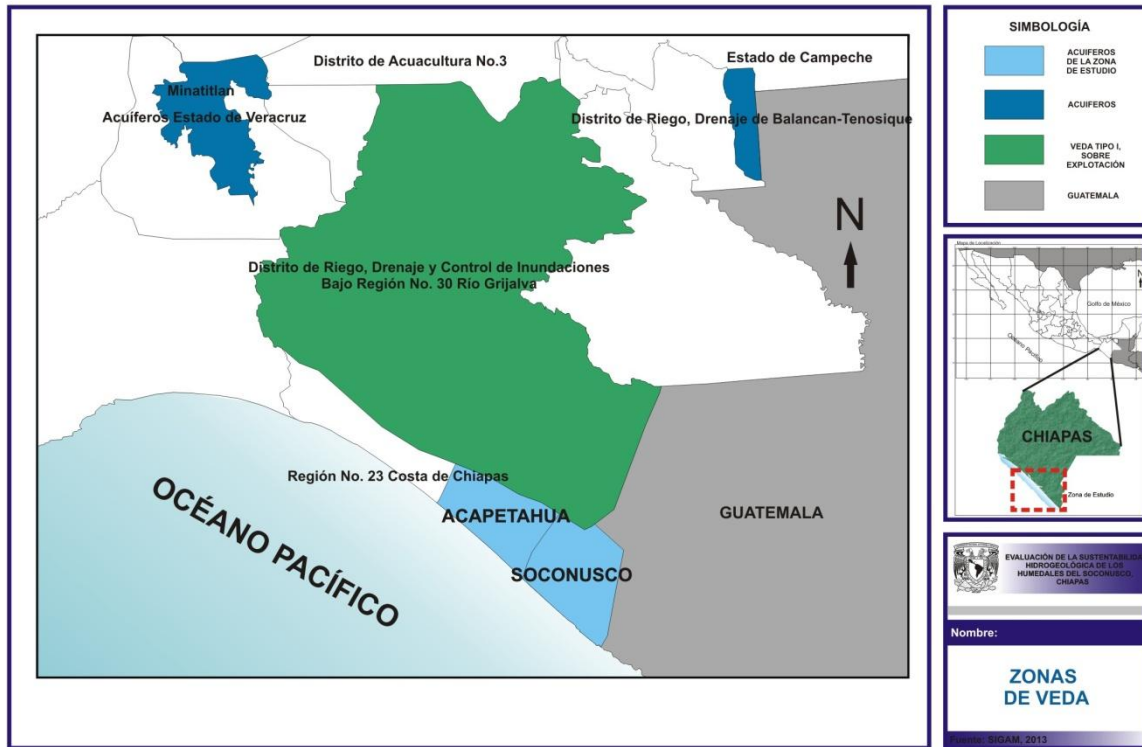


Figura 6.2. Zonas de Veda (SIGAM, 2013)

6.2.1 Usos del Agua Subterránea

En el Registro Público de derechos de agua (REPDA), el estado de Chiapas tiene 7000 registros de derechos para uso de agua subterráneo. En la zona de estudio ubicada en la Región Soconusco, cuenta con 591 registros, de los cuales 139 pertenecen a la cuenca del río Huixtla, 80 a la cuenca del río Despoblado y 372 a la cuenta de la Laguna del Viejo y Tembladeras. En las siguientes tablas se muestran los usos que se destinan para el volumen extraído.

Títulos	Uso	Volumen Extraído Anual (m ³ /año)
80	Agrícola	12,180,326.02
399	Doméstico	60,210.24
23	Industrial	2,958,492.63
49	Pecuario	51,476.30
36	Público Urbano	2,713,841.24
4	Servicios	10,189.50

Tabla 6.2.1 Número de títulos totales en la zona de estudio, extracción de agua subterránea (Sánchez Camacho, 2012).

Títulos	Uso	Volumen Extraído Anual (m ³ /año)
12	Agrícola	2,801,538.20
97	Doméstico	26,855.47
8	Industrial	2,824,371.53
9	Pecuario	2,098.65
12	Público Urbano	987,730.76
1	Servicios	4,104.00

Tabla 6.2.2. Número de títulos ubicados en la cuenca del río Huixtla, agua subterránea (Sánchez Camacho, 2012).

Títulos	Uso	Volumen Extraído Anual (m³/año)
7	Agrícola	1,695,323.80
611	Doméstico	6738.96
5	Industrial	15,238.87
5	Público Urbano	149,444.40
2	Servicios	5,005.50

Tabla 6.2.3. Número de títulos ubicados en la cuenca del río Despoblado, agua subterránea (Sánchez Camacho, 2012).

Títulos	Uso	Volumen Extraído Anual (m³/año)
61	Agrícola	7,683,464.02
241	Doméstico	26,615.81
10	Industrial	118,882.23
40	Pecuario	49,377.65
19	Público Urbano	1,576,666.08
1	Servicios	1,080.00

Tabla 6.2.4. Número de títulos ubicados en la cuenca de la laguna del Viejo y Tembladeras, agua subterránea (Sánchez Camacho, 2012).

6.2.2 Usos constitutivos en la zona de Estudio a nivel municipal

Dentro de la Zona de Estudio el uso principal del agua es el agrícola, así lo establece el dominio de concesiones para este rubro que arrojó el proceso de la información de los aprovechamientos del REPDA.

Es preciso señalar que en la Zona de Estudio se encuentran los Distritos de Temporal Tecnificado 06 Acapetahua y 018 Huixtla; asimismo la CONAGUA desde hace algunos años publica el documento denominado “Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Temporal Tecnificado”.

La información contenida en tal documento alude a: áreas, cultivos y su valoración en moneda corriente; sin embargo no existe información en cuanto al volumen de agua que se destina para esta actividad, o una política de operación general expresada como lámina de agua utilizada (Sánchez Camacho, 2012).

6.3 Unidades Hidrogeológicas

En el acuífero se han identificado diferentes tipos de unidades, las cuales lo constituyen, y se describen a continuación:

Unidad 1: A partir de los 0 m, no se tiene el valor total de su espesor, éstos son variables, se esperan aumentando su profundidad, se encuentran depósitos, lacustres, palustres y litoral, son el acuífero en la parte más somera, funcionan como zonas de recarga, los valores de conductividad hidráulica de esta unidad oscila entre 1.15×10^{-6} a 1.15×10^{-8} m/s tomado de Fetter, 2001.

Unidad 2: Constituida por, intercalaciones de lentes arcillosos, su espesor se encontrará en rangos de 6 a 10 m, son paralelos a la línea de costa, producto de lagunas de barrera y de zonas pantanosas, originados cuando la línea de costa retrocedía, actualmente puede encontrarse en el subsuelo y cercanos a la Sierra. Estos lentes arcillosos, localmente confinan al acuífero, el rango de la conductividad hidráulica es de 1.15×10^{-8} a 1.15×10^{-11} m/s valor tomado de Fetter, 2001.

Unidad 3: A partir de los 0 m y alcanzando profundidades de hasta 500 m en algunas partes, los depósitos aluviales conforman en su mayoría el acuífero. Estos depósitos se extienden en una franja paralela a la sierra de Chiapas, tocando la planicie costera, la conductividad hidráulica de esta unidad es del valor de arenas medias y oscila según Fetter, 2001, de 1.15×10^{-3} a 1.15×10^{-5} m/s.

Unidad 4: inicia entre 100 y 500 m de profundidad hasta alcanzar más de 1000 m de profundidad, ésta en la zona impermeable conformada por rocas ígneas extrusivas: metagranito, metagranodiorita, y granodiorita, aquí se encontrará el acuífugo. Ésta unidad limita con el acuífero, forma parte del basamento.

6.4 Elevación del Nivel Estático

Se llevarán a cabo censos de pozos en la zona de estudio, **ANEXO 6.4** cuya ubicación se muestra en la **Figura 6.4**, y los datos en la **Tabla 6.4**, con los datos obtenidos se realizarán los análisis de este capítulo.

Para conocer la elevación del nivel estático del acuífero se cuentan con dos mapas, el primero del año 1981, **Figura 6.4.1** (Geocalli, S.A, 1981) y el segundo realizadó con los datos obtenidos en diciembre de 2012, **Figura6.4.2**.

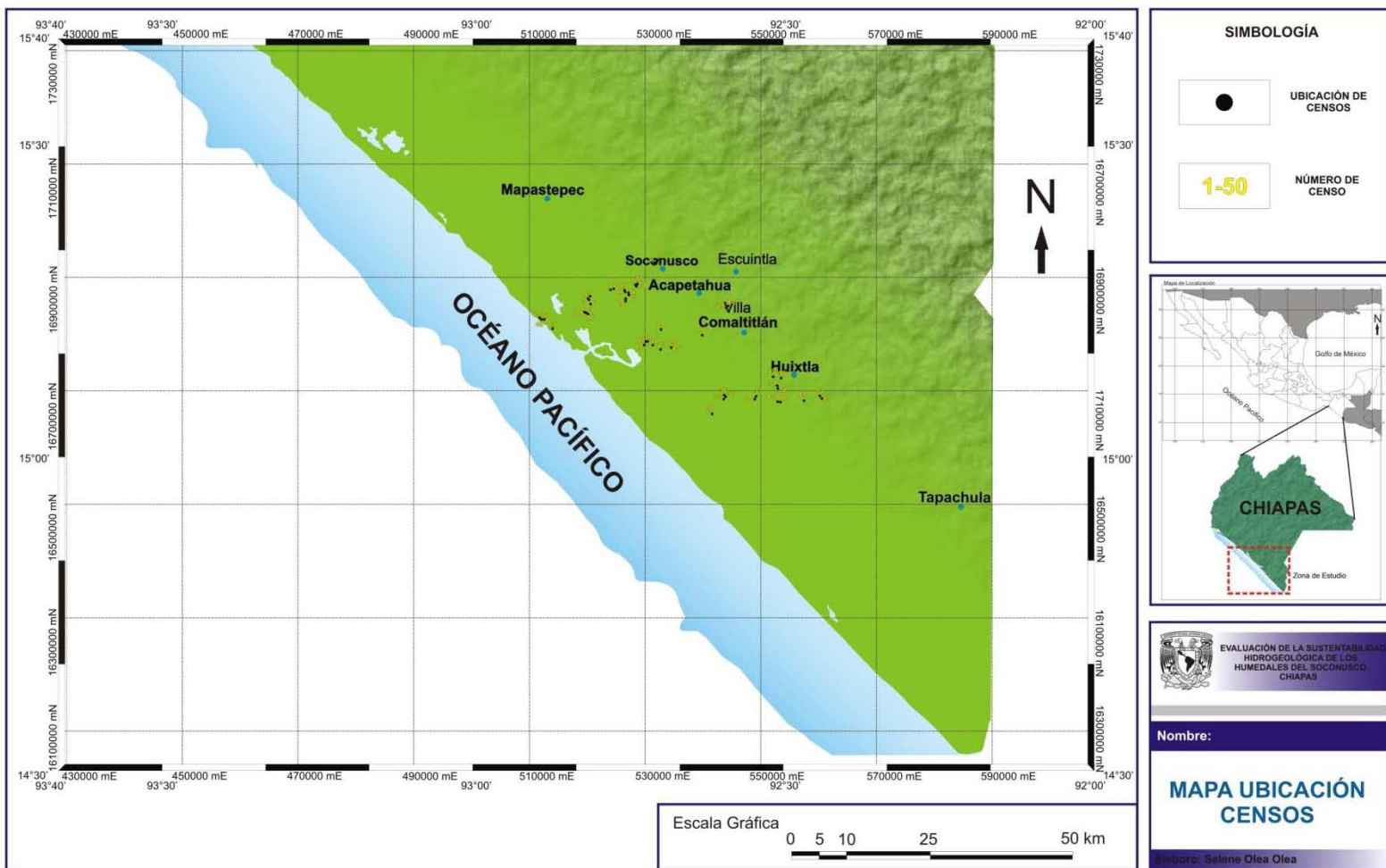
En ambos mapas, se observa que continúan el mismo patrón de isolineas, siendo un poco mas curvas el de 1981 (**Figura 6.4.1**), mostrandó valores homogéneos paralelos con la línea de costa, sin embargo en el mapa de elevación del nivel estático 2012 (**Figura 6.4.2**), se muestra mucha más homogeneidad en cuanto a los niveles, aunque ambos mapas siguen los mismos parámetros esenciales.

Número	x	y	z (msnm)	ENE (m)
1	532061	1689892	28	22.32
3	520319	1683187	7	5.35
4	520215	1683100	6	5.59
5	520217	1683083	6	4.09
6	520414	1682244	5	3.04
8	524456	1685089	13	11.46
9	528265	1685392	15	12.65
10	528279	1685398	15	12.86
11	528282	1685402	15	12.7
12	526997	1684025	15	13.16
13	527046	1684013	14	11.93
14	526542	1684157	12	9.62
15	526564	1684163	11	9.06
16	526638	1683192	12	10.03
17	526651	1683129	12	10.065
18	532647	1677808	14	12.5
22	531322	1675052	8	5.97
24	534461	1674651	9	6.76
25	534459	1674652	9	6.9
26	539877	1676615	16	13.26
28	544317	1681948	30	26.13
29	552235	1669353	23	21.4

31	552907	1667779	22	21
33	549062	1666008	16	14.26
34	549067	1666006	16	14.23
35	543660	1665722	8	5.84
36	543826	1665877	7	5.02
37	543823	1665881	8	5.94
39	553131	1665170	15	12.92
41	557590	1665483	20	18.09
42	560446	1666213	22	19.79
43	560646	1666011	22	20.19

Tabla 6.4 Valores tomados en campo de ENE

Figura 6.4 Ubicación de Pozos



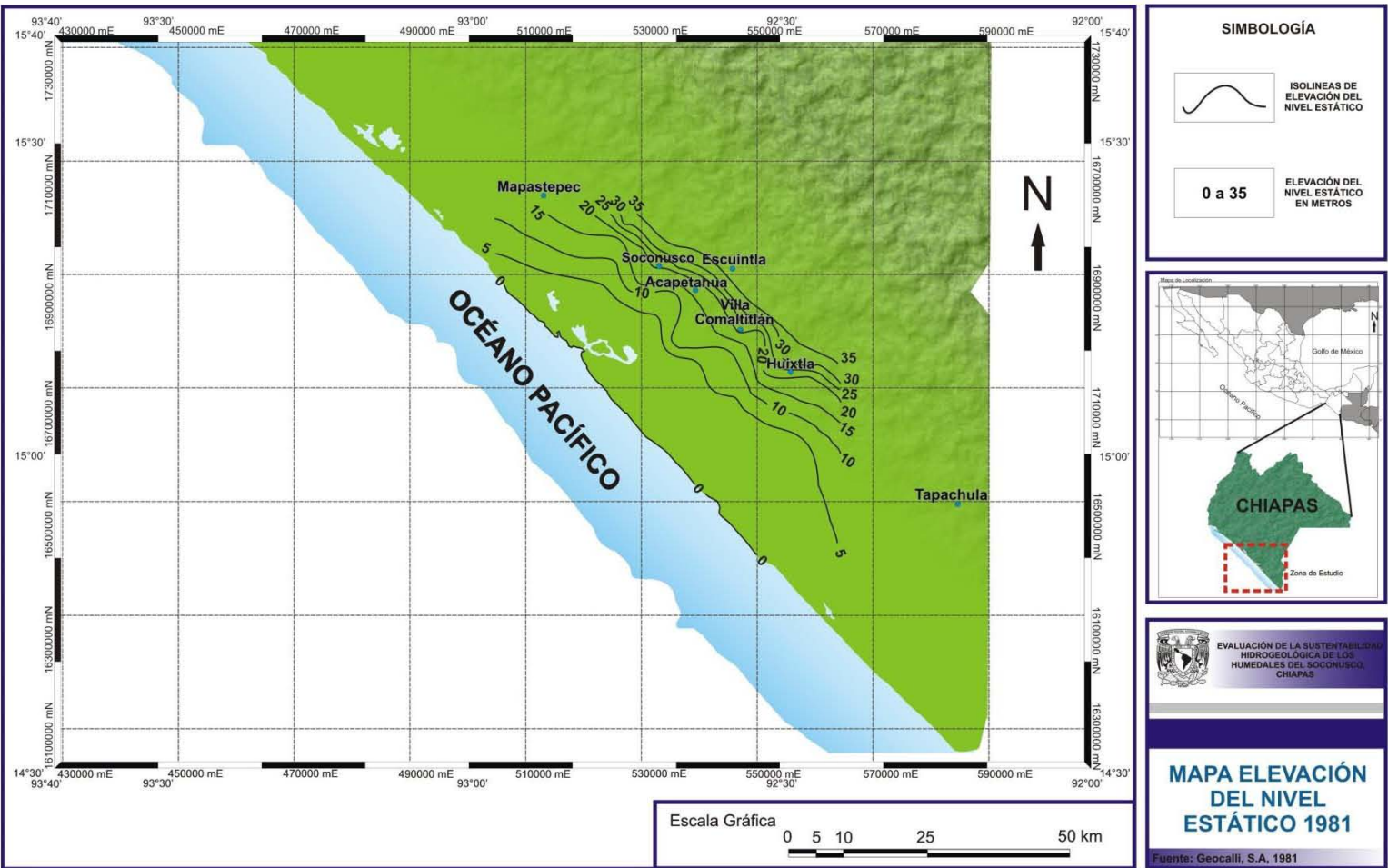


Figura 6.4.1 Elevación del Nivel Estático (Geocalli, 1981)

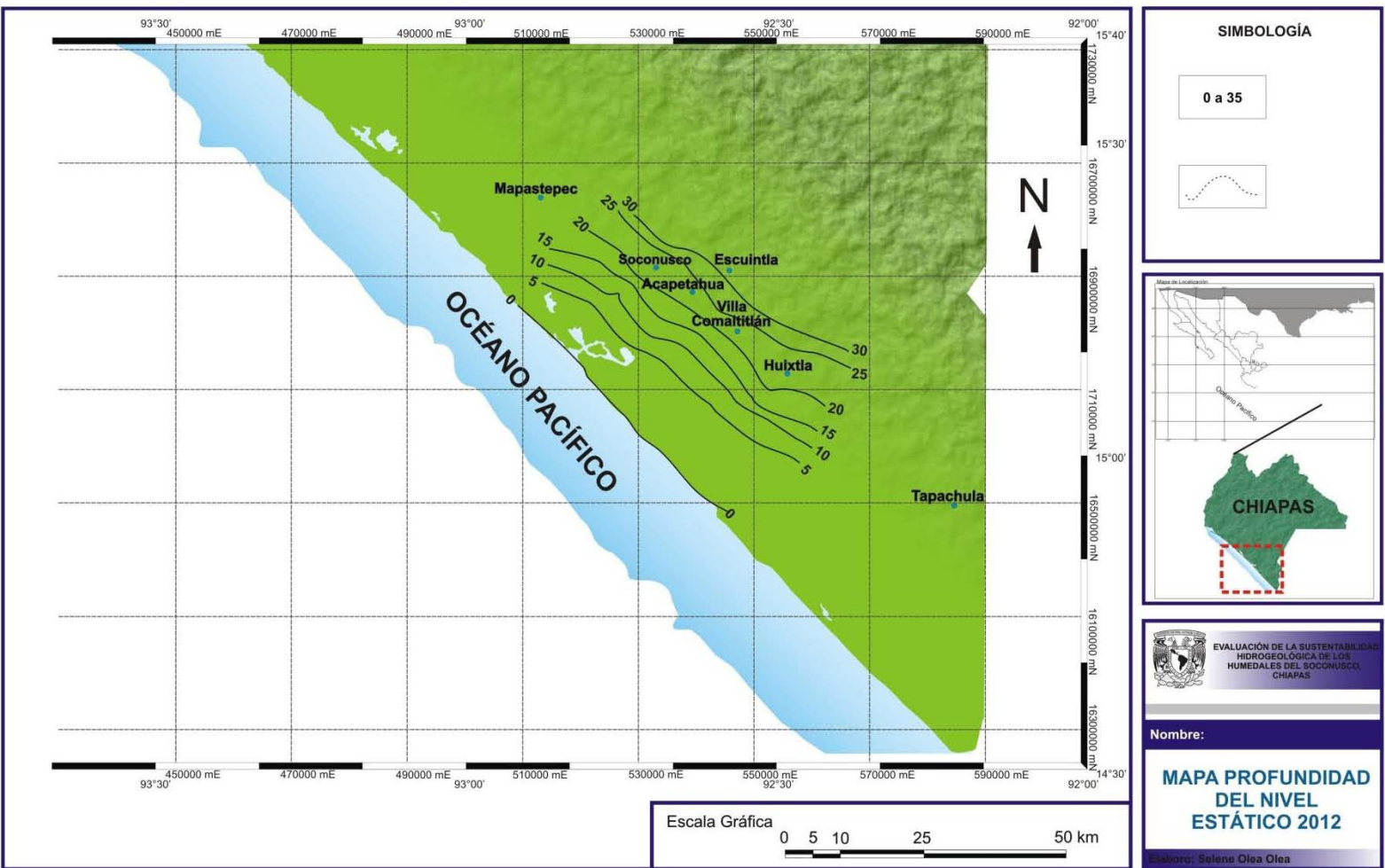


Figura 6.4.2 Elevación del Nivel Estático 2012

6.5 Profundidad del Nivel Estático

La profundidad del nivel estático obtenida del censo de pozos realizado en campo **Tabla 6.5**, se presentará con valores que oscilan entre 1 y 6 metros, las profundidades aumentan paulatinamente al acercarse a las porciones altas cercanas a los contactos entre las rocas impermeables y los depósitos aluviales, esto se observa en la **Figura 6.5**, pues los valores más altos se encontrarán cercanos a estos contactos entre los poblados de Acapetahua y Soconusco.

Los valores mínimos, que van desde los 2 metros, se localizan cercanos a la línea de costa, alrededor de la zona de humedales.

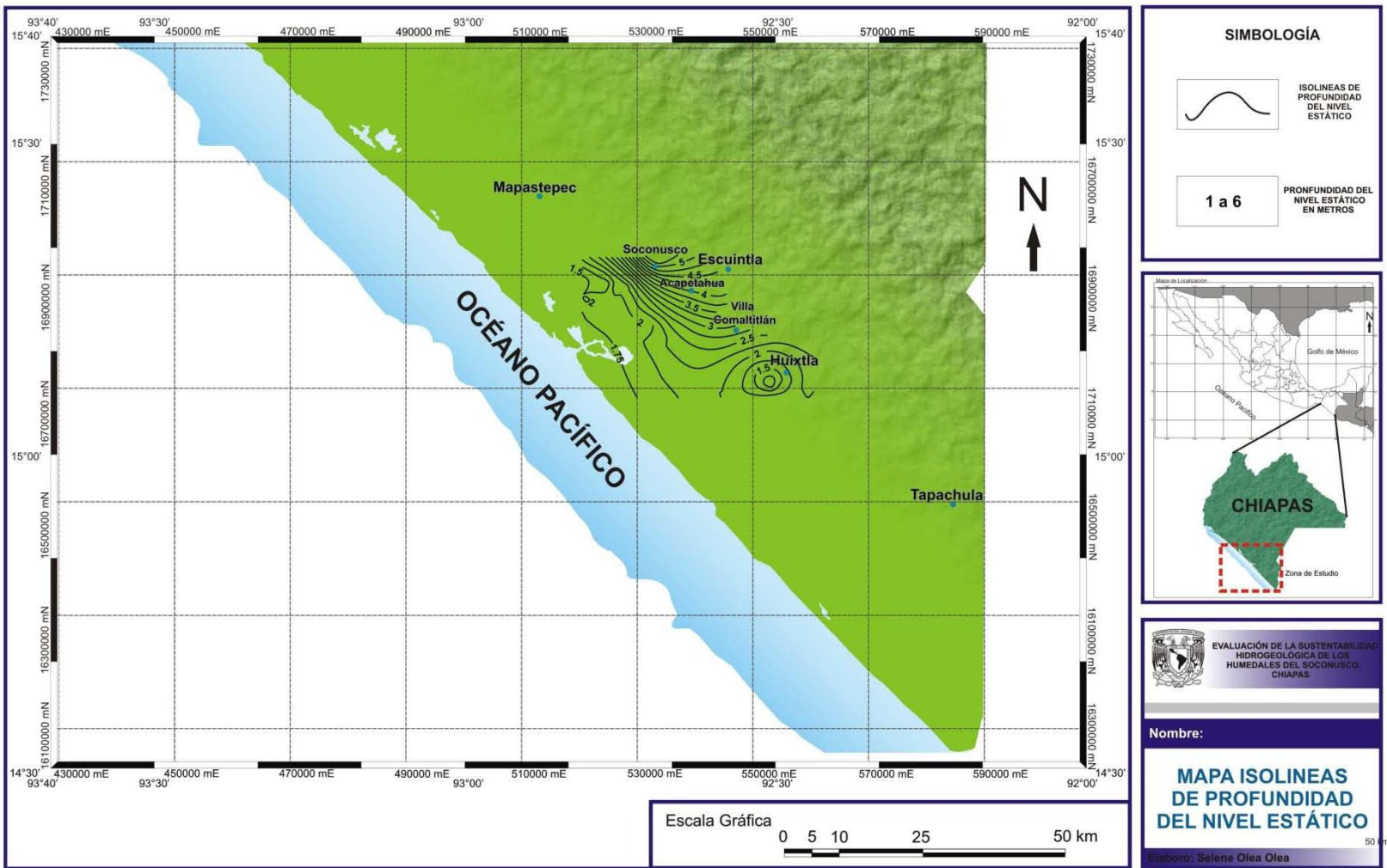
En las cercanías del poblado de Huixtla los niveles oscilan entre los 1.25 y 2 m, estos niveles pueden estar influenciados a su cercanía con el Río Huixtla, que posiblemente este drenando al acuífero.

Número	x	y	z (msnm)	PNE (m)
1	532061	1689892	28	5.68
3	520319	1683187	7	1.65
4	520215	1683100	6	0.41
5	520217	1683083	6	1.91
6	520414	1682244	5	1.96
8	524456	1685089	13	1.54
9	528265	1685392	15	2.35
10	528279	1685398	15	2.14
11	528282	1685402	15	2.3
12	526997	1684025	15	1.84
13	527046	1684013	14	2.07
14	526542	1684157	12	2.38
15	526564	1684163	11	1.94
16	526638	1683192	12	1.97
17	526651	1683129	12	1.935
18	532647	1677808	14	1.5
22	531322	1675052	8	2.03
24	534461	1674651	9	2.24
25	534459	1674652	9	2.1
26	539877	1676615	16	2.74
28	544317	1681948	30	3.87
29	552235	1669353	23	1.6

31	552907	1667779	22	1
33	549062	1666008	16	1.74
34	549067	1666006	16	1.77
35	543660	1665722	8	2.16
36	543826	1665877	7	1.98
37	543823	1665881	8	2.06
39	553131	1665170	15	2.08
41	557590	1665483	20	1.91
42	560446	1666213	22	2.21
43	560646	1666011	22	1.81

Tabla 6.5 Valores tomados en campo de PNE

Figura 6.5 Isolinias de Profundidad del Nivel Estático



6.6 Red de flujo subterráneo

En este apartado, se presentan dos redes de flujo, una elaborada con datos tomados del estudio desarrollado por Geocalli, S.A, 1981, pertenecientes al mes de noviembre **Figura 6.6** y datos obtenidos en campo diciembre de 2012, **Figura 6.6.1**.

Los datos de ambas fuerón procesados con el Sotware Surfer, que nos ayuda a obtener la configuración de las líneas equipotenciales, de éstas se observá el mismo patrón de movimiento del agua subterránea, que se mueve en dirección NE a SE.

Los niveles estáticos de ambas redes, no presentán variación significativa, por lo que el agua sigue la misma trayectoria que hace 20 años.

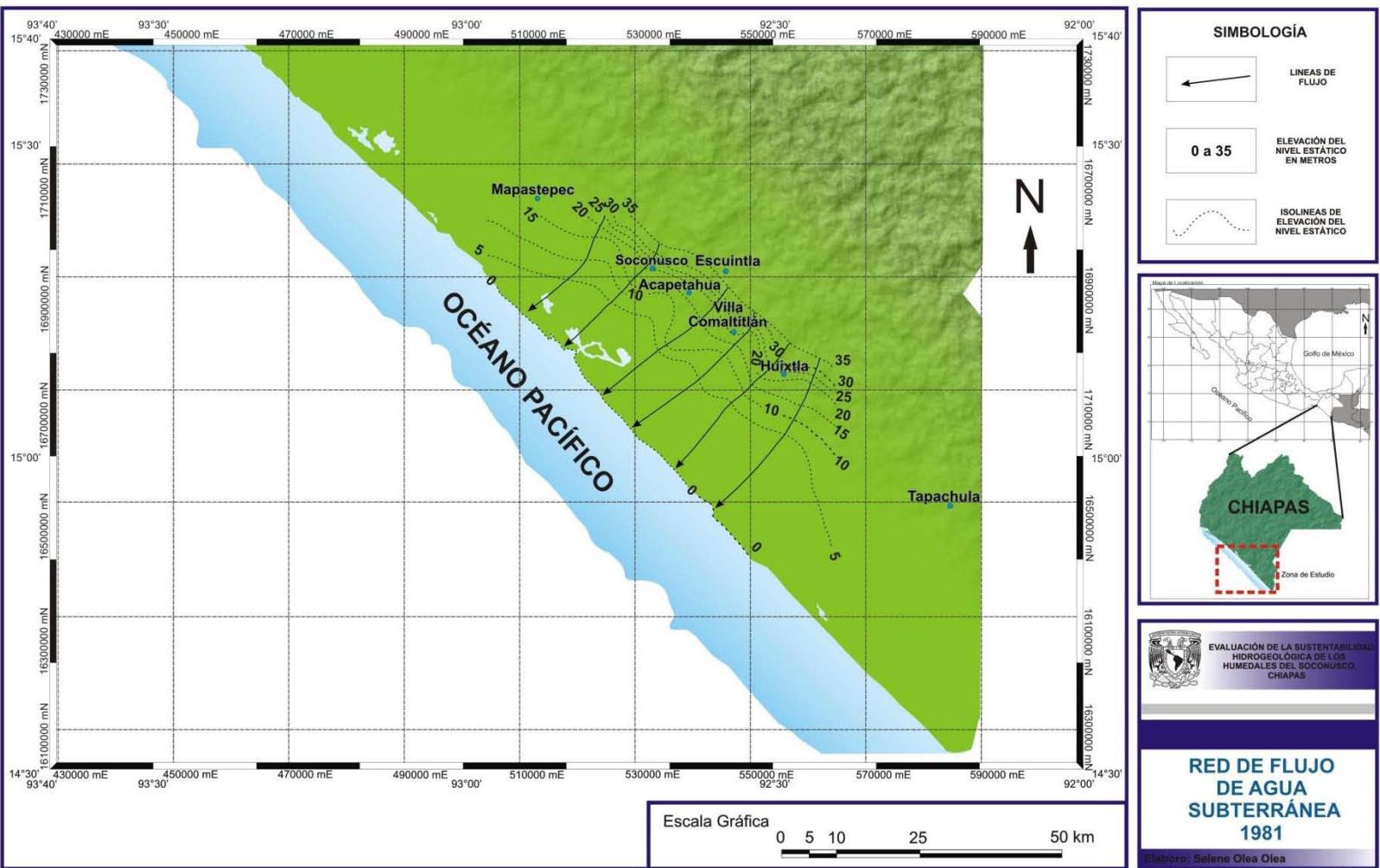


Figura 6.6 Red de flujo de agua subterránea (Geocalli, 1981)

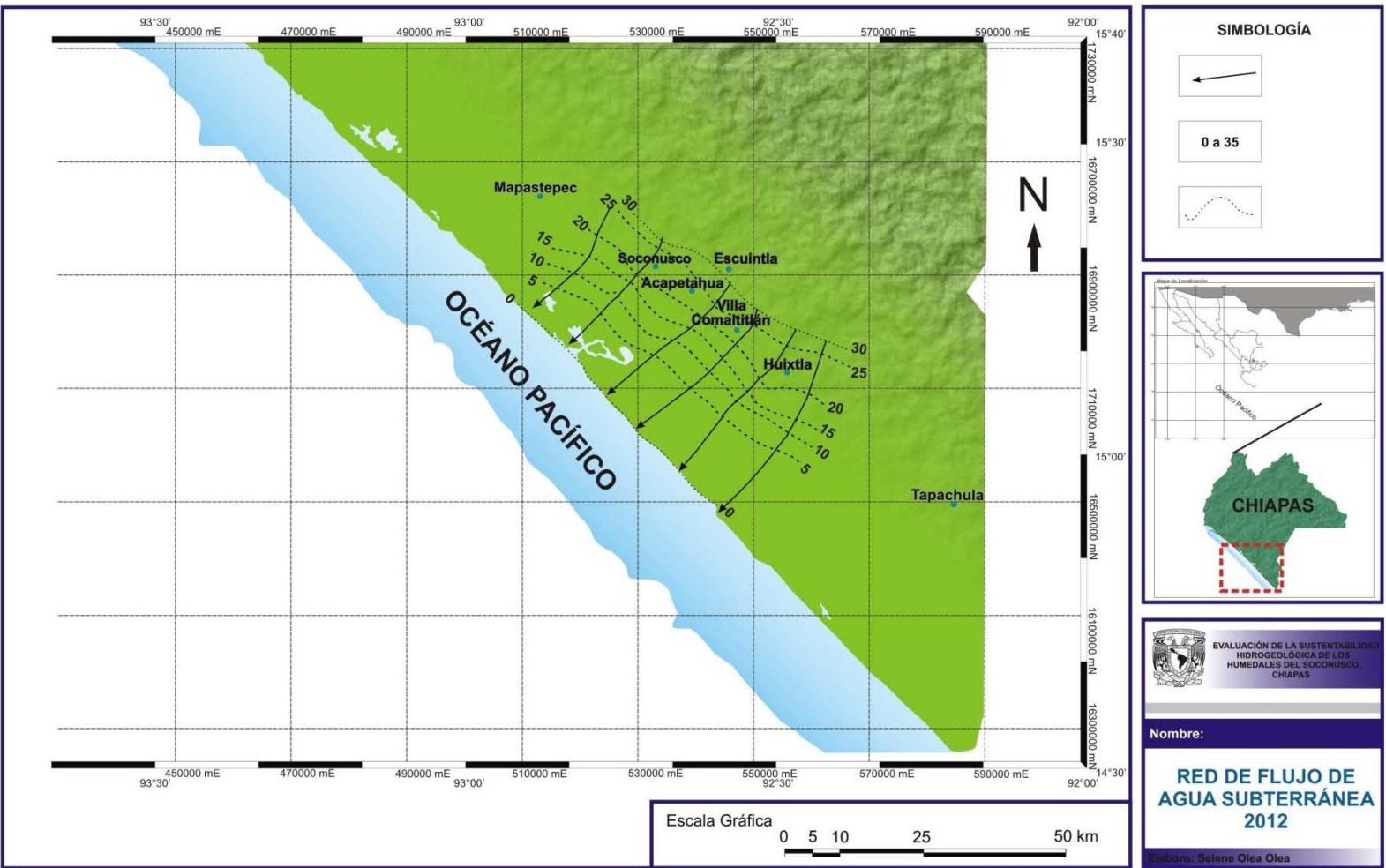


Figura 6.6.1 Red de flujo de agua subterránea 2012

6.7 Parámetros hidráulicos del acuífero

A continuación se describen los parámetros hidráulicos obtenidos del análisis de una prueba de bombeo a caudal constante.

6.7.1 Prueba de bombeo a caudal constante

Se realizó una prueba de bombeo a caudal constante, en el punto 8 del censo de pozos, denominado Zacatonatl, los datos se encuentran en el **Anexo 6.7.1**, dicha prueba fue de corta duración, debido a que este pozo abastece de agua a las rancherías cercanas por medio de un tanque, cuando el tanque se llena, se apaga el pozo.

En la zona de estudio fue difícil encontrar otro lugar para realizar otra prueba de bombeo.

En la **Figura 6.7.1 (2)** se muestra la grafica de la prueba de bombeo.

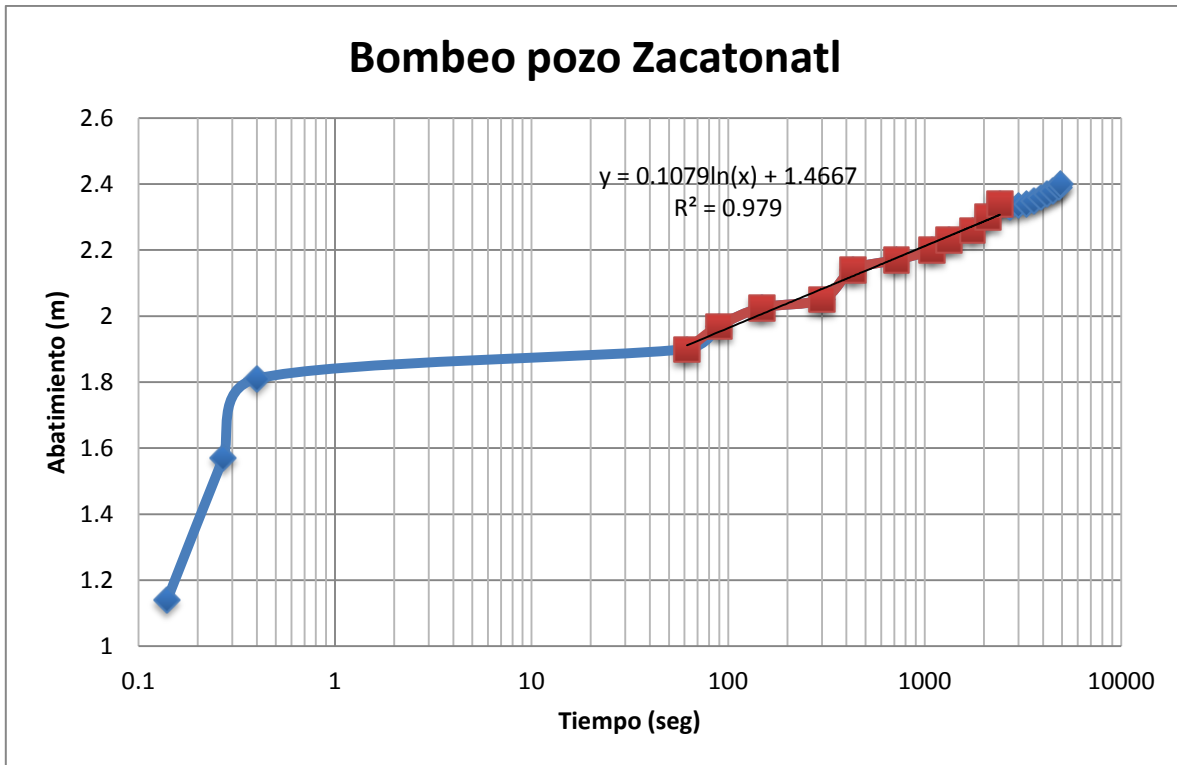


Figura 6.7.1 (2) Prueba de bombeo pozo Zacatonatl

6.7.2 Interpretación de pruebas de bombeo a caudal constante

6.7.2.1 Métodos analíticos

Se realizó el procesamiento de la prueba por medio del método Cooper-Jacob (1946), que es una simplificación del método de Theis (1935).

Al utilizar el método Cooper-Jacob, los valores de “u” disminuyen cuando el tiempo aumenta y cuando la distancia radial “r” disminuye. Involucra la interrupción de la serie infinita de Taylor que se utiliza para estimar la función del pozo $W(u)$. Los datos de la medición se ven afectados por esta interrupción, por lo que no todos los primeros datos son válidos.

De a lo mencionado con anterioridad la ecuación resultante es:

$$s = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} \left[-\ln 1.78 - \ln \left(\frac{r^2 S}{4Tt} \right) \right] \dots\dots\dots(1)$$

Donde;

- s: descenso en m.
- T: transmisividad en m²/d.
- Q: caudal de bombeo en m³/d.
- Δ(h₀-h): descenso por ciclo logarítmico de tiempo o en la ecuación general de la curva de tendencia, la pendiente. Este valor debe multiplicarse por 2.3 si esta en log₁₀ para pasarlo a ln.
- S: es el coeficiente de almacenamiento (adimensional).
- r: es la distancia del pozo de observación al pozo de bombeo o el radio del pozo en metros.
- t: tiempo en segundos.

Esta solución es apropiada para las condiciones que se observan en la **Figura 6.7.2.1**

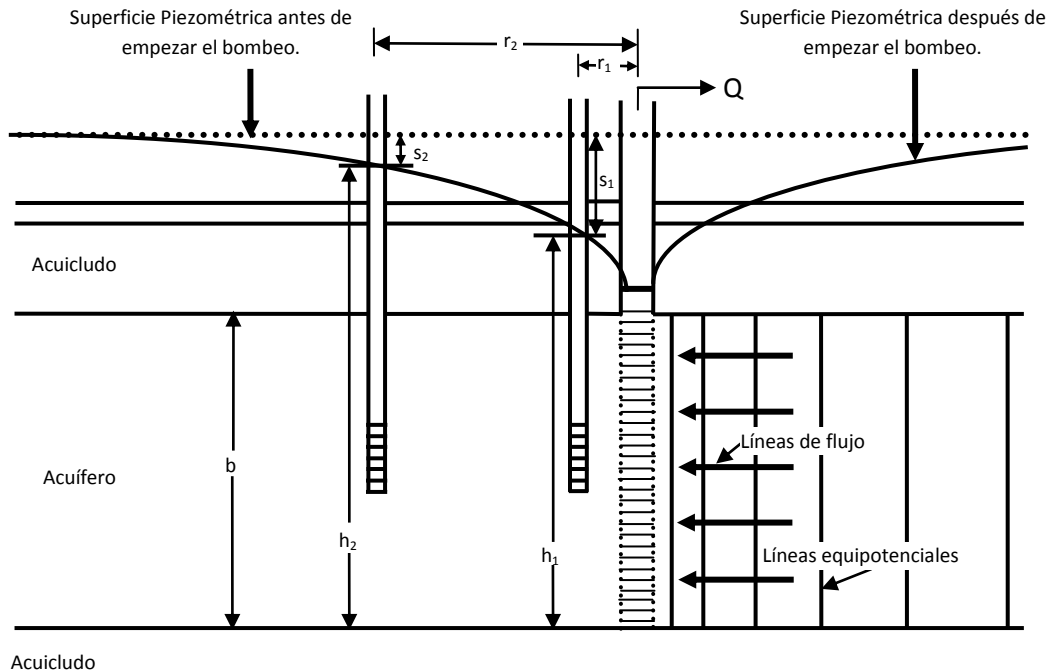


Figura 6.7.2.1 Sección esquemática de un acuífero confinado con un pozo de bombeo totalmente penetrante y dos pozos de observación con penetración parcial.

La solución de Cooper-Jacob considera las siguientes suposiciones:

- El acuífero es confinado y tiene una extensión aparentemente infinita.
- El acuífero es homogéneo, isotrópico, y de espesor uniforme en el área influenciada por el bombeo.
- La superficie piezométrica era horizontal antes de haber empezado el bombeo.
- El bombeo en el pozo es a caudal constante.
- El pozo de bombeo es totalmente penetrante.

Los valores de u son pequeños (regla de oro $u < 0.01$)

Tras estas consideraciones y desarrollando la ecuación 1 obtenemos,

$$T = 0.183 \frac{Q}{m} \dots\dots\dots (2)$$

$$S = \frac{2.25Tt_o}{r^2} \dots\dots\dots (3)$$

Donde;

- T es la transmisividad en m²/d.
- Q es el caudal de bombeo en m³/d.
- m es Δ(h₀-h), descenso por ciclo logarítmico de tiempo o en la ecuación general de la curva de tendencia, la pendiente. Este valor debe multiplicarse por 2.3 si esta en ln para pasarlo a log₁₀.
- S es el coeficiente de almacenamiento (adimensional).
- r es la distancia del pozo de observación al pozo de bombeo o el radio del pozo en metros.
- t₀ es el tiempo, donde la curva intersecta el eje de las abscisas en segundos.

El cálculo de la conductividad hidráulica (k) se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$k = T/b \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

- k: es la conductividad hidráulica en m/d.
- T: es la transmisividad en m²/d.
- b: es el espesor saturado total del acuífero en metros o el espesor saturado cortado por el pozo.

Este método fue desarrollado para acuíferos confinados y semiconfinados, sin embargo, en lo acuíferos libres también se puede aplicar.

Procesamiento Cooper-Jacob

Transmisividad

$$T = 0.183 \left(\frac{Q}{m} \right)$$

Donde:

T= Transmisividad [m²/s]

Q= Caudal de extracción [m³/d]

m= Pendiente de la recta[m]

Sustituyendo

T= 5570.38 [m/d]

Conductividad Hidráulica

$$T = K * b$$

Donde:

T= Transmisividad [m^2/s]

K= Conductividad hidráulica [m/s]

b= Espesor Saturado [m]

Sustituyendo

K= 77.99 [m/d]

Debido a la poca duración de la prueba de bombeo, no se formó completamente la curva, sin embargo en la gráfica (**Figura 6.7.1 (2)**) se puede observar que se trata de un acuífero libre, el valor de la conductividad hidráulica obtenido es de $K=77.9$ [m/d], (Domenico, 1998; Smith, 1993; Freeze, 1979; Fetter, 2001 y Sanders, 1998) reportan que este valor se encontrará en el rango de materiales granulares (arenas medias).

6.8 Calidad del agua del acuífero

En este apartado se presentan las mediciones realizadas en campo, a puntos de agua subterránea y superficial, donde se midió la conductividad eléctrica y se tomó su temperatura **Tabla 6.8** y **Tabla 6.8 (2)** A continuación se muestran los resultados obtenidos con dichos datos

Número	x	y	z (msnm)	CE $\mu\text{S/cm}$	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	532061	1689892	28	130	28.3
2	531656	1689553	28	210	28.7
3	520319	1683187	7	426	28.2
4	520215	1683100	6	250	29
5	520217	1683083	6	341	26.1
6	520414	1682244	5	3460	26.4
8	524456	1685089	13	222	27.8
9	528265	1685392	15	269	28.4
10	528279	1685398	15	503	26.7
11	528282	1685402	15	179	27.8
12	526997	1684025	15	439	31.5
13	527046	1684013	14	366	28.1
14	526542	1684157	12	340	26.1
15	526564	1684163	11	253	28
16	526638	1683192	12	473	27.7
17	526651	1683129	12	344	28.3
20	529858	1675153	3	182	27.4
21	530151	1675526	3	556	27.4
22	531322	1675052	8	305	27.5
24	534461	1674651	9	864	27.4
25	534459	1674652	9	814	28

Tabla 6.8 Valores medidos en campo CE y T

Número	x	y	z (msnm)	CE $\mu\text{S/cm}$	T ($^{\circ}\text{C}$)
26	539877	1676615	16	353	27.4
29	552235	1669353	23	239	27.8
31	552907	1667779	22	573	27.3
33	549062	1666008	16	570	27
34	549067	1666006	16	1192	29.2
35	543660	1665722	8	1193	27.3
36	543826	1665877	7	569	27.6
37	543823	1665881	8	901	26.8
38	541491	1663252	8	152	26.5
39	553131	1665170	15	231	27.5
41	557590	1665483	20	640	27.5
42	560446	1666213	22	196	28.2
43	560646	1666011	22	314	27.4
44	519882	1680805	9	18520	29.11
45	519701	1680640	8	18500	28.8
46	519634	1680640	7	18700	27.5
47	513841	1677930	0	21500	27.7
48	511958	1679684	0	26200	30.1
49	511753	1679727	0	25100	29.1
50	512091	1679562	0	31700	29.2

Tabla 6.8 (2) Valores medidos en campo CE y T

6.8.1 Temperatura

Las temperaturas registradas en el censo de pozos, oscilan entre los 26 y 29 grados, éstas fueron tomadas de puntos de agua subterránea y superficial, sus valores no varían sin importar la naturaleza del punto. Al ser valores normales de temperatura, se infiere que no existe ninguna actividad de hidrotermal en la zona.

6.8.2 Tipos de Agua

La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, estableció en el apartado 4.3. Límites permisibles de características químicas, las concentraciones en miligramo por litro (mg/l) permisibles en el agua para consumo humano, el cual es de 1000 (mg/l), para nuestra clasificación se usó partes por millón (ppm), para complementar dicha clasificación se utilizaron las **Tablas 6.8.2 (1) y 6.8.2 (2)**, en donde se muestran los límites para cada tipo de agua, sin embargo por la poca variación entre los valores, se tomaron los valores de Water quality association, siguiendo de guía los de Freeze y Cherry, 1979.

Tipo de Agua	Sólidos Totales Disueltos (STD) ppm
Agua Dulce	0 - 1000
Agua Salobre	1000 - 10,000
Agua Salada	10,000 - 100,000
Salmuera	> 100,000

Tabla 6.8.2 (1) Valores de clasificación de las aguas (Freeze y Cherry, 1979)

Tipo de Agua	Sólidos Totales Disueltos (STD) ppm
---------------------	--

dulce	< 1000
salobre	1000 - 5000
Altamente salobre	5000 - 15,000
salina	15,000 - 30,000
Agua marina	30,000 - 40,000
Salmuera	400,00 - 300,000

Tabla 6.8.2 (2) Valores de clasificación de las aguas (Water quality association)

En la **tabla 6.8.2 (3)** y **tabla 6.8.2 (4)** se presentán los valores registrados en campo, en ellas se puede observar la clasificación del agua en cuanto a su salinidad, los puntos de agua dulce, correspondén al censo de pozos, norias, y puntos de agua superficial (número 20 y 38 corresponden a embarcaderos y número 21 a humedal), llevado a cabo en la zona, todos los puntos fueron clasificados como agua dulce, solo el censo N° 6 sobrepaso los valores permitidos por la NOM-127-SSA1-1994, clasificando el agua como salobre además de los tomados en la zona de humedales, la cual forma parte del agua superficial y no es tomada por los pobladores para sus actividades.

Número	x	y	STD (ppm)	Clasificación
1	532061	1689892	83.2	Dulce
2	531656	1689553	134.4	Dulce
3	520319	1683187	272.64	Dulce
4	520215	1683100	160	Dulce
5	520217	1683083	218.24	Dulce
6	520414	1682244	2214.4	Salobre
7	523983	1684693	-	-
8	524456	1685089	142.08	Dulce
9	528265	1685392	172.16	Dulce
10	528279	1685398	321.92	Dulce

11	528282	1685402	114.56	Dulce
12	526997	1684025	280.96	Dulce
13	527046	1684013	234.24	Dulce
14	526542	1684157	217.6	Dulce
15	526564	1684163	161.92	Dulce
16	526638	1683192	302.72	Dulce
17	526651	1683129	220.16	Dulce
18	532647	1677808	-	-
19	530203	1675533	-	-
20	529858	1675153	116.48	Dulce
21	530151	1675526	355.84	Dulce
22	531322	1675052	195.2	Dulce
23	532580	1674503	-	-
24	534461	1674651	552.96	Dulce
25	534459	1674652	520.96	Dulce

Tabla 6.8.2 (3) Clasificación del agua de acuerdo a su salinidad

Número	x	y	STD (ppm)	Clasificación
26	539877	1676615	225.92	Dulce
27	544015	1681620	-	-
28	544317	1681948	-	-
29	552235	1669353	152.96	Dulce
30	553495	1669273	-	-
31	552907	1667779	366.72	Dulce
32	552891	1667878	-	-
33	549062	1666008	364.8	Dulce
34	549067	1666006	762.88	Dulce
35	543660	1665722	763.52	Dulce
36	543826	1665877	364.16	Dulce
37	543823	1665881	576.64	Dulce
38	541491	1663252	97.28	Dulce
39	553131	1665170	147.84	Dulce
40	553295	1665201	-	-
41	557590	1665483	409.6	Dulce
42	560446	1666213	125.44	Dulce

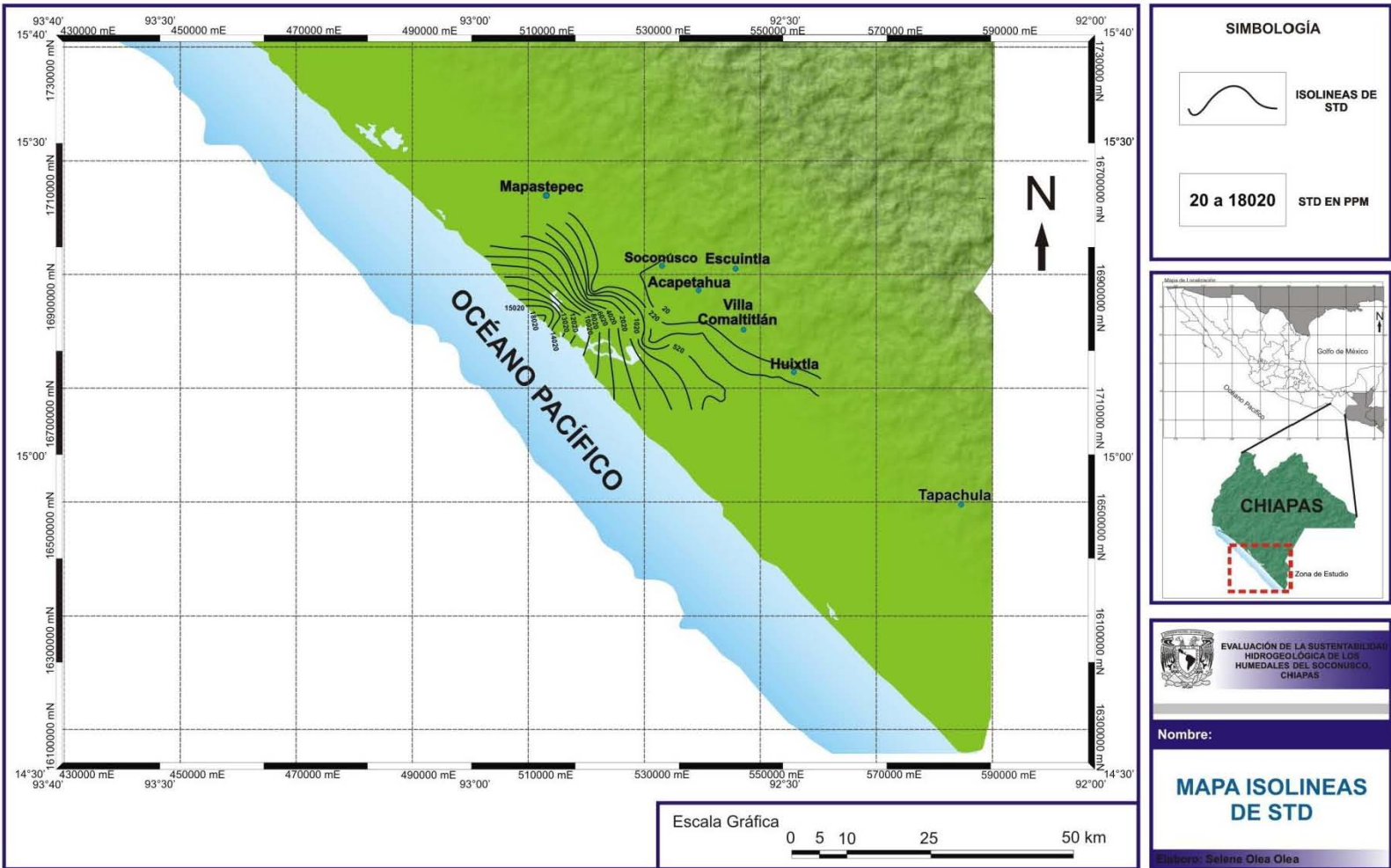
43	560646	1666011	200.96	Dulce
44	519882	1680805	11852.8	Altamente Salobre
45	519701	1680640	11840	Altamente Salobre
46	519634	1680640	11968	Altamente Salobre
47	513841	1677930	13760	Altamente Salobre
48	511958	1679684	16768	Salina
49	511753	1679727	16064	Salina
50	512091	1679562	20288	Salina

Tabla 6.8.2 (3) Clasificación del agua de acuerdo a su salinidad

6.8.3 Sólidos Totales Disueltos

De las mediciones hechas en campo, se reportán los resultados tomados de puntos de agua subterránea y superficial (norias, pozos, humedales), en donde se obtuvieron las conductividades eléctricas, que posteriormente se transformaron a Sólidos Totales Disueltos (STD), se observó el comportamiento de estos, el cual se mostrará en la **Figura 6.8.3**, de la cual se deduce lo siguiente, las concentraciones de STD más bajas se encuentran al pie de la Sierra de Chiapas, cerca a los poblados Huixtla, Villa Comaltitlán y Acapetahua, esta baja concentración indica que el agua corresponde a agua de lluvia de reciente infiltración, la cual no ha tenido oportunidad de disolver un mayor número de sales en solución, esto apoya que la zona de recarga se da tanto en el pie como en la Sierra de Chiapas.

En la **Figura 6.8.3** se observó que conforme se está más cerca de la línea de costa, las concentraciones aumentan, hasta llegar a aguas salinas. El acuífero no se encuentra sobre explotado, por lo que no se produce un efecto de intrusión salina del agua de mar, lo que se ve es la zona de mezcla entre el agua dulce del acuífero y el agua salada proveniente del mar.



6.9 Modelo hidrogeológico conceptual

En este apartado se realizará la descripción del modelo hidrogeológico conceptual, en donde se observan las zonas de recarga, descarga, movimiento del agua subterránea, elevación del nivel estático y la interfaz de agua dulce-salada.

Un aspecto importante en un estudio hidrogeológico en la planicie costera, es la determinación de una posible intrusión salina, ya que los materiales permeables que constituyen el suelo, tiene una continuidad hacia el fondo marino en la línea de costa.

Para el cálculo de intrusión salina, se utilizó el método Ghyben (1889) y Herzberg (1901), el cual se describe a continuación;

La relación Ghyben-Herzberg, se deriva de soluciones analíticas para aproximar el comportamiento de intrusión, ésta se puede observar en la **Figura 6.9**, y la siguiente ecuación:

$$z = \frac{P_f}{(P_s - P_f)} h$$

Donde:

- h: espesor de agua dulce
- z: espesor de agua salada
- P_f: densidad del agua dulce aproximadamente 1000 gramos por centímetro cúbico (g/cm³) a 20 ° C
- P_s: densidad del agua salada aproximadamente 1 025 (g/cm³)

La ecuación se puede simplificar a:

$$z = 40 h$$

Es decir, por cada pie de agua dulce en un acuífero no confinado sobre el nivel del mar, habrá 40 pies de agua dulce en el acuífero bajo el nivel del mar.

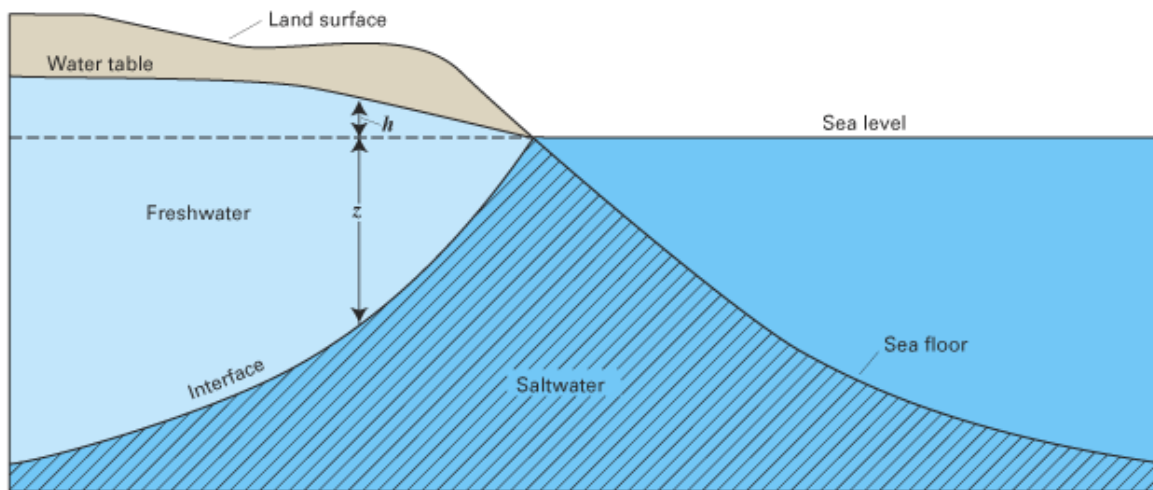


Figura 6.9 Relación Ghyben (1889) y Herzberg (1901)

6.9.1 Descripción del Modelo hidrogeológico conceptual

En la Figura 6.9.2 se puede observar el modelo hidrogeológico conceptual, el cual describió el funcionamiento hidrogeológico del acuífero.

El acuífero está constituido como se menciono anteriormente, por depósitos aluviales, y depósitos palustres, lacustres y litorales, es libre regionalmente, y en la zona cercana a la línea de costa presenta intercalación de lentes arcillosos, los cuales semiconfinan

localmente al acuífero. El basamento está integrado por rocas ígneas intrusivas y metamórficas.

En las partes cercanas a los pies de la Sierra de Chipas, se encuentran las zonas de recarga, que se realizan de los escurrimientos provenientes de ésta, cuando el agua ingresa al sistema acuífero, se mueve en una dirección de NE a SE, transportándose por toda la unidad hidrogeológica 3 correspondiente a depósitos aluviales, y posteriormente en las partes cercanas a la costa entra en contacto con la unidad hidrogeológica 1 conformada por depósitos lacustres, palustres y litoral, ambas mencionadas en el punto 6.3 de este capítulo.

En la **Figura 6.9.2**, se muestra la elevación del nivel estático, el cual comienza en 30 m y continúa siendo más somero hasta llegar a la línea de costa, siendo cero.

Por medio del método Ghyben (1889) y Herzberg (1901), se calculó la interfaz de agua dulce-salada, la cual se muestra en el modelo hidrogeológico conceptual, por medio de las formulas de este método, se estimó que el agua dulce se encuentra a 200 m cerca de la línea costera, y debajo de esta, se localiza la interfaz de agua dulce-salada, que marca la zona de transición entre el acuífero y el mar.

Aplicación del método Ghyben (1889) y Herzberg (1901)

Espesor aluvial 1000 m

Carga hidráulica 5

Formula:

$z = 40 h$

Sustituyendo $z = 40(5)$

$z = 200$

Se determinó que no existe intrusión salina en la zona, debido a que la extracción de agua no es gran cantidad, considerando la gran disponibilidad con la que cuenta la zona, además que los puntos de extracción que pudieran afectar esta condición, no se encuentran próximos a la línea de costa.

Las zonas de humedales poseen agua de carácter altamente salobre y salino, sin llegar a ser agua marina, cuyo valor de STD debería ser 30 000 ppm, por lo que la condición ligeramente elevada de STD en la zona de humedales, no tiene relación alguna con una posible intrusión salina, más bien podría ser causada por encontrarse en la zona de transición entre el agua dulce y salada, y es una mezcla de ambas.

En el modelo hidrológico conceptual se muestra la interfaz de agua dulce-salada, donde con unas flechas como indicadores, se puede observar el aporte de agua dulce proveniente del acuífero y el aporte de agua salada, proveniente del mar.

Después de la presencia de la interfaz de agua dulce-salada, se aprecia en el modelo hidrogeológico conceptual la ubicación del agua salada.

Las descargas horizontales que el acuífero vierte al mar, se marcan en la **Figura 6.9.2**, con flechas.

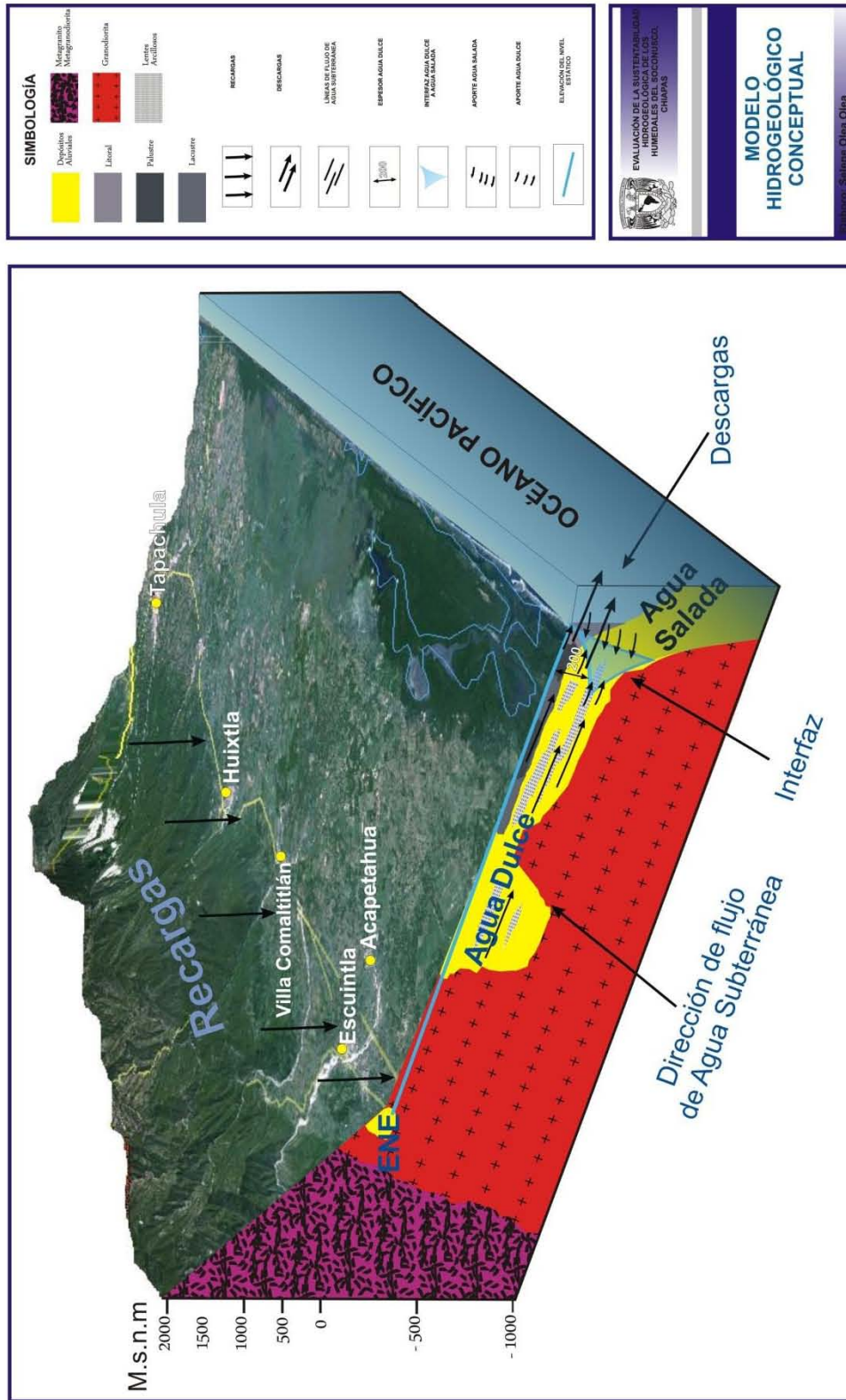


Figura 6.9.2. Modelo hidrogeológico conceptual

6.10 Balance de Aguas Subterráneas

En todo sistema o subsistema del ciclo hidrológico, el principio que indica que el agua no se crea ni se destruye, se refleja en la denominada ecuación de balance hidrológico, la cual permite relacionar las cantidades de agua que circulan por el ciclo. Esta ecuación establece que:

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

La simplicidad de la ecuación anterior es frecuentemente engañosa, ya que en la mayoría de los casos, los términos que la componen no pueden cuantificarse adecuada y fácilmente. Aunque, es claro que la ecuación de balance hidrológico es una herramienta útil para obtener estimaciones de la magnitud y distribución en el tiempo de las variables hidrológicas que en ella intervienen.

Definición del balance de aguas subterráneas

El Balance de Aguas Subterráneas (BAS) que a continuación se presentará corresponde al área de estudio que comprende esencialmente al acuífero de Acapetahua y en una pequeña porción al acuífero de Soconusco y se fundamentará en el principio de conservación de la masa, cuya ecuación de continuidad establece que la diferencia entre los volúmenes de entradas (recarga) y salidas (descarga) de aguas subterráneas de un sistema, establecerá el

posible cambio de volumen en el almacenamiento del sistema-acuífero para un determinado tiempo. Es decir:

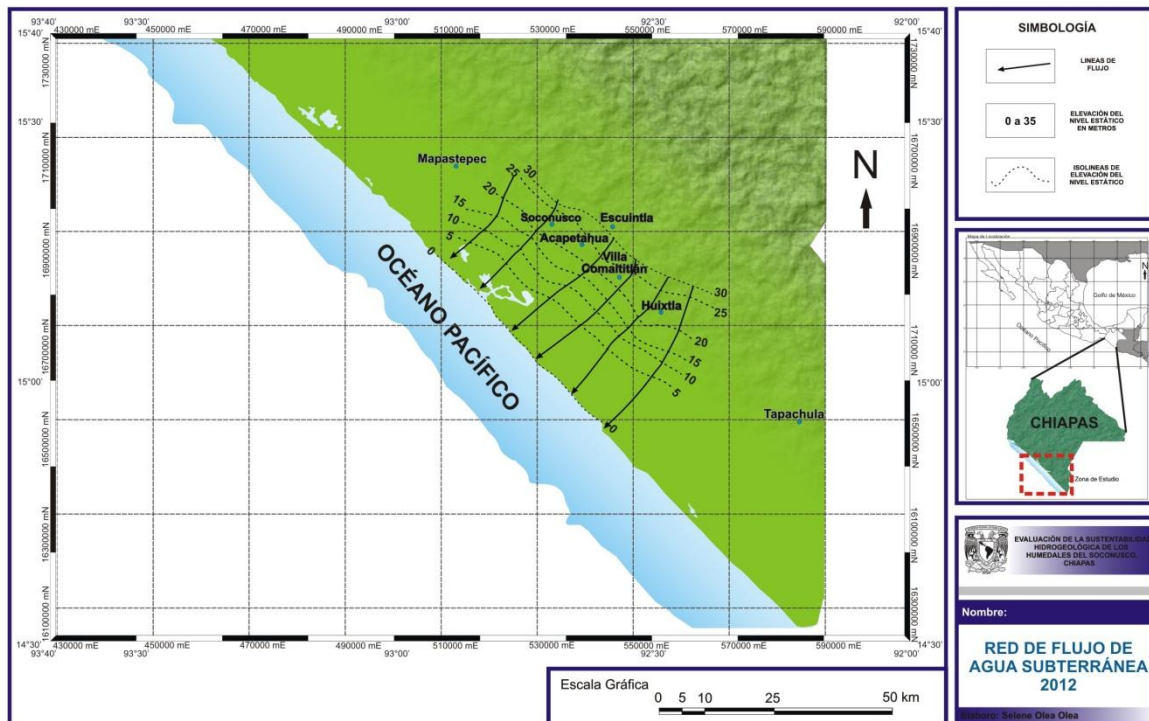
$$\text{Volúmenes de entrada} - \text{Volúmenes de salida} = \text{Cambio del volumen almacenado}$$

Si la diferencia resulta positiva, significa que son mayores los volúmenes de recarga al sistema que las descargas; de lo contrario, será el sistema en cuestión quien aporte mayores volúmenes de agua a costa del almacenamiento del sistema-acuífero.

Las aguas subterráneas del sistema acuífero de la zona manifiestan de manera compleja a través de un sistema de medios granular de comportamiento hidráulicamente libre y características heterogéneas y anisótropas definidas. La profundidad, a la que se encontrará el nivel freático varía de pocos metros hasta unos 20 m. La elevación del nivel freático es variable entre los 40 a 0 msnm, con un gradiente hidráulico de 0.002 en promedio en la zona de recarga. La dirección de flujo de las aguas subterráneas es de NE al SE en el área de estudio, transitando por el centro del valle hasta descargar lateralmente en la zona de humedales y al mar. El espesor de saturación total de agua es en promedio de 600 m. El basamento consiste de una superficie irregular, representada por roca masiva de origen ígneo/metamórfico, con escasa permeabilidad (prácticamente nula).

Área del balance de aguas subterráneas

Para la definición del área de BAS, se consideró la poligonal propuesta por el IMTA para este estudio, que comprende a toda la planicie costera del Acuífero Acapetahua, donde se emplazan la actividad agrícola y ganadera.



6.10 Red de flujo 2012.

6.10.1 Entradas

Recarga lateral de aguas subterráneas.

El fenómeno de la recarga lateral de las aguas subterráneas hacia el Acuífero de de la zona, ocurre por continuidad hidráulica entre el material geológico de las zonas de montaña, que funciona como áreas de recarga (constituidas principalmente por ígneas y metamórficas

fracturadas) y el material sedimentario aluvial y lacustre que conforma el subsuelo de la planicie aluvial de este valle.

Para el cálculo de las entradas laterales, se utilizó la información potenciométrica registrada en el mes de Diciembre del 2012. Resultando la red de flujo, donde las celdas de entradas laterales de aguas subterráneas ocurren de las estribaciones de las serranías del occidente de la planicie aluvial. Para cuantificar los volúmenes correspondientes, se aplicó la Ley de Darcy, que establece que el flujo de agua que pasa a través de una celda, es igual al producto de la conductividad hidráulica, espesor saturado de acuífero, ancho de la celda y gradiente hidráulico, siendo sus dimensiones en unidades de L^3T^{-1} . Las conductividades hidráulicas utilizadas, corresponden a las reportadas en la sección de pruebas de bombeo; además, de las citadas en la literatura internacional especializada, para rocas semejantes a las emplazadas en el subsuelo, donde no se tienen evaluaciones de pruebas de bombeo. La **Tabla 6.10.1**, mostrará los cálculos y resultados obtenidos, donde se observa que el volumen total anualizado de los flujos de aguas subterráneas que ingresan lateralmente al sistema, son del orden de los $854 \text{ Mm}^3/\text{año}$. La red de flujo que respalda estos cálculos se presenta en la **Figura 6.10**.

Recarga vertical superficial.

Además de la recarga del agua subterránea que se genera en las zonas de montaña adyacentes y distantes, también existen los procesos de recarga vertical superficial dentro de la zona de BAS. Este fenómeno ocurre por la infiltración directa de las aguas de lluvia y a través de las escorrentías que se generan. Sin embargo, para estimar los volúmenes de agua que efectivamente impactan en la cuota de renovación natural de las aguas

subterráneas, habrá de considerar aquellos mecanismos que interactúan en este proceso, como es el efecto de la evapotranspiración. En este análisis se considera que el efecto de recarga vertical efectivo es nulo debido a la gran evapotranspiración.

Canal de entrada	Longitud del canal	Ancho del canal (m)	Gradiente	Cond. Hidráulica (m/seg)	Q(m ³ /seg)	Q (m ³ /año)
E1	2941	180	0.0021	0.001	1.12538	35490067.3
E2	7647	180	0.0028	0.001	3.9015	123038669
E3	7058	180	0.0028	0.001	3.6010	113561780
E4	7058	180	0.0042	0.001	5.4015	170342669
E5	3529	180	0.0042	0.001	2.7007	85171334.7
E6	2941	180	0.0021	0.001	1.1253	35490067.3
E7	5882	180	0.0042	0.001	4.5015	141960269
E8	2941	180	0.0028	0.001	1.5005	47320089.8
E9	2941	180	0.0014	0.001	0.7500	23653340.4
E10	3529	180	0.0021	0.001	1.35038	42585667.3
E11	2941	180	0.0021	0.001	1.1253	35490067.3
					Total	854104022

TABLA 6.10.1 ENTRADAS LATERALES DE VOLÚMENES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Entradas = 854.10 Mm³/año

6.10. 2 Salidas

Para el cálculo del balance se consideran las salidas del acuífero, tanto naturales como artificiales. Dentro los diferentes componentes se considera que las salidas naturales a través de las descargas que mantienen los humedales (descargas naturales comprometidas)

y las descargas laterales hacia el mar. La componente artificial considera las descargas a través de los pozos y norias.

Descarga artificial (extracción de agua mediante pozos).

La extracción del agua subterránea se hace a través de pozos profundos para el abastecimiento público urbano y a través de norias que se distribuyen en prácticamente todas las casas de la zona de estudio. Se estimó que la extracción total en el acuífero es del orden de los 63.583 Mm³/año.

Estimación de la descarga lateral.

La salida lateral estimada en este caso para el Acuífero de la zona, se considerará aquella que descarga hacia el mar. Para ello se aplicó la ecuación de Darcy, cuyos cálculos se resumen en la **Tabla 6.10.2**. Se estimó una descarga hacia el mar del orden de 118.109 Mm³/año.

Además, si se considera como un sistema en condiciones casi naturales (en equilibrio hidrológico), significa que los volúmenes de entrada serán iguales a los de salida. En este caso, se trata de egresos laterales subterráneos al Sur, como lo evidencia la red de flujo del BAS.

Canal de Salida	Longitud del canal	Ancho del canal (m)	Gradiente	Cond. Hidráulica (m/s)	Q (m ³ /seg)	Q (m ³ /año)
S1	2941	205	0.0004	0.001	0.2697	8506268.83
S2	5294	205	0.0004	0.001	0.2562	8081100
S3	4705	205	0.0004	0.001	0.4393	13854062
S4	5882	205	0.0003	0.001	0.3153	9944180.86
S5	3529	205	0.0003	0.001	0.4658	14692227.9
S6	3529	205	0.0003	0.001	0.2365	7458664.03
S7	5294	205	0.0003	0.001	0.2562	8080527.56
S8	5294	205	0.0003	0.001	0.4010	12648782.1
S9	5882	205	0.0003	0.001	0.3690	11637223.6
S10	3529	205	0.0003	0.001	0.3942	12431811.2
S11	5882	205	0.0002	0.001	0.3416	10774189.4
					Total	118109038

Tabla 6.10.2. Salidas horizontales (Descargas hacia el mar) del Acuífero de la zona

Salidas = 118.10 Mm³/año

Evapotranspiración

La evapotranspiración en la zona de estudio es muy alta considerando los niveles tan someros del agua subterránea. Se estimó que el volumen de evapotranspiración es del orden de 557.6 Mm³/año (CONAGUA, 2009)

Variación en el almacenamiento de las aguas subterráneas.

Un cambio de volumen en el almacenamiento de las aguas subterráneas existirá, cuando en un cierto lapso existan modificaciones en los volúmenes de entrada o salida de un sistema. En el caso del sistema-acuífero de Acapetahua-Soconusco, que se considerará un sistema en equilibrio, considerandó que los volúmenes extraídos artificialmente son mínimos, comparativamente a los volúmenes de entrada lateral o vertical estimados. Las variaciones que se aprecian corresponden a los ciclos de lluvia y estiaje, no se identifican conos de abatimiento. Por tanto, las variaciones del almacenamiento de las aguas subterráneas son mínimas.

6.10.3 Cálculo del balance hidrogeológico

Como se estableció con anterioridad, el BAS se basa en la ecuación de continuidad, que establece que la diferencia que resulte entre las magnitudes de entradas (recargas) y salidas (descargas) de un sistema-acuífero será el cambio de almacenamiento. Dicha ecuación, puede plantearse a través de la siguiente relación entre volúmenes, quedando como incógnita por identificar la recarga vertical del sistema-acuífero:

$$(R_L + R_V) - (D_L + D_B + D_N + E_{vpt}) = \Delta V = 0$$

$$R_V = (R_L) - (D_L + D_B + D_N + E_{vpt})$$

$$R_V = (118.109 + 39.9 + 246.1 + 557.6) - 854.104$$

$$R_V = 961.709 - 854.104$$

$$R_v = 107.605 \text{ Mm}^3/\text{a}$$

Donde:

R_L = Recarga lateral al sistema-acuífero.

R_v = Recarga vertical superficial.

D_L = Descarga lateral hacia un sistema contiguo.

D_B = Descarga del sistema-acuífero por bombeo.

D_N = Descarga natural

ΔV = Cambio en el volumen del almacenamiento del sistema-acuífero.

Como se puede advertir, existe una recarga vertical anual del sistema-acuífero del orden de 131.3 Mm^3 , mientras que la recarga total media anual es de 985.392 Mm^3 .

Para el caso específico de los humedales del Soconusco, se propone que las descargas naturales comprometidas incluyan tanto el volumen de alimentación a manantiales/humedales como a las descargas hacia el mar para que se mantenga el equilibrio entre el agua dulce y el agua salada. Así, el volumen de descargas comprometidas serían del orden de $364.209 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($D_N=246.1 \text{ Mm}^3/\text{año}$ más $D_L=118.109 \text{ Mm}^3/\text{año}$).

6.10.4 Cálculo de disponibilidad

Aplicación y resultados del BAS

Para el cálculo de la disponibilidad de las aguas subterráneas en el sistema-acuífero del Acapetahua-Soconusco, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 “Conservación del recurso agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales” que en la fracción 4.3 relativa a las aguas subterráneas establece que:

$$D_{MA} = R_{TMA} - D_{NC} - V_{REPDA}$$

Donde:

D_{MA} = Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica (Mm³/a)

R_{TMA} = Recarga total media anual (Mm³/a) = 961.709 Mm³/a

D_{NC} = Descarga natural comprometida (Mm³/a) = 364.209 Mm³/a

V_{REPDA} = Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA (Mm³/a) = 63.583 Mm³/a

Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$D_{MA} = 961.709 - 364.209 - 63.583$$

Es decir:

$$D_{MA} = 533.917 \text{ Mm}^3/\text{a}$$

Por tanto, existe una disponibilidad en el acuífero de Acapetahua de $533.917 \text{ Mm}^3/\text{a}$.

VII. Geoestadística

En el capítulo anterior se desarrollo la configuración de la elevación de los niveles estáticos, así como de los STD, sin embargo es fundamental hacer uso de todos los recursos disponibles para realizar una mejor estimación de los datos obtenidos.

El diseño de la configuración de los datos, se debe realizar por medio de los métodos geoestadísticos, mediante los cuales se obtiene la matriz de covarianza de los datos de la elevación del nivel estático, así como de los STD.

A continuación se describe la teoría utilizada sobre Geoestadística.

7.1 Descripción Geoestadística

La geoestadística se originó como una rama de la estadística que se especializa en el análisis y la modelación de la variabilidad espacial en Ciencias de la Tierra.

Matheron (1971), pionero en esta área de la geoestadística, la define como “la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales”. La geoestadística tuvo su origen a principios de los años 50, se usaba como término para referirse a algunos métodos estadísticos que trabajan con distribuciones reales y localizaciones espaciales, posteriormente se desarrolló en el área de la minería, campo en el cual los trabajos de Journel y Huijbregts (1978) han tenido una gran influencia. Hoy en día, el término tiene un uso más amplio, incluyendo tópicos de la teoría estadística y aplicaciones a procesos con índices espaciales continuos (Cressie, 1993) ;(Hernández, J., y Corvalán, P. 1999-2000).

Actualmente, su estudio se ha extendido para incluir el análisis y la predicción de fenómenos tanto en espacio como en tiempo. Está conformada por un conjunto de técnicas para el análisis y predicción de valores de una propiedad distribuida en el espacio y/o en el tiempo. En contraposición con la estadística clásica o convencional, tales valores no se consideran independientes, sino que se supone de manera implícita que están correlacionados unos con otros, es decir, que existe una dependencia espacial y/o temporal. La metodología seguida en este trabajo para el análisis geoestadístico de cada uno de los parámetros consiste de tres pasos que son:

- Análisis exploratorio de los datos
- Análisis estructural (cálculo y modelación de los variogramas)
- Estimaciones (Kriging o simulaciones)

7.1.2 Análisis de Datos

Los datos espaciales se pueden clasificar en: puntos, líneas, líneas aisladas (pista de aeropuerto), líneas con ramificaciones (ríos y su afluentes), redes (carreteras o líneas ferroviarias), regiones, regiones aisladas (lago), regiones adyacentes (países) o regiones anidadas (municipios contenidos en estados).

Se le llama variable regionalizada a la función donde x es un punto en el espacio R^3 y $Z(x)$ es el valor de la función para el punto x , en el que se está interesado. Puede ser la consistencia de un depósito en un punto o la gravedad específica de los minerales. Tal función usualmente es altamente variable, no continua y no puede ser estudiada correctamente. El estudio se lo realiza, analizando sus incrementos.

La idea básica de la teoría es considerar a tal función $Z(x)$, donde x es un punto o vector en R^n , con una realización de una función aleatoria $Z(x)$. Solo se tiene una realización de aquella función aleatoria, el fin es encontrar las características de la función aleatoria $Z(x)$ para hacer las estimaciones de posibles puntos desconocidos.

7.1.3 Análisis exploratorio de los datos

El objetivo del análisis exploratorio de los datos es el de caracterizar la muestra tratando de obtener la mayor información posible a partir de los datos de los que se dispone. Dicho análisis se basa en técnicas estadísticas convencionales que permiten obtener información, desconocida a priori sobre la muestra bajo estudio, que es imprescindible para realizar “correctamente” cualquier análisis estadístico y en particular un análisis geoestadístico.

Para validar el análisis geoestadístico, éste debe cumplir los siguientes requisitos: que la muestra no se vea afectada por valores atípicos (outliers), tanto distribucionales como espaciales, que su distribución de probabilidad sea normal, que no exista tendencia y que la población tenga una distribución espacial homogénea (Díaz, 2002).

DetECCIÓN DE OUTLIERS

En este paso se deben detectar y posiblemente eliminar los outliers de cualquiera de las siguientes dos clases: los distribucionales que son los que tienen valores que se alejan significativamente del valor medio de la muestra; y los espaciales que son los que tienen un valor muy diferente al de sus vecinos más cercanos.

Prueba de normalidad

Esta prueba consiste en una revisión de la distribución de la probabilidad de los datos procurando que sea normal; de no ser así, se puede proceder eliminando los outliers detectados o bien, haciendo una transformación de los datos hasta que se tenga una distribución normal. Lo más común es hacer una transformación logarítmica de los datos.

Análisis espacial

El análisis espacial consiste en una revisión de la distribución espacial de la muestra, es decir, de la forma como se encuentra distribuida en el área de estudio.

Estadígrafos

En este paso se debe realizar un análisis de la información estadística que arrojan los estadígrafos. Los valores de importancia son el valor medio, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, valor mínimo, valor máximo, mediana, etc.

7.1.4 Análisis estructural

El proceso de estimación y modelación de la función que describe la correlación espacial es conocido como “análisis estructural”. El objetivo del análisis estructural es caracterizar la estructura espacial de una variable regionalizada.

Variograma, es un estimador de la varianza poblacional, por lo tanto la población debe tener una tendencia de estacionariedad; ésta relacionada con la dirección y distancia (h), es la principal herramienta básica, que da soporte a las técnicas de Kriging, permite representar cuantitativamente la variación de un fenómeno regionalizado en el espacio. El Variograma modela como dos valores en el espacio se ponen en correlación.

Variograma experimental a aquel que es obtenido por estimación a partir de los datos de una muestra. El estimador más común se basa en el método de los momentos, que puede escribirse como sigue (Cressie, 1993):

Donde,

$$2\gamma = \frac{1}{|N(h)|} \sum_{N(h)} (Z(x_i) - Z(x_j))^2, \quad h \in R^d$$

$$N(h) = \{(x_i, x_j) : x_i - x_j = h; i, j = 1, \dots, n\}$$

$|N(h)|$ = número de pares distinto.

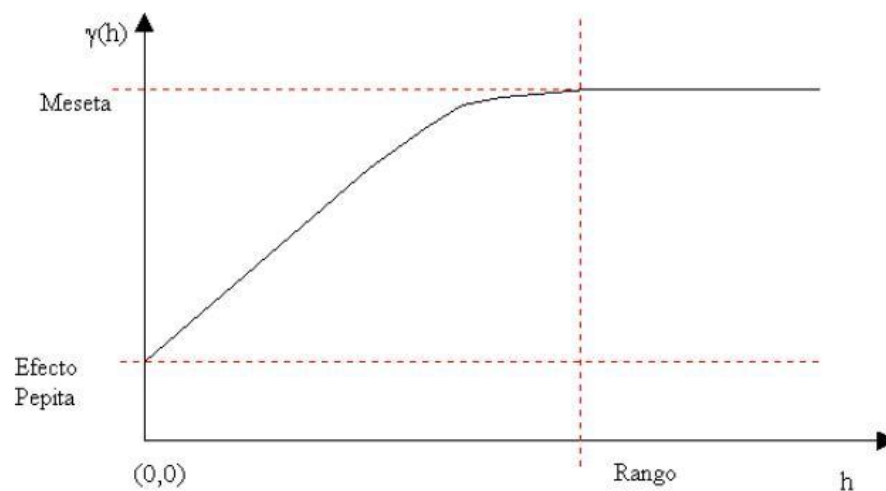


Figura 7.1.3: Ejemplo de Variograma (modelo esférico) mostrando sus características principales: efecto pepita, rango y meseta.

En la literatura especializada este estimador es conocido como estimador clásico y es válido bajo condiciones de estacionaridad de segundo orden o procesos intrínsecos.

Por definición, el variograma pasa por el origen, esto es $\gamma(0)=0$. Sin embargo, frecuentemente el variograma exhibe una discontinuidad en el origen, una característica denominada efecto pepita o "nugget effect" (**Figura 7.1.3**). Journel y Huijbregts (1978) señalan que este efecto se puede deber a dos posibles causas: errores de medición o microvariaciones del fenómeno estudiado, relacionándolo con la escala de observación. Si la microvariación es continua la única razón para el efecto pepita sería un error de medición, pero si no lo es, se puede modelar el proceso a una escala muy pequeña como "ruido blanco" (Cressie, 1993).

La meseta o "sill" (**Figura 7.1.3**) se presenta cuando el variograma deja de crecer y alcanza un valor constante, dentro de cierta distancia. Este valor es simplemente la varianza a priori de la función aleatoria. En estos casos, la covarianza existe, y el proceso es estacionario de segundo orden.

A medida que la separación h entre dos puntos aumenta, la correlación entre ambos puntos, típicamente, decrecerá. A un cierto valor de h la correlación se hace prácticamente nula, y más allá de este valor se puede decir que los puntos no están correlacionados. A esta distancia se le llama rango (**Figura 7.1.3**).

A menudo la correlación espacial entre puntos del espacio no es igual en todas las direcciones. Cuando ocurre lo anterior, se tiene un proceso anisotrópico, y el variograma no es sólo función de la distancia h sino que también de la dirección en la que h crece. Se

pueden distinguir entre dos tipos de anisotropía (**Figura 7.1.3 (1)**): geométrica y zonal (Ersbøll, 1994).

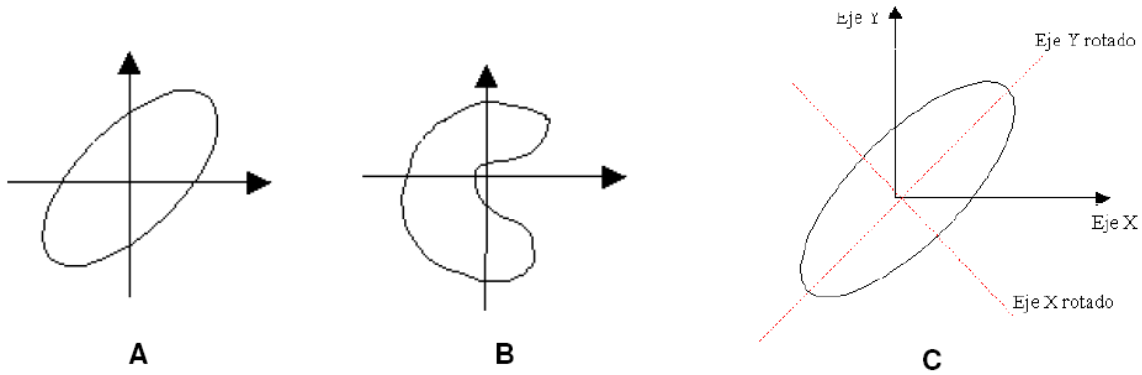


Figura 7.1.3 (1): Gráficos direccionales que muestran una variación espacial en función de la dirección

Los variogramas emplean diferentes modelos teóricos, entre ellos están los mostrados en la **Figura 7.1.3 (2)**

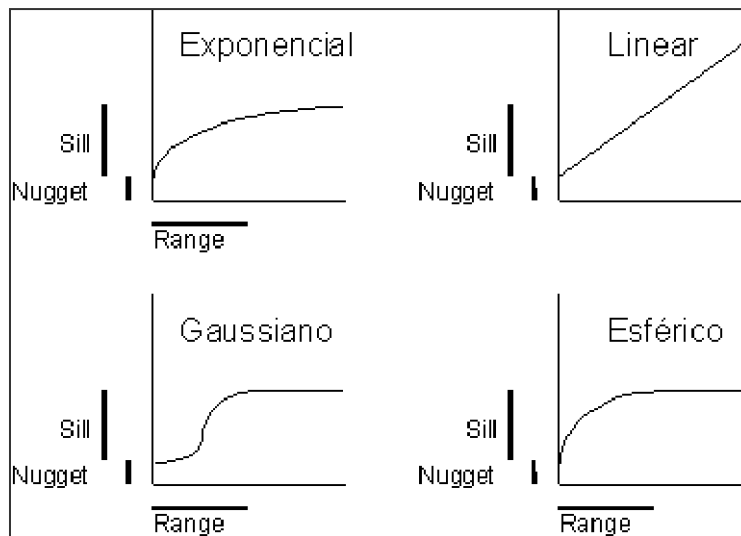


Figura 7.1.3 (2) Modelos Matemáticos Aplicados a Variogramas

Esférico, es el modelo más usado. Muestra un crecimiento casi lineal hasta una cierta distancia, a , donde se estabiliza. Para el ajuste de los parámetros al modelo, es útil conocer que la tangente en el origen alcanza la meseta para una distancia de $2/3 a$.

Este modelo representa una tendencia creciente curvilínea hasta que llega al Sill, para tomar tendencia lineal. El modelo esférico alcanza el valor Sill, en la distancia a (Rango actual).

Está representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = \begin{cases} M \left(\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \frac{h^3}{a^3} \right) & \text{si } h < a \\ M & \text{si } h \geq a \end{cases}$$

Exponencial, alcanza la meseta asintóticamente. Se considera que el rango, (a) es la distancia para la cual el valor del Variograma es del 95% de la meseta. Como el esférico, muestra un crecimiento lineal próximo al origen; sin embargo, crece de forma más rápida y luego se estabiliza más gradualmente. Está representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = M(1 - \exp(-3h/a))$$

Gaussiano, se emplea para modelar fenómenos muy continuos. Alcanza la meseta asintóticamente y se considera que el rango, (a) , es la distancia en la que el valor del Variograma es el 95% de la meseta. Muestra un comportamiento parabólico cerca del origen. Constituye el único modelo estacionario con un punto de inflexión. Está representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = M(1 - \exp(-3h^2/a^2))$$

Lineal, No posee valor de Sill, continua aumentando mientras la distancia (h) aumenta, es utilizado para modelar fenómenos que presentan capacidad infinita de dispersión. Está representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = A(h) + B$$

Si al calcular Variogramas en diferentes direcciones, los valores del rango (a) presentan cambios, esto nos indica que se está dando una anisotropía (cuando existe variabilidad espacial con distintos ángulos) geométrica (los Semivariogramas tienen la misma forma y Sill pero diferente valor de rango), en cambio si la diferencia encuentra cambios en Sill en diferente direcciones entonces hay anisotropía zonal. Algunos Variogramas son combinaciones de anisotropía geométrica y zonal.

Se debe calcular varios Variogramas en diferentes direcciones, para descubrir la existencia de anisotropía. La proporción de anisotropía es la proporción entre el rango más pequeño y el más grande, utilizando una proporción de uno, indica un Variograma isotópico, es decir el mismo Variograma en todas las direcciones.

Para obtener el Variograma teórico, el usuario puede proponer diversos modelos que se ajusten a los datos experimentales. La elección de un modelo concreto suele basarse en apreciaciones subjetivas bien documentadas y en la experiencia previa. Sin embargo, puede justificarse la elección de un modelo en base a una serie de criterios estadísticos, como con el método de mínimos cuadrados ponderado (Cressie, 1993) o con el método de jackknife o de validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989). Cuando el modelo ha sido identificado, se dice que el Variograma ha sido calibrado o validado.

7.1.5 Estimaciones

El Kriging es conocido como el método interpolador geoestadístico, es un interpolador lineal no sesgado, presenta dos propiedades básicas que son: hacer que la suma de errores tienda a cero y que el cuadrado de las desviaciones sea el mínimo.

Tiene como objetivo estimar el valor de la variable z para un punto x_0 que no ha sido considerado anteriormente, realiza una suma ponderada (con pesos λ) sobre todos los sectores que conforman el área de estudio de interés, tomando los vecinos más cercano al punto de interés x_0 .

$$Z(X_0) = \lambda_1 z(x_1) + \lambda_2 z(x_2) + \dots + \lambda_n z(x_n); \lambda_i \in \mathfrak{R}$$

$$Z(X_0) = \sum \lambda_i Z(X_i)$$

El proceso de Kriging es asignar pesos a los vecinos más cercanos, considerados para la estimación, la diferencia de Kriging con otros métodos de interpolación, es que utiliza un método semejante a la interpolación por media móvil ponderada a diferencia que los pesos son asignados a partir de un análisis espacial, basado en el semivariograma experimental.

Un método de interpolación será exacto cuando pase por los puntos muestrales, lo más cercano posible a ellos.

Según Vanderlinden (2003), los pasos a seguir para hacer un estudio geoestadístico se pueden resumir de la manera siguiente:

1. Análisis exploratorio de datos: consiste en hacer un estudio de los datos a fin de verificar su exactitud y representatividad. Se realiza un análisis descriptivo de los datos de manera que se cumplan las hipótesis de la geoestadística, esto es, verificar que los datos se ajusten a una distribución normal, que exista estacionaridad y que las muestras no tengan valores extremos y pertenezcan a una misma población.
2. Análisis estructural o variográfico: cumplidas las condiciones anteriores se procede a calcular el semivariograma experimental y al ajuste de éste a un modelo teórico conocido. El semivariograma experimental se obtiene con los datos de muestra e indica el modelo de distribución espacial de la variable a partir de la correlación espacial entre los datos medidos en el área o región. El modelo teórico son las diversas formas en que se pueden distribuir los datos cuando se cumplen las hipótesis de la geoestadística y señalan los principales parámetros de la distribución, es decir: si hay efecto pepita (Nugget), la meseta y el alcance.
3. Interpolación o estimación espacial (Kriging): consiste en estimar el valor que asume la variable de estudio para diferentes puntos dentro de la región, en base al semivariograma que define la correlación espacial existente entre los valores muestrales.
4. Validación del modelo geoestadístico: obtenida la estimación de los datos para cualquier punto dentro de la región se realiza la validación. Para ello se eliminan los datos a partir de los cuales se calculó el semivariograma y se procede a estimar los valores que asume la variable para esos puntos según el modelo de semivariograma utilizado. De esta manera se obtienen los valores para esos puntos y su correspondiente error de estimación (Hernández, J., y Corvalán, P. 1999-2000).

7.2 Análisis geoestadístico de los datos

En este trabajo la función que se utilizó para describir la correlación espacial de las variables fue el semivariograma, por este motivo el análisis estructural consistió en ajustar un modelo al semivariograma muestral.

7.2.1 Ajuste del modelo

Para llevar a cabo el ajuste del modelo se debe buscar una función analítica que represente adecuadamente los valores estimados del semivariograma muestral. Los modelos teóricos que pueden ser usados son: el esférico, el gaussiano, el exponencial, de potencia, lineal con meseta y sin meseta (Samper y Carrera, 1990).

El modelo teórico que se utilizó en este trabajo fue el esférico con pepita (o nugget). El primero de estos modelos se caracteriza por tres parámetros: el alcance o radio de correlación espacial, la meseta (sill) y la microvarianza o varianza nugget. La fórmula que define el modelo esférico es la siguiente:

$$\gamma(h) = \begin{cases} \frac{s}{2} \left[3 \left(\frac{h}{a} \right) - \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & h \leq a \\ S & h > a \end{cases}$$

Donde

a : es el alcance

S : la meseta.

Se realizó un ajuste a prueba y error para cada uno de los modelos y se seleccionó el que mostró un mejor ajuste según el criterio de información de Akaike, el cual es un compromiso entre la complejidad del modelo (número de parámetros) y su bondad de ajuste (valor medio cuadrático del error).

El criterio de información de Akaike, se define como:

$AIC = -2 \ln(\text{máx. verosimilitud}) + 2(\text{núm. de parámetros})$.

Y se puede estimar usando,

$$(AIC)^* = \left\{ n \ln\left(\frac{2\pi}{n}\right) + n + 2 \right\} + n \ln(R) + 2p$$

La cantidad que se encuentra entre llaves es constante, independientemente del tipo de modelo, entonces se calcula:

$$\tilde{A} = n \ln(R) + 2p$$

este es un estimador simplificado del criterio de Akaike, donde n es el número de valores estimados $\{\gamma(h_i), i = 1, \dots, n\}$ del semivariograma muestral, R es la suma residual de los cuadrados de las diferencias entre los valores experimentales $\gamma(h_i)$ y los del modelo ajustado $\hat{\gamma}(h_i)$, es decir:

$$R = \sum_{i=1}^n (\gamma(h_i) - \hat{\gamma}(h_i))^2,$$

y p es el número de parámetros del modelo de semivariograma ajustado $\hat{\gamma}(h)$ (Díaz, 2002).

7.2.2 Predicciones

Una vez realizado el análisis estructural, la predicción de valores en puntos no muestrales se puede hacer aplicando la técnica de interpolación “Kriging”. Para la predicción de valores en puntos no muestrales, se eligió la técnica de Kriging ordinario mediante la cual se estiman los valores del parámetro y la varianza para una malla que cubre el área de estudio.

Kriging ordinario

Se estimaron los diferentes parámetros mediante Kriging ordinario porque no existe una tendencia significativa, además de que es el método usado más comúnmente por su robustez.

Validación cruzada

En este caso se siguió el procedimiento de validación cruzada mediante el método de leave one out que permite establecer si el modelo de semivariograma obtenido es representativo de la variabilidad espacial de los datos usados en la estimación del mismo. El método consiste en sacar un elemento de la muestra y estimar el valor en ese punto con Kriging ordinario empleando el modelo de semivariograma obtenido.

Como resultado se tiene un mapa de las diferencias entre el valor real y el estimado.

Se realiza un análisis integral de los estadígrafos de las diferencias y se aplican de manera combinada algunos de los siguientes criterios:

- El valor medio de las diferencias debe ser cercano a cero.
- La varianza de las diferencias debe ser pequeña.
- La varianza normalizada de las diferencias debe ser próxima a la unidad.
- La correlación muestral entre el valor real y la diferencia dividida por la desviación típica debe ser próxima a cero.

7.2 Análisis geoestadístico de la Elevación del nivel estático

En esta sección se presenta el análisis geoestadístico de la elevación del nivel estático. Los datos analizados fueron los niveles estáticos del agua subterránea para el mes de diciembre de 2012.

7.3.1 Histogramas

Al iniciar el análisis exploratorio de la elevación del nivel estático, se tiene que para este parámetro se cuenta con 32 puntos de medición, la elevación se midió en m.s.n.m.

La prueba de normalidad se llevó a cabo analizando el histograma de la muestra en el que se aprecia una asimetría positiva en los datos (**Figura 7.3.1**), por lo tanto la distribución no es normal. Para resolver el problema de asimetría en la distribución se hizo una transformación logarítmica a los datos (**Figura 7.3.1.1**). Se aprecia que dicha transformación mejoró la simetría de la distribución.

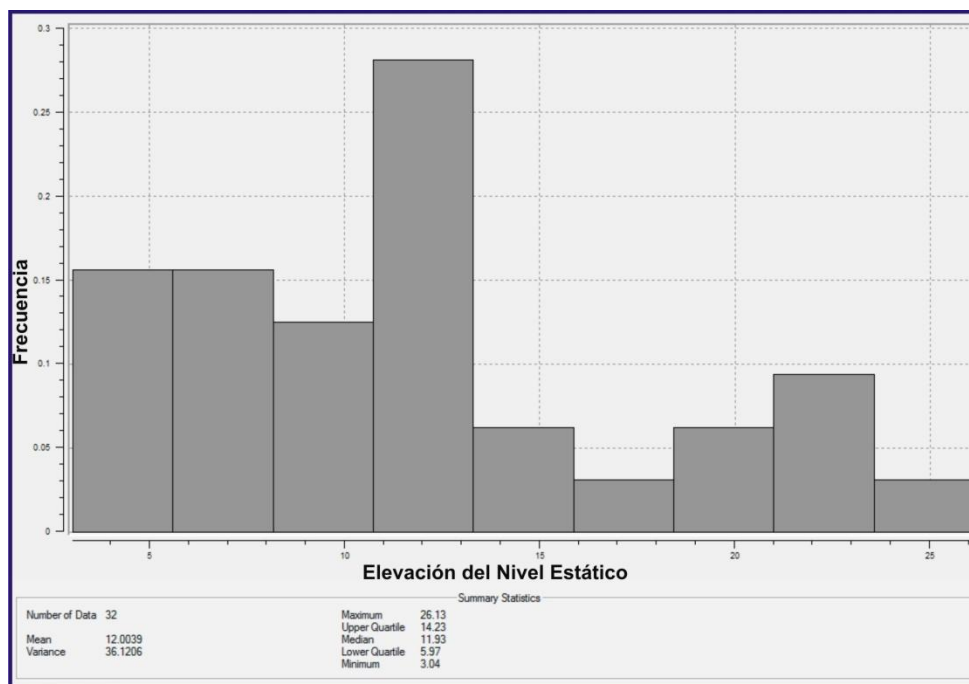


FIGURA 7.3.1 HISTOGRAMA DE LOS DATOS DE ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO

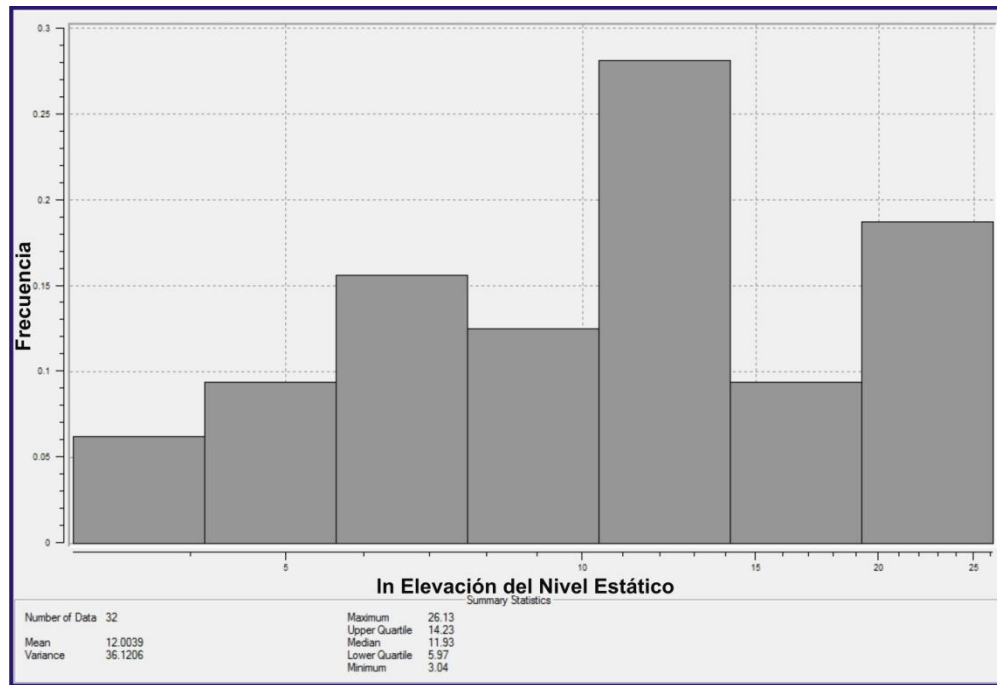


FIGURA 7.3.1.1 HISTOGRAMA DE LOS DATOS DE LN ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO

7.3.2 Variograma Experimental

Al semivariograma experimental del logaritmo natural de la elevación del nivel estático, se le ajustó un modelo de tipo esférico. Esto se realizó por medio del procesamiento de los datos obtenidos en el censo de pozos, los cuales fueron ingresados al software Variowin, en donde se realizó el variograma teórico y el variograma experimental, se modeló en varias direcciones, con el fin de analizar su sentido preferente. En las **Figuras 7.3.2 a 7.3.2.8** que se muestran a continuación, se pueden observar los distintos variogramas, así como en la **Tabla 7.3.2**, se presenta los datos correspondientes a cada variograma experimental.

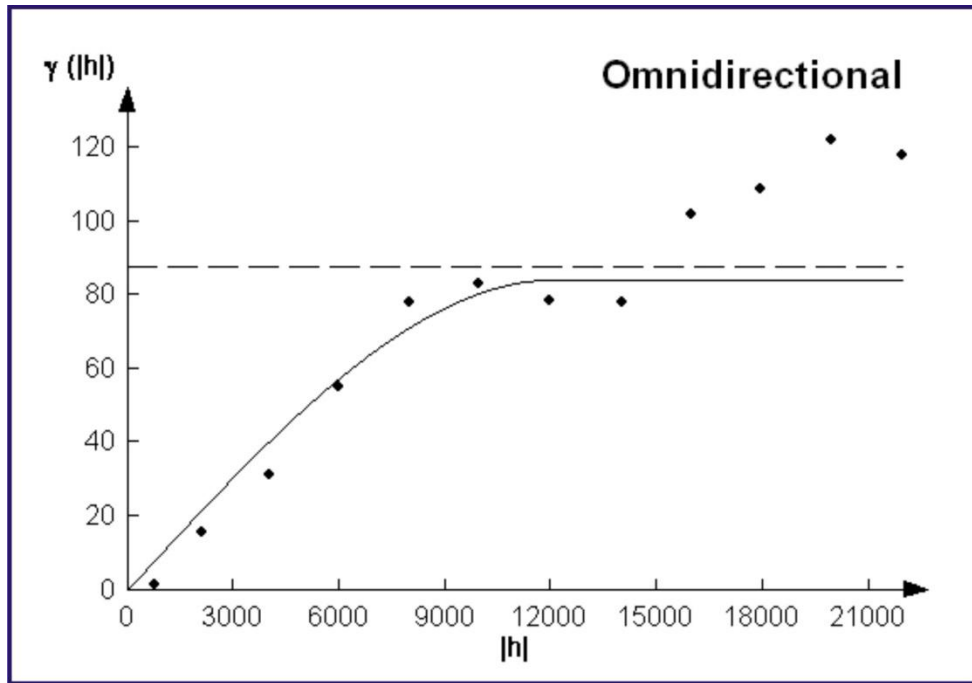


Figura 7.3.2 Variograma de ENE Omnidireccional

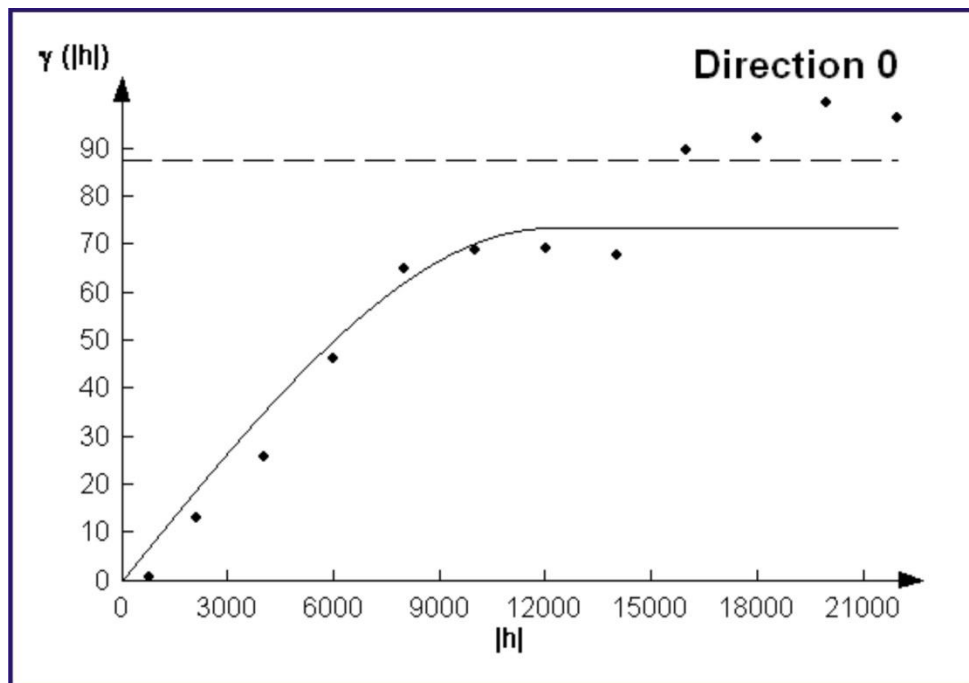


Figura 7.3.2.1 Variograma de ENE Dirección 0

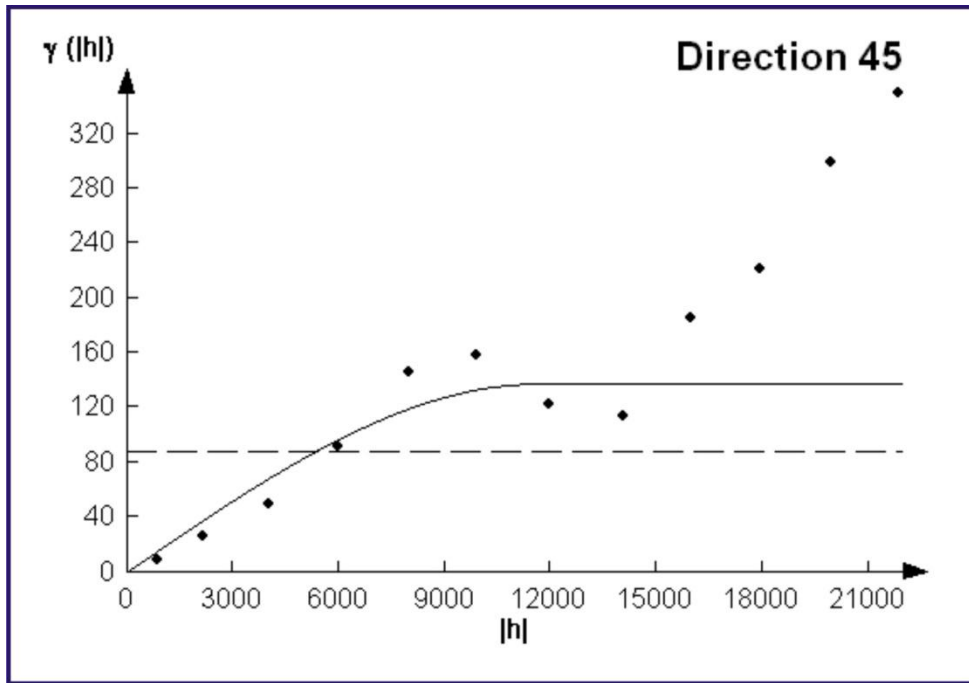


Figura 7.3.2.2 Variograma de ENE Dirección 45

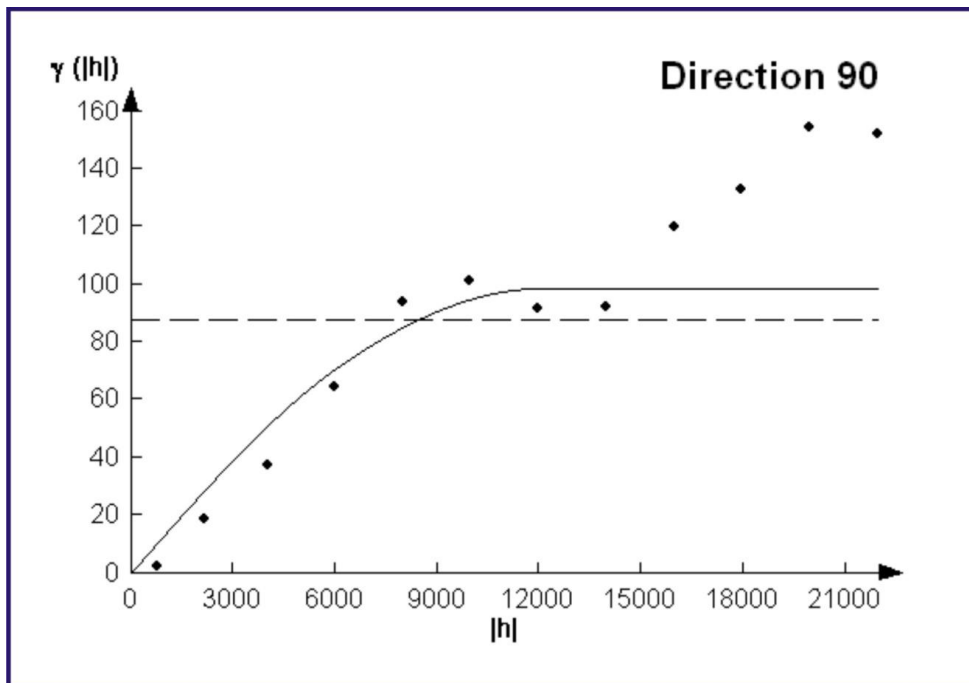


Figura 7.3.2.3 Variograma de ENE Dirección 90

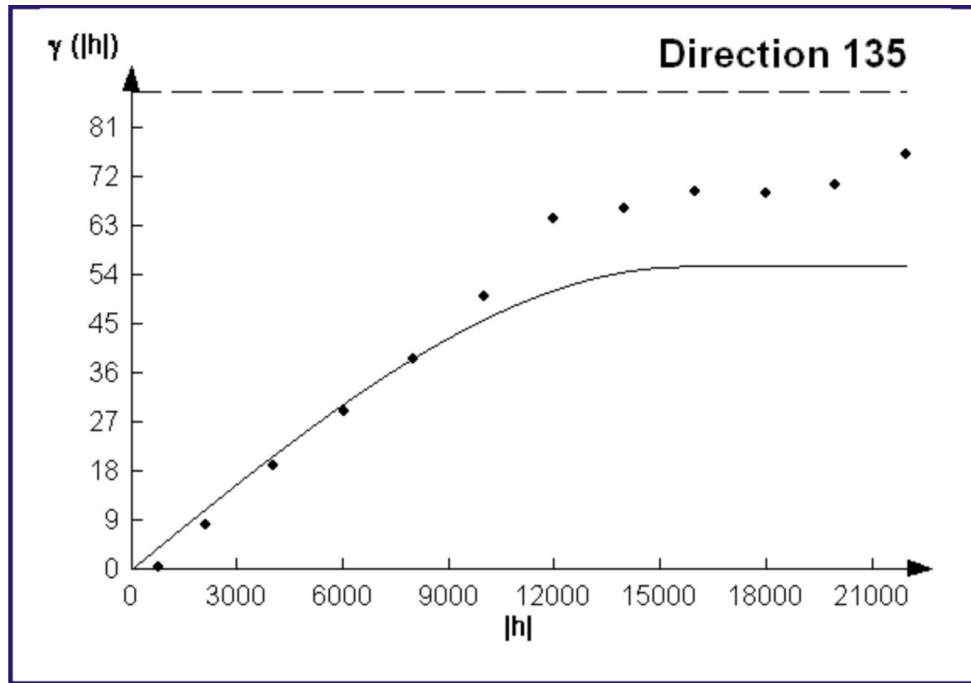


Figura 7.3.2.4 Variograma de ENE Dirección 135

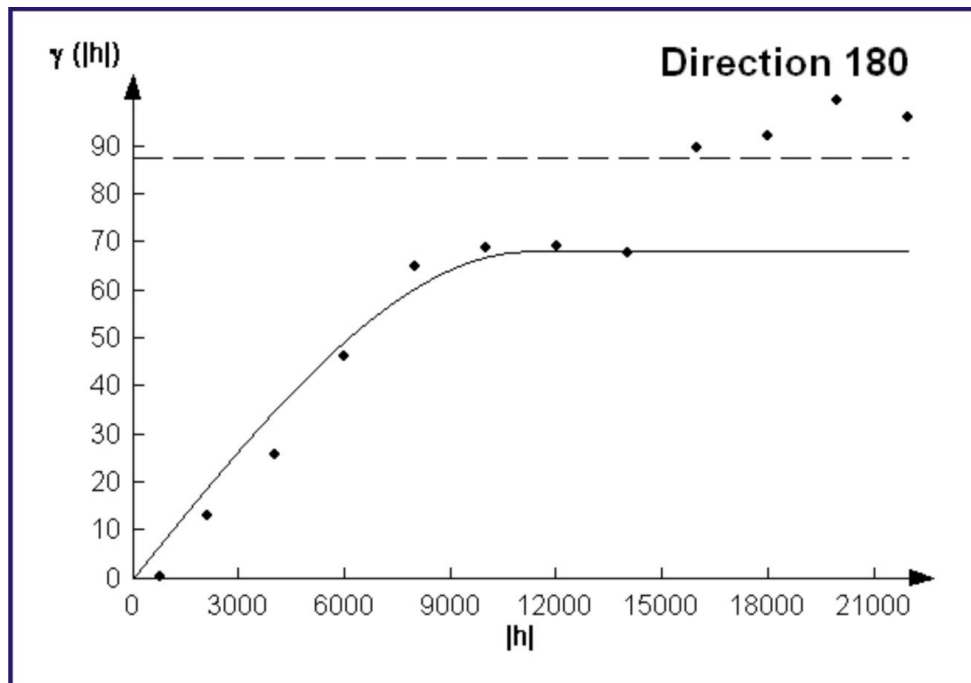


Figura 7.3.2.5 Variograma de ENE Dirección 180

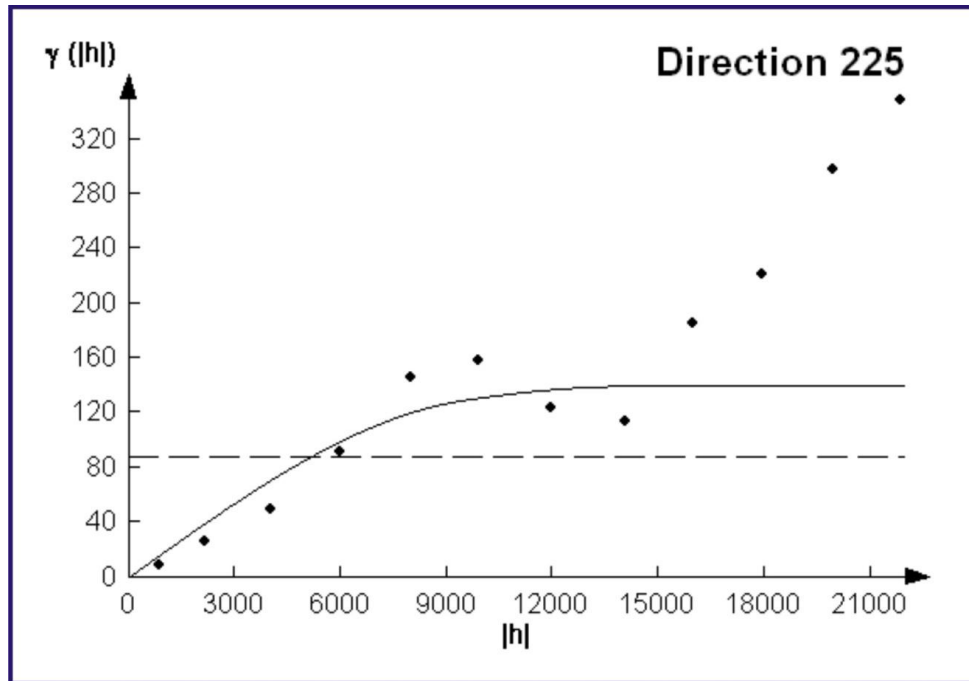


Figura 7.3.2.6 Variograma de ENE Dirección 225

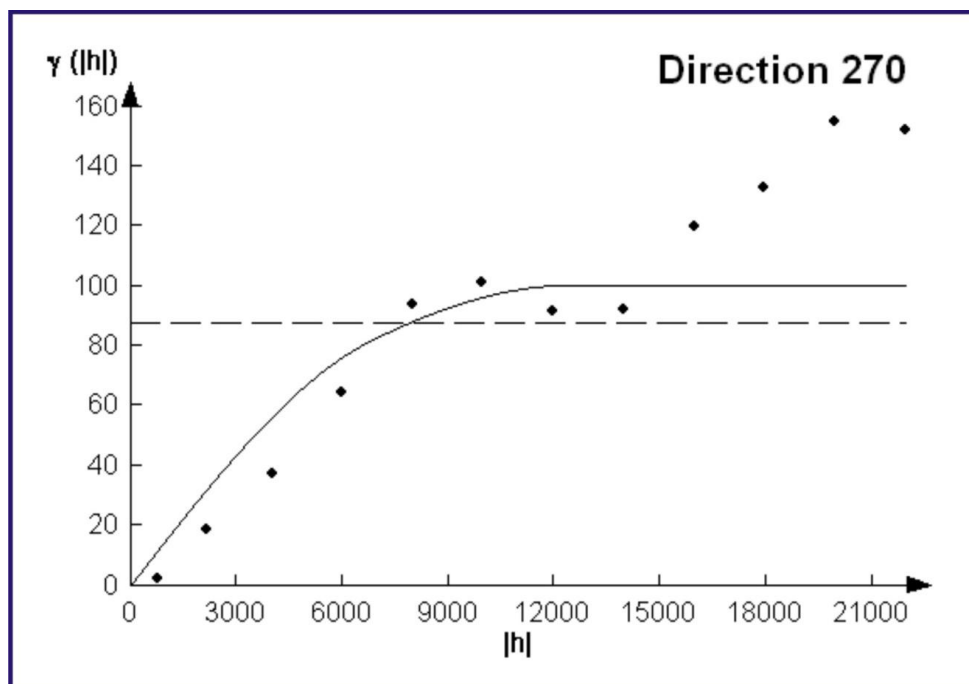


Figura 7.3.2.7 Variograma de ENE Dirección 270

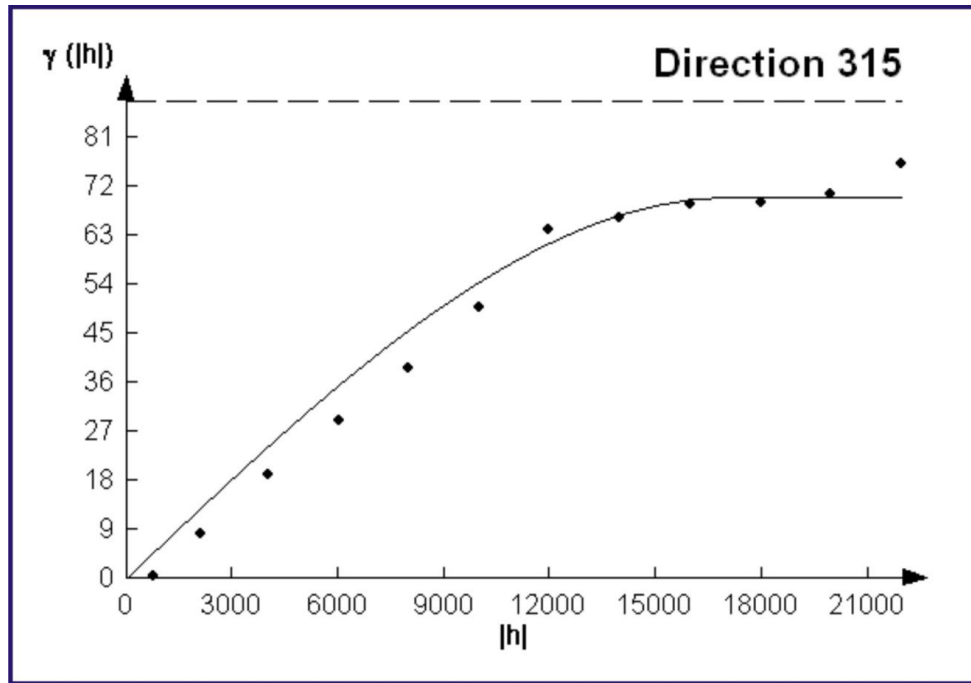


Figura 7.3.2.8 Variograma de ENE Dirección 315

Dirección	Current fit	Best fit found	Nugget	1st Structure		2nd Structure		Anis
				Range	Sill	Range	Sill	
Omni	5.4277E-02	5.4277E-02	0	12122	84.41			1
0	3.4225E-02	3.4548E-02	0	12122	73.633			1
45	6.7651E-01	6.7651E-01	0	12571	50.281	11224	88	1
90	1.1176E-01	1.1176E-01	0	12122	88	6285.4	10.77	1
135	2.2600E-02	9.4323E-03	0	15714	55.675			1

180	4.6837E-02	2.1476E-02	0	11224	68.244			1
225	6.7562E-01	6.7562E-01	0	9420.4	71.837	14367	68.24	1
270	1.2824E-01	1.2824E-01	0	12571	70.043	6734.9	30.53	1
315	8.8032E-03	4.2400E-03	0	17061	60.042			1

Tabla 7.3.2 Datos obtenidos de variogramas

Para determinar cuál es la dirección preferencia de los variogramas se realizó un análisis gráfico de los rangos de las elevaciones del nivel estático, según cada dirección, las cuales se muestran en la **Tabla 7.3.2.1** y en la **Figura 7.3.2.9**, de esta última se determinó que el sentido preferencial de los valores, se encuentra en la dirección de 135.

ENE	Frecuencia
0	10000
45	10000
90	10000
135	14000
180	10000
225	9000
270	11000
315	14000

Tabla 7.3.2.1 Datos de los rangos**Figura 7.3.2.9 Roseta de Direcciones preferenciales de rangos**

7.3.4 Kriging Ordinario

Después de ajustar el modelo y realizar las determinaciones mencionadas anteriormente, se procedió a realizar la estimación espacial mediante Kriging ordinario, el cual consiste en interpolar espacialmente el valor de la propiedad en un punto mediante una combinación lineal de sus n vecinos más cercanos. Los resultados del Kriging para la elevación del nivel estático se muestran en la Figura 7.3.2.10.

Con los datos obtenidos en los variogramas experimentales se determinó la dirección preferencial de los rangos, y se realizó el Kriging en el Software Surfer, en donde se introdujeron los datos para generar el grid, se seleccionó el modelo de variograma esférico, y se evaluó con los datos de la dirección preferencial 135, con un radio 0.64, este se obtuvo con la relación entre las frecuencias de los valores más altos y más bajos, ángulo de 135,

para la escala se utilizó el valor del sill, y para longitud el rango, ambos determinados en el variograma experimental.

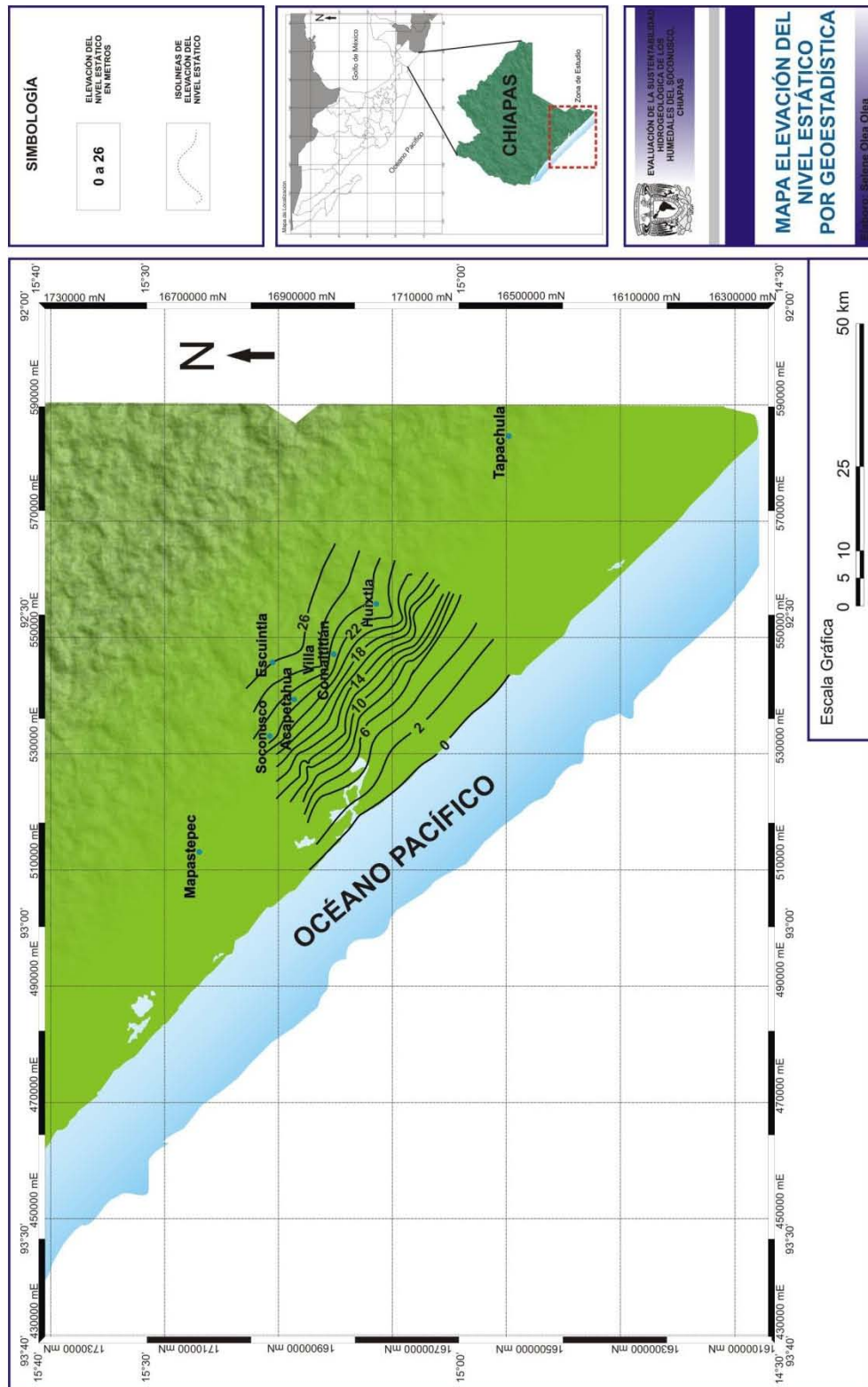


Figura 7.3.2.10. Resultados del Kriging ordinario, valores estimados de la elevación del nivel estático

7.3.5 Análisis de Resultados

Después de realizar el Kriging ordinario, aplicando el variograma esférico, se obtiene la configuración de la elevación del nivel estático, en donde se puede observar que los valores son muy cercanos a los determinados en el capítulo 6, las isoclinas siguen el mismo patrón propuesto en el modelo planteado en el capítulo anterior para el año 2012, el cual se realizó por medio del Software Surfer, sin embargo no se le aplicó ningún método de interpolación. Se determinó que la configuración de la elevación de los niveles estáticos de la empresa Geocalli, 1981, es similar a la realizada en el capítulo anterior, por los censos del mes de diciembre, 2012, ambas configuraciones tienen semejanza con la obtenida por medio del uso de la geoestadística, sin embargo, al realizar las estimaciones, y el modelado de las isoclinas con valores concretos, se puede decir que esta configuración del nivel estático es la más cercana a la realidad.

7.4 Análisis geoestadístico de Sólidos Totales Disueltos

En esta sección se presenta el análisis geoestadístico de los sólidos totales disueltos, cuyos datos fueron tomados en diciembre del 2012.

7.4.1 Histogramas

Para la realización de los histogramas, en el censo de campo, se pudieron obtener 41 valores, correspondientes a la conductividad eléctrica, los cuales fueron convertidos a sólidos totales disueltos.

De igual forma, el caso de los sólidos totales disueltos se presentó una asimetría positiva de los datos en la prueba de normalidad (**Figura 7.4.1**), por lo que la distribución no es normal. Para resolver el problema de asimetría en la distribución se hizo una transformación logarítmica a los datos (**Figura 7.4.1.1**). Se aprecia que dicha transformación mejoró la simetría de la distribución.

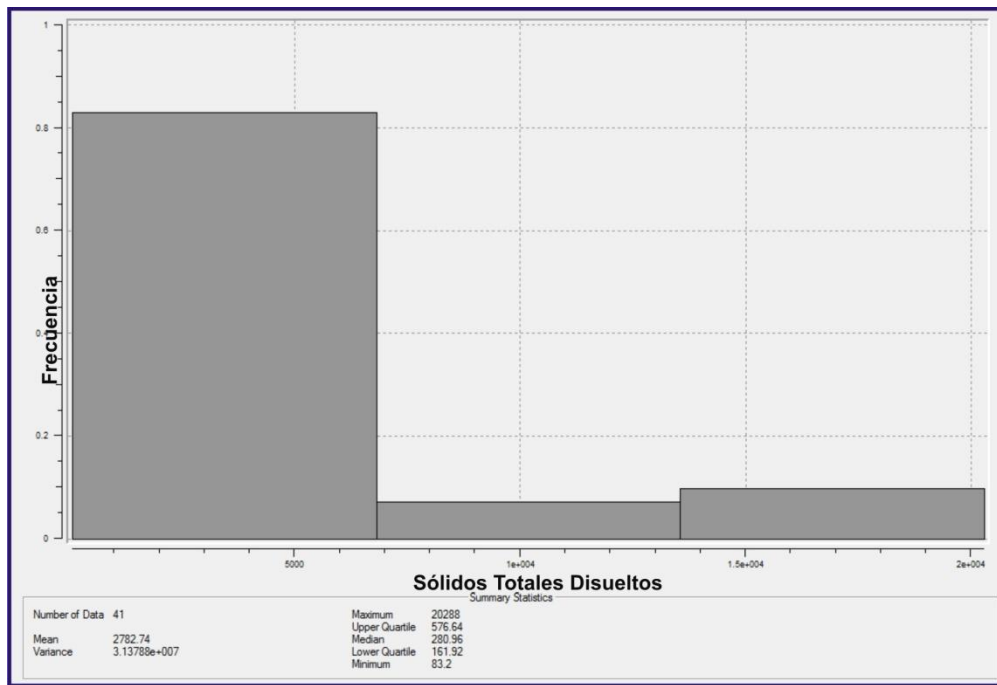


FIGURA 7.4.1 HISTOGRAMA DE LOS DATOS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

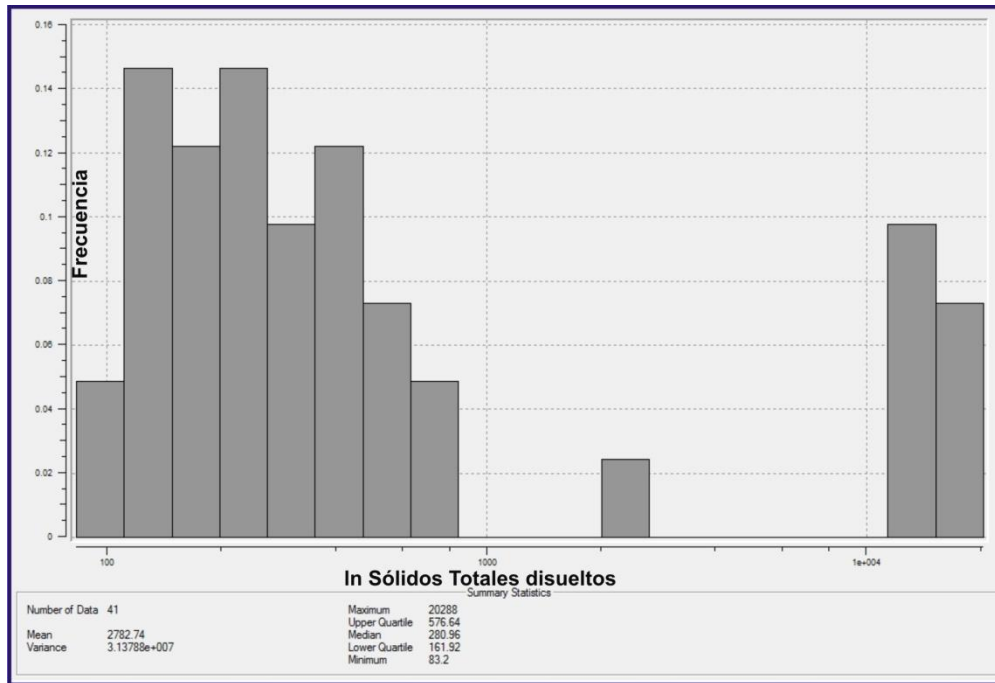


FIGURA 7.4.1.1 HISTOGRAMA DE LOS DATOS DE LN SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

7.4.2 Variograma Experimental

Para la realización del semivariograma experimental de los sólidos totales disueltos, se realizó el ajuste del modelo a tipo esférico, procesando los datos obtenidos en el censo de campo, los cuales se trabajaron en el software Variowin, obteniendo el variograma teórico y el variograma experimental, se realizó el modelado en diferentes direcciones, con el fin de analizar el sentido preferente del variograma experimental. En las **Figuras 7.4.2 a 7.4.2.8** que se muestran a continuación, se pueden observar los distintos variogramas, así como en la **Tabla 7.4.2**, se presenta los datos correspondientes a cada variograma experimental.

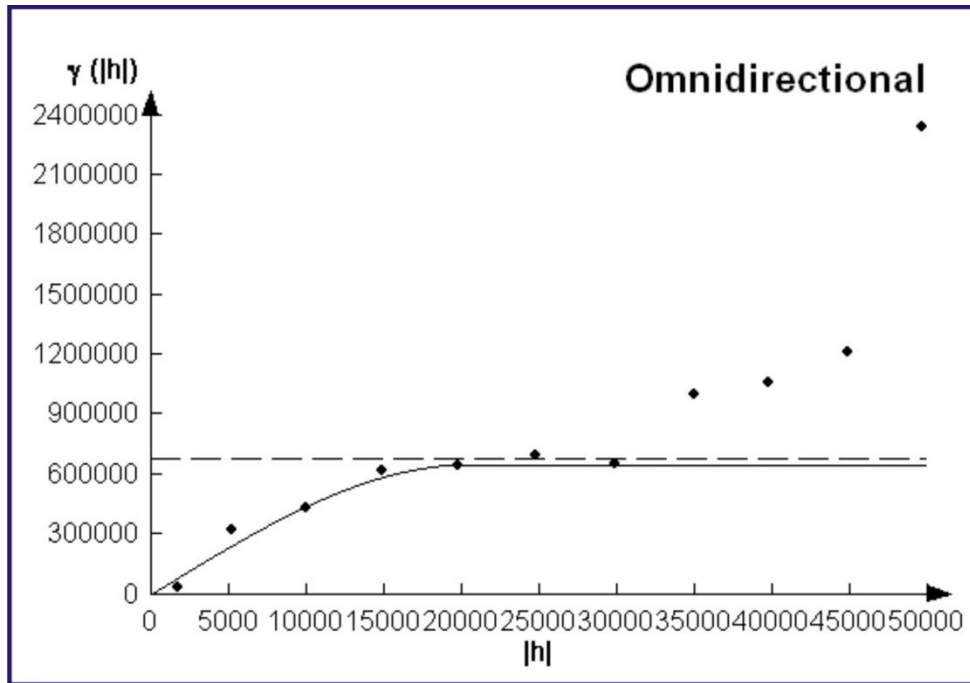


Figura 7.4.2 Variograma de STD Omnidireccional

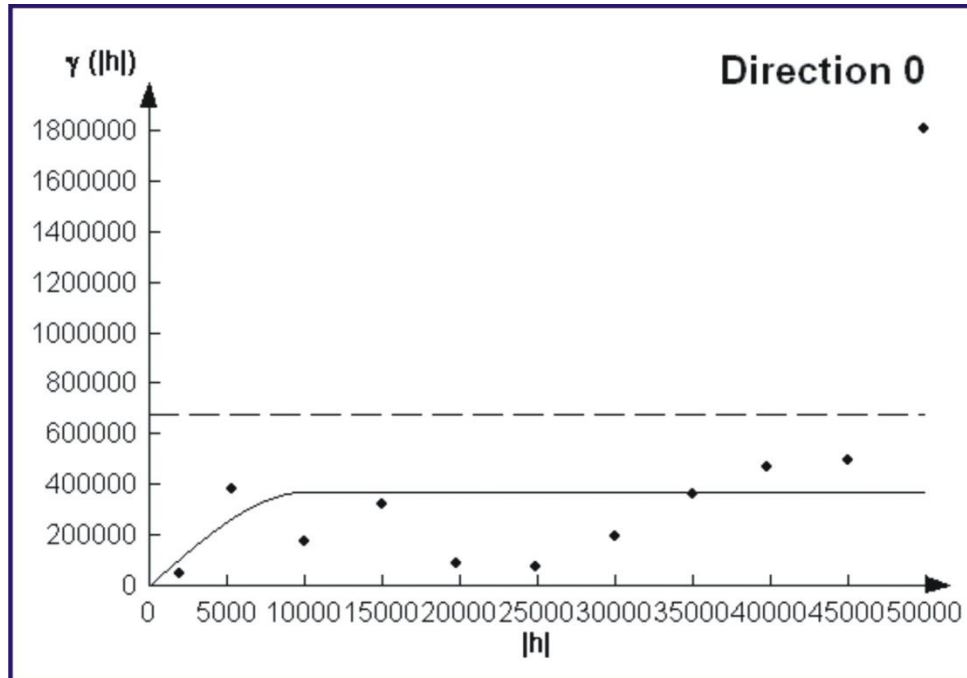


Figura 7.4.2.1 Variograma de STD Dirección O

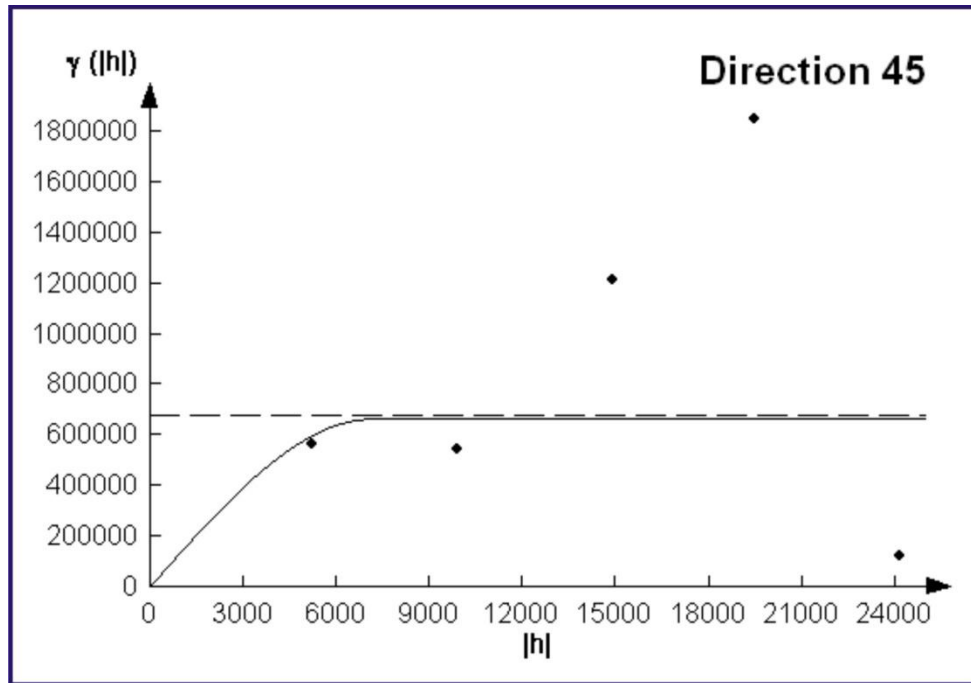


Figura 7.4.2.2 Variograma de STD Dirección 45

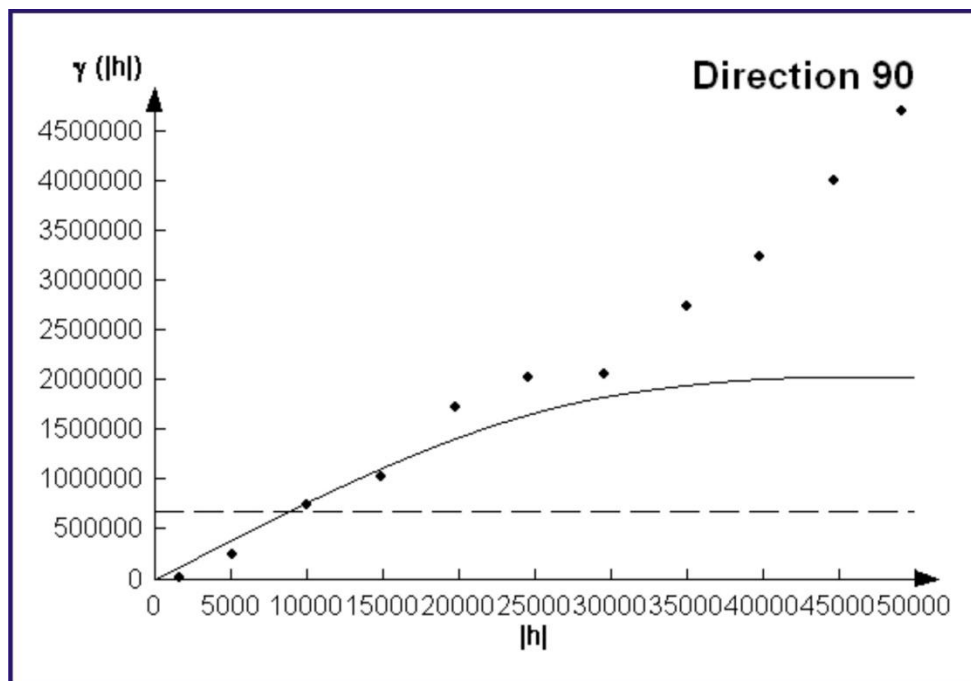


Figura 7.4.2.3 Variograma de STD Dirección 90

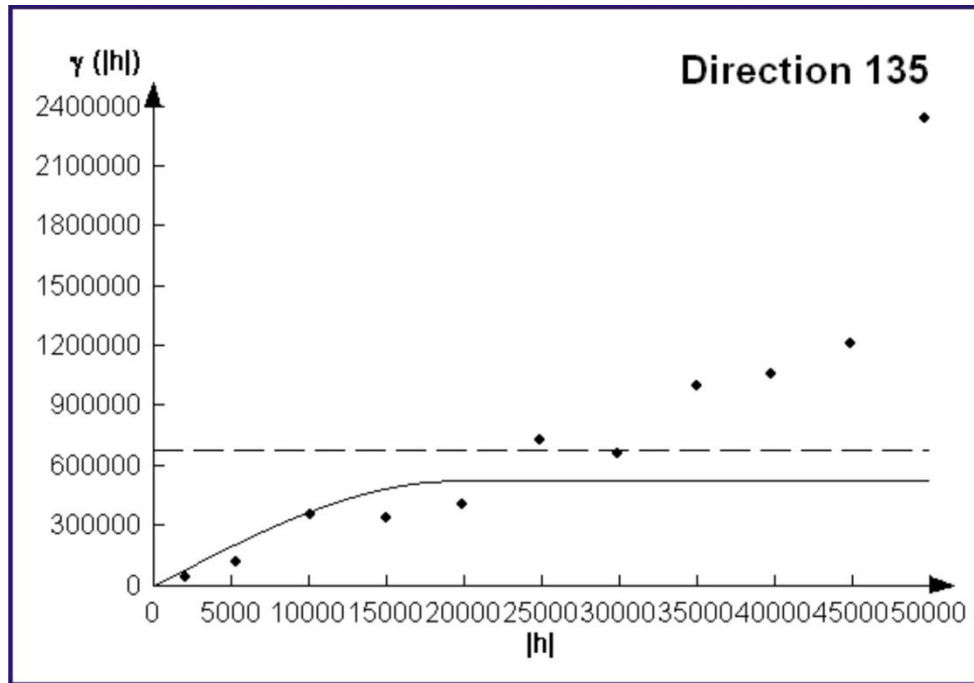


Figura 7.4.2.4 Variograma de STD Dirección 135

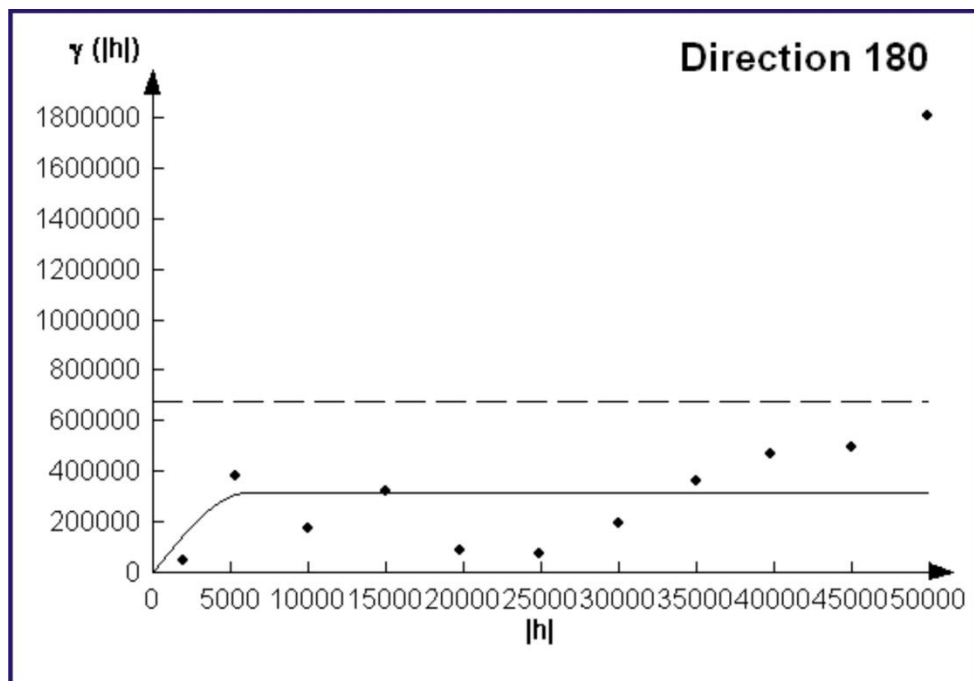


Figura 7.4.2.5 Variograma de STD Dirección 180

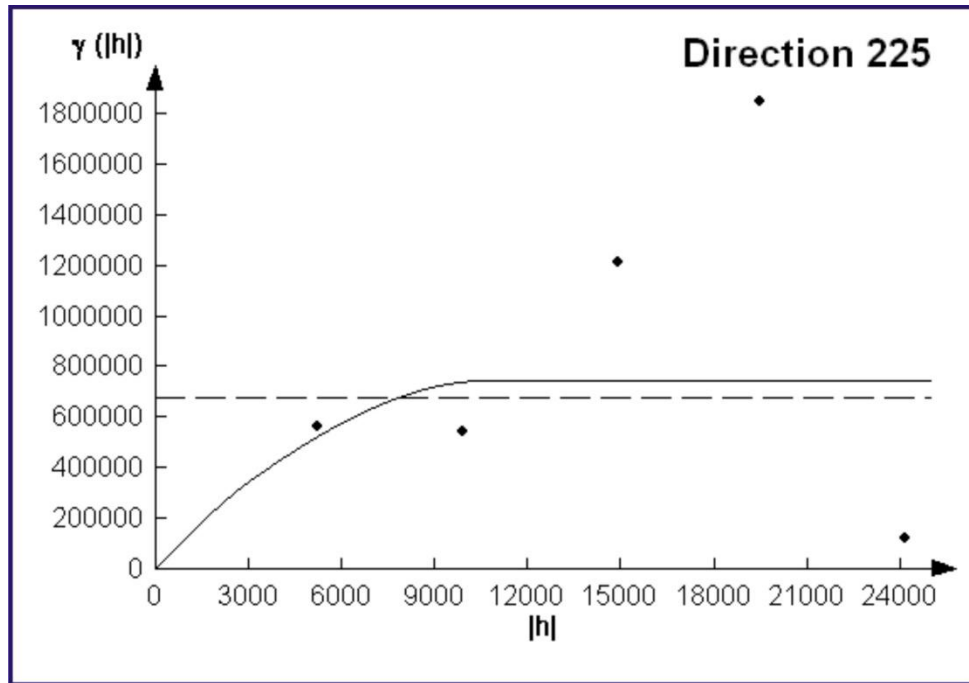


Figura 7.4.2.6 Variograma de STD Dirección 225

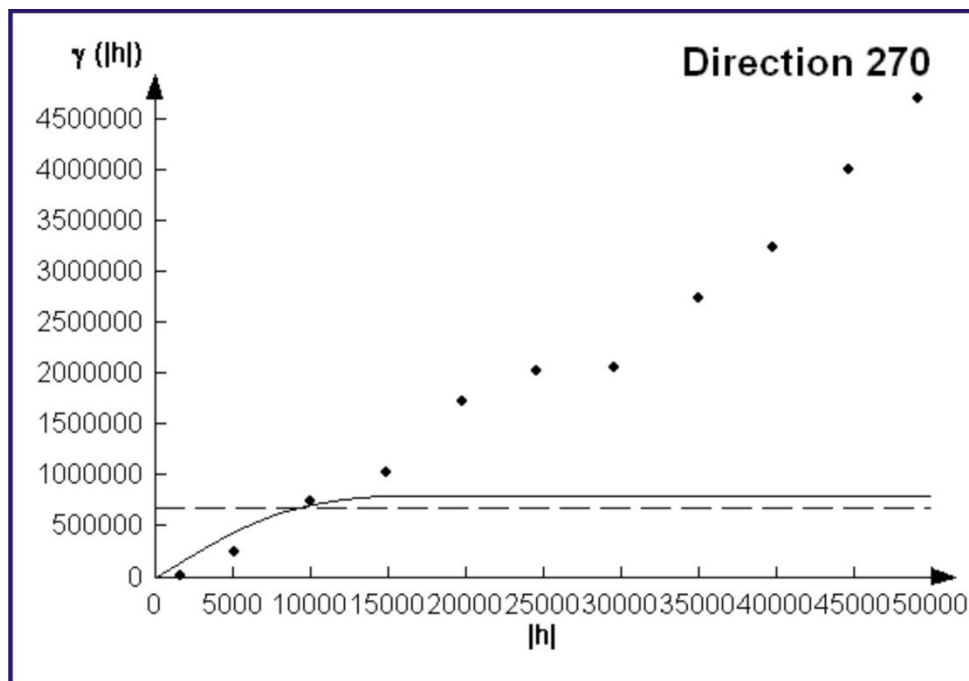


Figura 7.4.2.7 Variograma de STD Dirección 270

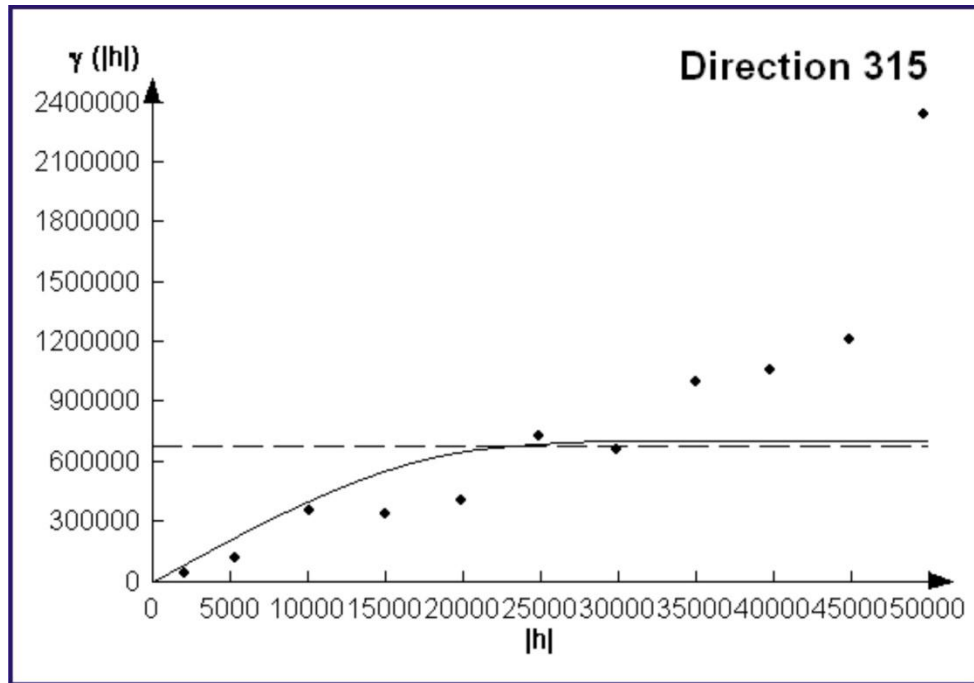


Figura 7.4.2.8 Variograma de STD Dirección 315

Dirección	Current fit	Best fit found	Nugget	1st Structure	2nd Structure	3rd Structure	Sill	Sill	Sill	Anis
				Range	Range	Range				
Omni	2.6718E-01	2.6718E-01	0	20408	6522		56			1
0	3.6454E-01	3.2987E-01	0	10203	3747		03			1
45	7.2861E-01	7.2861E-01	0	7142.5	6661		28			1
90	9.3316E-01	9.3316E-01	0	46938	6800	41836	00	6800	6800	1
135	5.1341E-01	5.1341E-01	0	19388	5273		40			1
180	2.9154E-01	2.8431E-01	0	6121.6	3191		92			1
225	6.5078E-01	6.5078E-01	0	10714	6800	3060.8	00	6938	2.7	1
270	4.1744E+00	3.7099E+00	0	15306	5689	9183.3	79	2359	15	1
315	4.0297E-01	2.8569E-01	0	21428	3885	30611	75	3191	92	1

Tabla 7.4.2 Datos obtenidos de variogramas

Para determinar cuál es la dirección preferencia de los variogramas se realizó un análisis gráfico de los rangos de los sólidos totales disueltos, según cada dirección, las cuales se

muestran en la **Tabla 7.4.2.1** y en la **Figura 7.4.2.9**, de esta última se determino que el sentido preferencial de los valores, se encuentra en la dirección de 135.

STD	Frecuencia
0	9000
45	7000
90	20000
135	20000
180	5000
225	10000
270	13000
315	20000

Tabla 7.4.2.1 Datos de los rangos

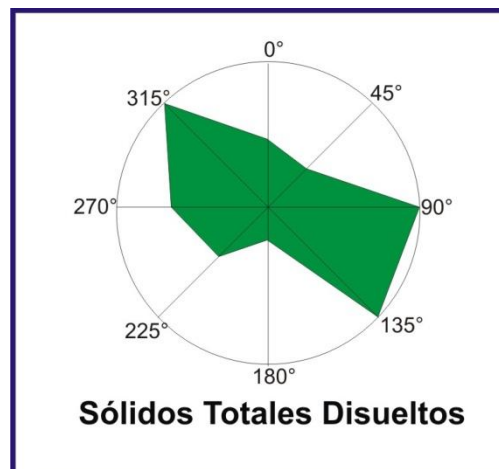


Figura 7.4.2.9 Roseta de Direcciones preferenciales de rangos

7.4.4 Kriging Ordinario

Después de ajustar el modelo y realizar las determinaciones mencionadas anteriormente, se procedió a realizar la estimación espacial mediante Kriging ordinario, el cual consiste en interpolar espacialmente el valor de la propiedad en un punto mediante una combinación lineal de sus n vecinos más cercanos. Los resultados del Kriging para los STD se muestran en la Figura **7.3.2.10**.

Con los datos obtenidos en los variogramas experimentales se determinó la dirección preferencial de los rangos, y se realizó el Kriging en el Software Surfer, en donde se introdujeron los datos para generar el grid, se seleccionó el modelo de variograma esférico, y se evaluó con los datos de la dirección preferencial 135, con un radio 0.24, este se obtuvo obteniendo la relación entre las frecuencias de los valores más altos y más bajos, ángulo de 135, para la escala se utilizó el valor del sill, y para longitud el rango, ambos determinados en el variograma experimental.

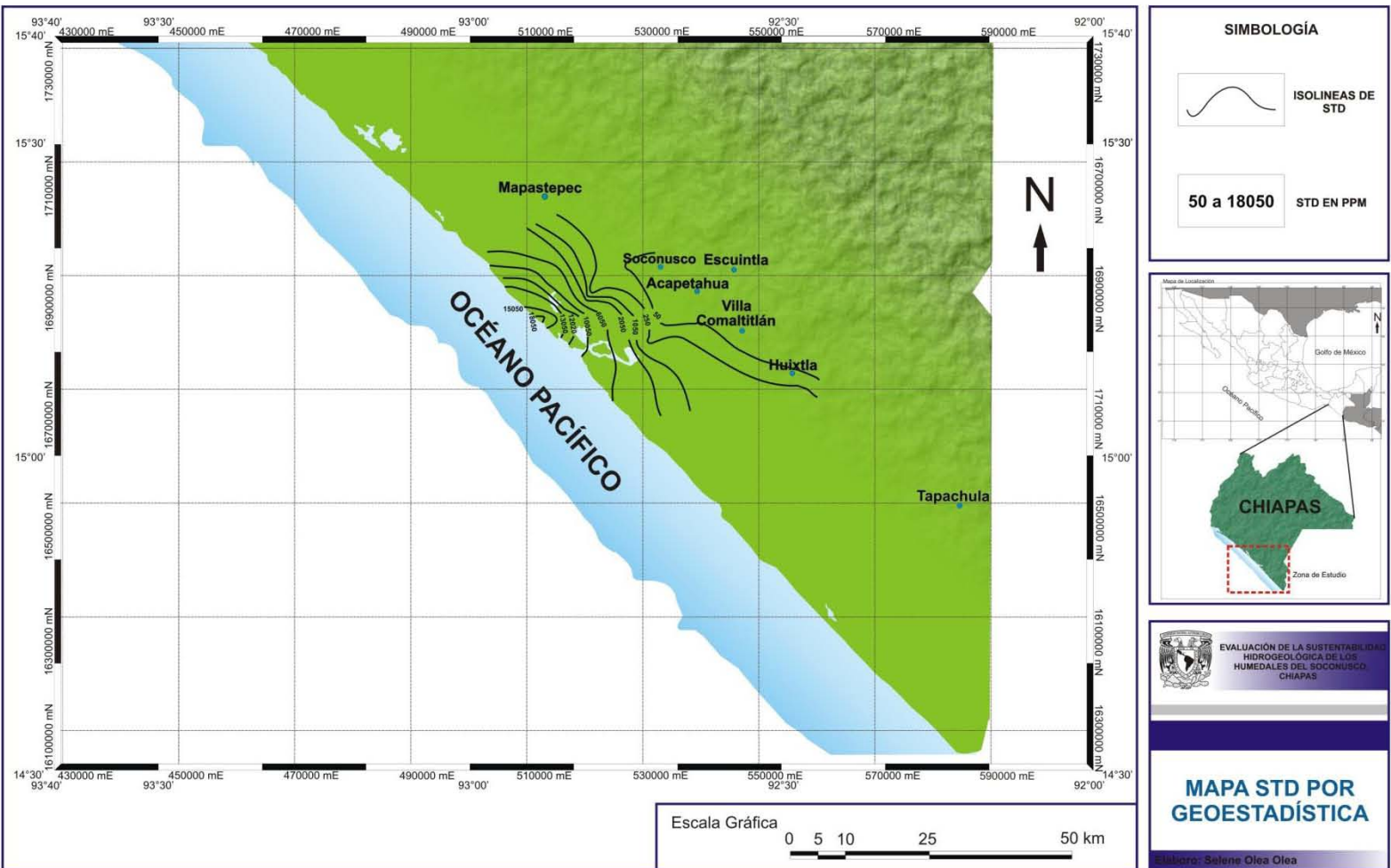


Figura 7.4.2.10. Resultados del Kriging ordinario, valores estimados de la STD

7.4.5 Análisis de Resultados STD

Consecuente con a la elaboración del Kriging ordinario, en el cual se aplico el modelo esférico de variograma, se obtiene la configuración de Sólidos Totales Disueltos, de los puntos tomados en el censo de pozos, donde se puede observar la distribución de los tipos de agua del acuífero.

En el capítulo 6, se mencionó la clasificación del agua, de acuerdo a su salinidad, y se observo en la configuración de isoclinas de Sólidos Totales Disueltos obtenida del Software Surfer.

La configuración de isoclinas de STD apoyada en el uso de la geoestadística, arroja un mapa muy similar el expuesto en el capítulo 6, sin embargo este mapa se realizo sin conocer los valores de la interpolación, y realizando un Kriging lineal.

Al detectar que no existe gran variación en los dos modelos, se puede determinar que ambos son demostrativos de la distribución de agua dulce y salada en el acuífero, sin embargo, como se menciona con anterioridad, con la ayuda de la geoestadística, las estimaciones, y el modelado de las isoclinas con valores concretos, arroja una configuración mucho más exacta.

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

8.1 Humedales

En el **Anexo 8.1** se observan las fotografías de la zona de humedales del Soconusco, la cual pertenece la Reserva de la Biosfera, La Encrucijada.

8.2 Importancia de los Humedales

Los humedales costeros se desarrollan alrededor de las lagunas costeras, esteros y desembocadura de ríos y arroyos. En estas áreas, a nivel mundial, se llevan a cabo importantes actividades pesqueras artesanales que aportan alimento y desarrollo económico a comunidades asentadas en la costa.

Los ecosistemas de los humedales costeros son altamente productivos y generan una gran cantidad de nutrientes, los cuales son exportados por las mareas a las aguas marinas de la franja litoral más cercana a la costa, donde son aprovechados por pastos marinos y una variedad de peces que tienen importancia comercial. De acuerdo con la organización de las naciones unidas para la agricultura (FAO), cerca del 80% de la captura mundial de peces marinos se realiza en la franja costera. Además, muchas poblaciones de aves acuáticas utilizan los humedales costeros como zonas de reposo o reproducción.

La pesquería del camarón, una de las más importantes de México, existe gracias a la gran cantidad de lagunas costeras que albergan importantes humedales, como áreas de manglar y marismas, en donde se refugian las postlarvas de camarón y se desarrollan durante varios

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

meses hasta alcanzar sus fases juveniles, momento en el cual migran al mar para completar su ciclo de vida (CONABIO, 2008).

A continuación se describen las funciones, valores y servicios ecosistémicos identificados para los humedales costeros.

Recarga y descarga de acuíferos: En muchos humedales, el agua se detiene o se desplaza lentamente, lo que facilita que por filtración, el agua migre hacia el acuífero. Por ello, un humedal puede tener una función importante mucho más allá de su área de acción directa, manteniendo la elevación del nivel estático de alguna región. Además, el agua se purifica al atravesar las sucesivas capas de tierra y arena hasta llegar al acuífero, donde normalmente es limpia y potable (Tabilo-Valdivieso, 2004).

Productividad primaria: los humedales producen materia orgánica a través de las plantas y otros organismos autótrofos, a partir de sales minerales, dióxido de carbono y agua, utilizando la energía solar.

Fuente de agua: De ellos se toma agua para actividades humanas.

Fuente de alimento y materias primas: en los humedales encontramos fuentes de alimentos para el ser humano, tales como peces, crustáceos y aves. También el ganado obtiene una fuente de alimento en los humedales (CONAMA. 2006). Los manglares han sido aprovechados por las comunidades rurales asentadas alrededor de estos ecosistemas para producir leña y carbón (CONABIO, 2008).

Estabilización de la línea de costa: Los humedales costeros evitan el ingreso de agua salada al continente. La vegetación presente en los humedales disminuye los efectos de las olas, el viento y las tormentas (CONAMA. 2006). Permiten amortiguar los impactos que el acarreo de tierra por las corrientes de agua de ríos y arroyos tiene sobre los arrecifes de coral (CONABIO, 2008).

Mantenimiento de microclima: La evapotranspiración desde el humedal es responsable de mantener la humedad y el régimen de lluvias locales.

Reducción y remoción de tóxicos-depuración de agua: Muchas especies vegetales presentes en los humedales son capaces de eliminar sustancias tóxicas procedentes de plaguicidas, descargas industriales y actividades mineras (CONAMA. 2006).

Retención y sedimentación de nutrientes: El nitrógeno y el fósforo inorgánico son los nutrientes más importantes que son removidos, acumulados y transformados por procesos químicos en el humedal. A través de experiencias registradas en EEUU, Suecia y China, se observó que los humedales pueden contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad del agua a través de la retención de sedimentos en áreas agrícolas. (Verhoeven et al., 2006).

Sumideros de carbono: los humedales, especialmente las turberas, son lugares donde se almacena el dióxido de carbono (CO₂), al ser asimilado por las plantas en el proceso de fotosíntesis. La fotosíntesis transforma el carbono inorgánico (CO₂ atmosférico) a carbono

orgánico, en la forma de biomasa vegetal que queda almacenada en los humedales (Tabilo-Valdivieso, 2003).

Hábitat de vida silvestre: Los humedales constituyen el hábitat de una gran diversidad de animales.

Protección contra inundaciones: los humedales actúan como reservorios de exceso de agua. Esta puede ser acumulada en el suelo, retenido en lagos, lagunas y pantanos, lo que reduce el volumen del flujo de agua. El agua se descarga en forma periódica, y también es removida por evapotranspiración, o es filtrada hacia los acuíferos. Por otra parte, la vegetación del humedal regula y reduce la velocidad del flujo de agua (Tabilo-Valdivieso, 2003).

Valor científico: Los humedales también son importantes en áreas de investigación científica, sirviendo para el monitorear tendencias ambientales globales, como el cambio climático (CONAMA. 2006).

Valor Turístico y Recreativo: una creciente industria asociada al ecoturismo: el avistamiento de aves migratorias, su paisaje y la variedad de vida.

8.3 Amenazas a los Humedales Costeros

Las actividades humanas, constituyen la principal amenaza a los humedales costeros.

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

El desarrollo urbano, industrial y turístico, así como el desarrollo agrícola, ganadero y acuícola, compiten por el suelo.

Los humedales costeros han recibido presiones por efecto de la contaminación: desechos sólidos urbanos, contaminantes industriales, pesticidas y fertilizantes agrícolas, derrames de petróleo, etc., así como modificaciones a las condiciones hidrológicas (CONAMA, 2006).

La pérdida de los estos ecosistemas influye significativamente en todas las especies que los utilizan para su desarrollo biológico. En particular, se estima que los humedales costeros son determinantes para el desarrollo de distintas especies de peces que se capturan comercialmente (CONABIO, 2008).

Las descargas de aguas continentales se trasladan también diversos tipos de contaminantes generados por la actividad humana que son recibidos en las zonas de humedales costeros. Este importante ecosistema sirve de filtro biológico y retiene o procesa algunos contaminantes: procesan nutrientes en exceso, degradan materia orgánica y almacenan algunos residuos utilizados en la agricultura. El exceso de estos contaminantes generados por el hombre también acabará destruyendo a los manglares. (CONABIO, 2008).

8.4 Humedales RAMSAR

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, mejor conocida como convención RAMSAR, es un tratado intergubernamental de 1971.

El objetivo de la Convención Ramsar es: “La conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales, nacionales e internacionales, que contribuyan al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo” (INEGI, 2012).

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

México se adhiere a la Convención a partir del 4 de noviembre de 1986. En el año de 1996 la Reserva de la Biosfera, La Encrucijada (**Figura 8.4.1**), es incorporada siendo la número seis en ingresar, sumando 134 humedales registrados (**Figura 8.4 y 8.4.2**), con lo cual nuestro país cuenta ya con una superficie de 8'929,899.65 hectáreas inscritas y se consolida como la segunda nación por número de sitios inscritos, de un total de 160 países (INEGI, 2012).

Las partes que ingresan el convenio, tienen las siguientes obligaciones:

- Uso racional de todos los humedales
- Humedales de Importancia Internacional - designación y manejo de sitios Ramsar
- Cooperación internacional
- Velar por que NO se modifique el carácter ecológico del sitio
- Informar sobre cambios de origen antrópico en el humedal
- Señalización del sitio
- Restauración o mantenimiento
- Programas de manejo



Figura 8.4.1 Reserva de la Biosfera la Encrucijada (CONABIO. (2008))

El territorio de México cuenta con una superficie de 1 964 375 000 km, de esta el 6.52 %, que equivale a 128 123 915 km, son humedales (INEGI, 2012).

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

- La integridad del flujo hidrológico del humedal costero
- La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental
- Su productividad natural
- La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas
- Integridad de las zonas de inundación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje.
- La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales
- Cambio en las características ecológicas
- Servicios ecológicos
- Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies de status, entre otros.

8.6 Sustentabilidad

Debido al deterioro mundial que se ha dado en los últimos años a las zonas de humedales y el gran daño a veces irreversible que implica alterar el ecosistema del humedal es necesario plantear el desarrollo de la sustentabilidad de los humedales costeros, del Soconusco, Chiapas.

De acuerdo con una estimación de FAO, en 1980, los humedales costeros abarcaban una superficie cercana a los 19.8 millones de hectáreas de las zonas costeras del mundo. Algunas estimaciones señalan que a principios del año 2000 la superficie global de los

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

humedales costeros se había reducido a poco menos de 15 millones de hectáreas. Si esta estimación es correcta y la comparamos con las cifras oficiales de FAO, en los últimos 20 años se habría perdido entonces cerca del 25% de la superficie. (CONABIO. 2008).

Distintos estudios a nivel internacional señalan que recuperar un humedal costero que ha sido severamente dañado puede tomar muchos años cuando ello es posible; en muchas ocasiones la pérdida es total e irreversible.

Por lo que se proponen las siguientes acciones para garantizar la sustentabilidad de los humedales costeros del Soconusco, Chiapas, que se encuentran dentro de la Reserva de la Biosfera, La Encrucijada, Chiapas (**Figura 8.6**).

Para esto además de seguir los lineamientos de la convención de RAMSAR y respetar la NOM-022-SEMARNAT-2003, se proponen las siguientes acciones:



Figura 8.6 Reserva de la Biosfera, La Encrucijada

1. Proteger el aporte de agua a la zona de humedales

En el cálculo del balance de aguas subterráneas se determinó que el valor para las descargas naturales es de $246.1 \text{ Mm}^3/\text{año}$ y descargas laterales es de $118.109 \text{ Mm}^3/\text{año}$, juntas son $364.209 \text{ Mm}^3/\text{año}$, las cuales descargan hacia el mar y mantienen el equilibrio entre agua dulce y salada.

Por lo que se propone seguir la reglamentación de la NOM-022-SEMARNAT-2003, sobre la prohibición y regulación de descargas a la zona de humedales, pues si éstas no son reguladas, pueden contaminar el agua que se mueve a través del sistema de humedales costeros, y a la vez, generar que esta agua recargue al acuífero, generando contaminación en ambos, y en la flora y fauna de este importante ecosistema (**Figura 8.6.1** y **Figura 8.6.2**)



Figura 8.6.1 Ejemplo de la fauna de los humedales del Soconusco



Figura 8.6.2 Ejemplo de la fauna de los humedales del Soconusco

2. Regular la Extracción de Agua Subterránea

Se determino que el sistema acuífero de la zona de estudio se encuentra en equilibrio, por lo que no existe intrusión salina, las descargas artificiales a través de pozos profundos para el abastecimiento público urbano y a través de norias, es de 63.583 Mm³/año.

Por lo que se propone que no se exceda el valor calculado de descargas artificiales, esto con el fin de evitar que se rompa el equilibrio del acuífero con la línea de costa y se genere intrusión salina.

3. Limitar el desarrollo de las actividades agrícolas

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

En las zonas cercanas al municipio de Acapetahua, se presentan actividades agrícolas de valor económico, a lo largo de esta zona se observan campos sembrados por caña de azúcar y pozos propiedad de los ingenios azucareros. Hasta el momento el agua que extraen dichos pozos no ha mostrado afectar al sistema acuífero, sin embargo se propone no permitir que estas actividades se extiendan hacia las zonas cercanas a los humedales del Soconusco.

Lo anterior debido a que para el desarrollo favorable de dicha industria, se necesita la disponibilidad de grandes volúmenes de agua, y si se permite extender los ingenios azucareros se puede provocar una sobre explotación del acuífero, generando que exista intrusión salina.

Además de la posible sobre explotación del acuífero, los procesos de agricultura emplean fertilizantes y otros químicos, que dependiendo de su biodisponibilidad, pueden afectar a todo el ecosistema, a la flora, la fauna, el agua superficial y el agua que infiltra al acuífero.

En la **Figura 8.6.3** se muestran varios vehículos transportando cañas para ser procesadas en el ingenio azucarero, en Acapetahua.



Figura 8.6.3 Transporte de cañas, Acapetahua

4. Regular el dragado de Ríos

Durante el recorrido de campo se observó sobre el Río Cintalapa, el proceso de dragado de dicho río, **Figura 8.6.4 y 8.6.5**. Se propone regular este tipo de procesos, debido a que alteran la dinámica de los ríos y las tasas de sedimentación.

De igual manera se propone no permitir el dragado en zonas cercanas a la zona de humedales, con el fin de evitar alterar la dinámica de los ríos, que aportan parte del agua que recibe la zona de humedales costeros.



Figura 8.6.4 Dragado del río Cintalapa, Acapetahua



Figura 8.6.5 Transporte de material dragado del río Cintalapa

5. Regular el desarrollo de las actividades turísticas

En el embarcadero Las Garzas, Acapetahua, se ofrecen recorridos para los habitantes de la zona y así como a turistas, con el fin de desplazarse a las playas que se encuentran después de recorrer la zona de humedales, en la línea de costa.

En la **Figura 8.6.6** se muestra un mapa esquemático de las playas que se encuentran al finalizar la zona de humedales, así como en la **Figura 8.6.7** se muestra el embarcadero Las Garzas, en la **Figura 8.6.8** se observa una de las actividades que ofrece el ecoturismo de la zona, al igual que en la **Figura 8.6.9**.



Figura 8.6.6 Playas de la zona de humedales



Figura 8.6.7 Embarcadero Las Garzas



Figura 8.6.8 Ecoturismo de la zona de humedales

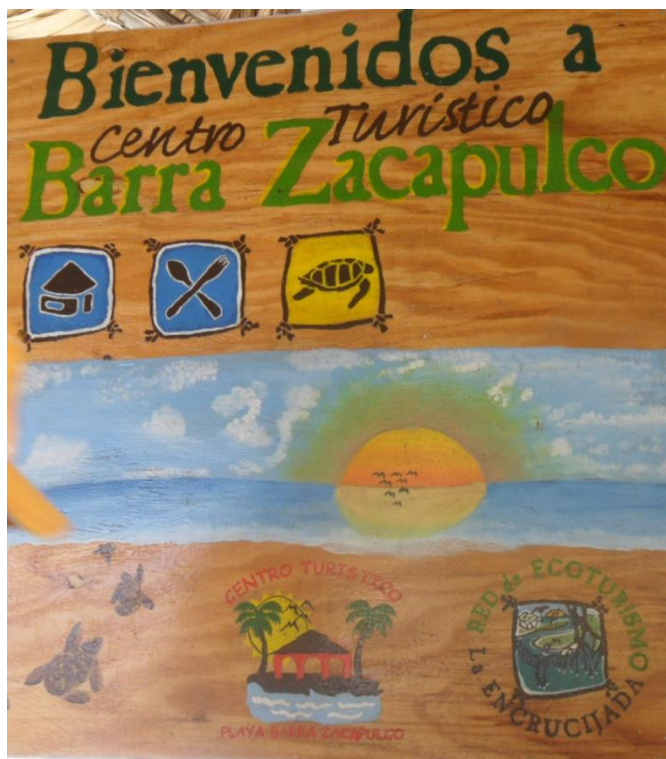


Figura 8.6.9 Centro turístico Barra Zacapulco

6. Regular e implementar monitoreo en la pesca en la zona

La Reserva de la Biosfera, La Encrucijada cuenta con aéreas de pesca protegidas. Sin embargo, como lo dice la información colocada en dichas zonas de pesca, esta regulación puede ser temporal o permanente, dependiendo de la biología del organismo pesquero (Figura 8.6.10).

Esto provoca que al no existir un prohibición específica, no sea respetada por completo, poniendo en riesgo a las especies de peces y mariscos, pues en las zonas de humedales realizan el desove, crianza y reproducción, lo cual altera el equilibrio del ecosistema, pues ellos se relación con la flora de los humedales.

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

Se propone definir lugares específicos donde se prohíba la pesca, o los meses de prohibición, además de un monitoreo estacional de esta actividad, con el fin de regularla, y evitar que afecte a los humedales del Soconusco.



Figura 8.6.10 Reserva pesquera, Reserva de la Biosfera, La Encrucijada

7. Reunión de autoridades locales, para regular los recursos de los humedales del Soconusco

La Reserva de la Biosfera, La Encrucijada, forma parte del convenio RAMSAR, además de estar regulada por la NOM-022-SEMARNAT-2003, sin embargo a pesar de existir estas especificaciones sobre su regulación, y de que en estas están involucradas autoridades nacionales, se propone integrar un consejo de autoridades locales, de los municipios que

VIII. Sustentabilidad de los humedales del Soconusco

comprenden la zona de humedales del Soconusco, esto con el fin de realizar un monitoreo de los recursos del sistema ecológico.

Donde en dicho monitoreo, se revise el cumplimiento de todos los puntos mencionados anteriormente. Además de buscar involucrar a los pobladores de la zona, para que conozcan la importancia de preservar el sistema de humedales del Soconusco.

IX. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

La zona de humedales del Soconusco, están conformada por los acuíferos de Acapetahua en su mayoría, y en menor proporción por el acuífero de Soconusco.

El acuífero definido anteriormente, es regionalmente libre, en las partes altas y medias, mientras que en las partes cercanas a la línea de costa, se comporta como semiconfinado localmente por la presencia de lentes arcillosos, los cuales generan que los niveles sean más someros, por efecto de la presión ejercida en la capa semiconfinante. En las partes más bajas y hasta la línea de costa, se encuentra otro acuífero, de tipo libre, el cual es explotado por norias.

El acuífero está compuesta por cuatro unidades hidrogeológicas; la primera compuesta de depósitos palustres, lacustre y litoral, la cual funciona como zona de recarga para el acuífero, la segunda unidad está compuesta por una intercalación de lentes arcillosos, que localmente llegan a confinar el acuífero, la tercer unidad está constituida por depósitos aluviales, los cuales forman en su mayoría al acuífero, la cuarta está conformada por el basamento, el cual es de origen ígneo intrusivo y presenta no presenta permeabilidad.

Del censo de pozo realizado en la zona, en el mes de diciembre del 2012, se sabe que la elevación del nivel estático, se encuentra en rangos de 0 a 30 metros, el agua fluye en dirección NE a SE, los niveles más altos, se encuentran cercanos a la Sierra de Chiapas.

Las profundidades del nivel estático para el acuífero oscilan entre 1 y 6 metros, encontrando las más altas en los pies de la Sierra de Chiapas, las más bajas llegando a la costa, con

excepción de los colindantes a Huixtla, que son mas someros, por lo que se cree que esto se deba a su cercanía con el río Huixtla y la posibilidad de que este, drene al acuífero.

Se realizó el análisis de las conductividades eléctricas del los censos de pozos, y se pasaron a sólidos totales disueltos, se determino que la mayoría del agua es de carácter dulce, la cual es tomada por los pobladores de sus pozos y norias, se detecto solo un punto de abastecimiento de agua como salobre, en el poblado Las Garza Fundadores, Acapetahua, sin embargo los pobladores, no la consumen.

El comportamiento de los Sólidos totales disueltos, sigue un patrón de menor a mayor concentración, siendo de menor concentración, los cercanos al pie de la Sierra de Chiapas, lo que hace suponer, que en está región se encuentra una zona de recarga para el acuífero y que el agua es de reciente infiltración, los valores más altos, se localizan en las cercanías a los limites con la línea de costa, en la zona de humedales.

Se realizó la comparación de dos redes de flujo, con 21 años de diferencia, para observar si existe alguna variación en el comportamiento del acuífero, sin embargo, se determino que ambas son prácticamente iguales, que el sistema sigue en su misma sustentabilidad desde hace 21 años.

Los parámetros hidráulicos del acuífero fueron determinados por medio del análisis y procesamiento de una prueba de bombeo, con el método Cooper-Jacob, del cual se confirmo que el acuífero es de tipo libre y presenta una conductividad hidráulica de 77.99 [m/d]. Este valro se reporta en la literatura y está en el rango de arenas medias.

El modelo hidrogeológico conceptual, muestra el funcionamiento del acuífero, el cual es recargado por la esorrentía de las montañas en los pies de la sierra, y por el agua de la precipitacion, cuando el agua ingresa al acuífero, se mueve en dirección NE a SE, hasta

llegar la interfaz, donde interactúan el agua dulce, y el agua salada, las descargas son hacia el océano pacífico.

Se determino por medio del método de Ghyben (1889) y Herzberg (1901), que en línea de costa, el agua dulce estará los primero 200 m, y posteriormente se encuentra el agua salada, no existe intrusión marina en la zona.

En el balance de aguas subterráneas, el cual se realizo con datos obtenidos de las piezométricas realizadas en diciembre del 2012, se determino que las recargas laterales son de 854 Mm³/año, la descarga artificial es de 63.583 Mm³/año, las descargas laterales hacia el mar son de 118.109 Mm³/año.

Para el caso de los humedales del Soconusco, se determino que las descargas naturales, las cuales alimentación a los humedales, son de 246. 1 Mm³/año.

Con base a los resultados obtenidos en el balance, se realizo el cálculo de la disponibilidad del acuífero, la cual es de 533.917 Mm³/año.

Se utilizó la geoestadística, para tener un cálculo más correcto, sobre las elevaciones de los niveles estáticos y la concentración de los sólidos totales disueltos, en donde se determinaron los variogramas experimentales, de modelo esférico, se obtuvo una dirección preferencial para ambos datos de 135, los datos fueron interpolados por el método de interpolación de Kriging, en el software Surfer y se modelo el mapa de isolienas para ambos parámetros, siendo tanto el de la elevación del nivel estático como el de lo sólidos totales disueltos, muy similar el propuesto sin dicho análisis, sin embargo se considera que es más acertado el resultado de la interpolación usada en geoestadística para los datos del acuífero.

9.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar una serie de pruebas de bombeo en la zona, con el fin de conocer de manera más concreta los parámetros hidráulicos del acuífero.

No se lograron conseguir cortes litológicos de los pozos de la zona de estudio, por lo que se recomienda que cuando se realice una nueva perforación, se lleve un registro de las unidades encontradas, para conocer de manera más correcta el espesor del lente arcilloso, su variación y la presencia de las demás unidades hidrogeológicas.

La zona del acuífero, no es una zona de veda, por lo que se recomienda regular las concesiones de agua subterránea para evitar en un futuro, la sobreexplotación del acuífero.

Se recomienda generar un monitoreo periódico de los pozos y norias, con el fin de identificar que la calidad del agua continúe siendo la adecuada para el consumo humano.

Prevenir la sobreexplotación del acuífero en las partes cercanas a la línea de la costa, para evitar alterar el equilibrio, y se presente intrusión salina.

Generar un plan de manejo de los humedales del Soconusco, el cual consista en regular las descargas a los cuerpos de agua de los humedales y ríos, la explotación de agua del acuífero, las actividades agrícolas y acuícolas, así como el ecoturismo.

Los pozos censados, no se encuentran registrados en el REPDA, sin embargo es importante realizar el registro de nuevos puntos de extracción, para llevar un control adecuado de los puntos aprovechamiento del acuífero.

Las autoridades responsables del manejo y sustentabilidad de los humedales del Soconusco, deberán tomar decisiones adecuadas, para preservar esta biodiversidad en el Soconusco, que forman parte de la gran riqueza de México.

ANEXOS

Anexo 4.5. Afloramientos Geológicos



















Anexo 5.3 Datos SEV's**Tabla X.1.1: Sondeo 01 (datos de campo)**

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	646.3
0.5	2	700.2
0.5	3	788.5
0.5	4.5	901.5
0.5	7	849.4
0.5	10	896.5
0.5	15	1068.9
4.5	15	833
4.5	22	939.4
4.5	32	910
4.5	46	704.8
4.5	68	385.3
15	68	372.2
15	100	302.1
15	145	374.9
15	215	229.4
40	215	268.7
40	315	429.8
40	465	979.8
40	675	5095.9

Tabla X.1.2: Sondeo 02 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	401
0.5	2	388.3
0.5	3	490.1
0.5	4.5	605.1
0.5	7	674
0.5	10	792.7
0.5	15	929
4.5	15	641.7
4.5	22	639.1
4.5	32	538.8
4.5	46	302.8
4.5	68	169.3
15	68	191.9
15	100	265.9
15	145	330.9
15	215	806.5
40	215	532.5
40	315	622
40	465	917.8
40	675	2207.7

Tabla X.1.3: Sondeo 03 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	268.9
0.5	2	287.1
0.5	3	263.4
0.5	4.5	229.5
0.5	7	183.7
0.5	10	165.6
0.5	15	169.9
4.5	15	140.3
4.5	22	172.7
4.5	32	236.4
4.5	46	297.5
4.5	68	350.2
15	68	393.2
15	100	479.8
15	145	594.5
15	215	794.6
40	215	777.5
40	315	1723.2
40	465	1892.3
40	675	1673

Tabla X.1.4: Sondeo 04 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	196.8
0.5	2	166.2
0.5	3	155.5
0.5	4.5	172.3
0.5	7	219.5
0.5	10	264.8
0.5	15	320.4
4.5	15	246.8
4.5	22	270.6
4.5	32	261.2
4.5	46	188.1
4.5	68	157.3
15	68	155.5
15	100	116.2
15	145	72.5
15	215	26.5
40	215	29.4
40	315	303.1
40	465	1071
40	675	2156.4

Tabla X.1.5: Sondeo 05 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	310.4
0.5	2	280.1
0.5	3	275.7
0.5	4.5	277.2
0.5	7	323.2
0.5	10	388.5
0.5	15	473.8
4.5	15	382.1
4.5	22	437.8
4.5	32	409.8
4.5	46	358.7
4.5	68	241.7
15	68	293.2
15	100	264.4
15	145	303
15	215	328
40	215	322.8
40	315	426.6
40	465	702.8
40	675	1294.8

Tabla X.1.6: Sondeo 06 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	621.3
0.5	2	680.7
0.5	3	815.9
0.5	4.5	872.9
0.5	7	869.4
0.5	10	762.9
0.5	15	627.3
4.5	15	618.4
4.5	22	347.9
4.5	32	155.4
4.5	46	87.5
4.5	68	54.5
15	68	67.5
15	100	60.5
15	145	66.7
15	215	57.5
40	215	56.6
40	315	41.5
40	465	177.1
40	675	18.7

Tabla X.1.7: Sondeo 07 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	75.4
0.5	2	87.1
0.5	3	104.7
0.5	4.5	111.7
0.5	7	106
0.5	10	98
0.5	15	84.3
4.5	15	72.3
4.5	22	64.6
4.5	32	57.9
4.5	46	51
4.5	68	49.4
15	68	48.9
15	100	44.7
15	145	44
15	215	44.7
40	215	38.1
40	315	37.2
40	465	41.1
40	675	43.6

Tabla X.1.8: Sondeo 08 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	90.1
0.5	2	97.3
0.5	3	109.7
0.5	4.5	121.7
0.5	7	106
0.5	10	93
0.5	15	80
4.5	15	72.3
4.5	22	53.2
4.5	32	47.6
4.5	46	40.7
4.5	68	39.8
15	68	44.8
15	100	36
15	145	18.7
15	215	24.6
40	215	26.5
40	315	29.9
40	465	22.6
40	675	55.4

Tabla X.1.9: Sondeo 09 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	39.5
0.5	2	38.6
0.5	3	37.8
0.5	4.5	39
0.5	7	37.6
0.5	10	32.9
0.5	15	26.6
4.5	15	23.1
4.5	22	17.6
4.5	32	12.6
4.5	46	12.1
4.5	68	14.5
15	68	14.4
15	100	16.6
15	145	18.2
15	215	23.5
40	215	22.2
40	315	24.3
40	465	21.9
40	675	19.8

Tabla X.1.10: Sondeo 10 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	91.9
0.5	2	103.5
0.5	3	139.3
0.5	4.5	195.5
0.5	7	250.2
0.5	10	280
0.5	15	229.8
4.5	15	207.1
4.5	22	110.9
4.5	32	26.2
4.5	46	13.2
4.5	68	19
15	68	17.3
15	100	27.1
15	145	31.7
15	215	62.7
40	215	31.3
40	315	36.5
40	465	26.3
40	675	19.3

Tabla X.1.11: Sondeo 11 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistibilidad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	54.8
0.5	2	54.5
0.5	3	54.9
0.5	4.5	58
0.5	7	58.9
0.5	10	61.7
0.5	15	58.1
4.5	15	48.9
4.5	22	46.4
4.5	32	41.1
4.5	46	40.1
4.5	68	42.3
15	68	37.3
15	100	32.7
15	145	30.8
15	215	22.8
40	215	18.1
40	315	19.5
40	465	40.8
40	675	26.3

Tabla X.1.12: Sondeo 12 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	1130
0.5	2	1260.3
0.5	3	1200.8
0.5	4.5	1077.1
0.5	7	865.3
0.5	10	693.8
0.5	15	475.8
4.5	15	405.4
4.5	22	259.3
4.5	32	193.7
4.5	46	168.3
4.5	68	155.6
15	68	151.7
15	100	103.6
15	145	27.9
15	215	104.8
40	215	51.8
40	315	102.5
40	465	62.3
40	675	374.2

Tabla X.1.13: Sondeo 13 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	142.8
0.5	2	156.8
0.5	3	171.3
0.5	4.5	174.4
0.5	7	170.3
0.5	10	180
0.5	15	182.9
4.5	15	145.5
4.5	22	138
4.5	32	123.2
4.5	46	100.1
4.5	68	92.4
15	68	97.3
15	100	79
15	145	64.9
15	215	63.9
40	215	58.9
40	315	49.1
40	465	68.6
40	675	166

Tabla X.1.14: Sondeo 14 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	55.1
0.5	2	53.3
0.5	3	60.9
0.5	4.5	60.6
0.5	7	59.2
0.5	10	63.2
0.5	15	72.2
4.5	15	68.1
4.5	22	81.5
4.5	32	77.1
4.5	46	82.3
4.5	68	44.5
15	68	64.4
15	100	63.5
15	145	33.1
15	215	9.5
40	215	16.4
40	315	35.4
40	465	673.7
40	675	1950.3

Tabla X.1.15: Sondeo 15 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	145
0.5	2	84.5
0.5	3	49.2
0.5	4.5	35.2
0.5	7	29.3
0.5	10	52.6
0.5	15	91.3
4.5	15	37.8
4.5	22	39.4
4.5	32	38.2
4.5	46	34
4.5	68	23.2
15	68	19.5
15	100	245.2
15	145	128.2
15	215	561.4
40	215	226
40	315	26.4
40	465	2257.4
40	675	232.2

Tabla X.1.16: Sondeo 16 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	34.9
0.5	2	35.7
0.5	3	104.3
0.5	4.5	39.6
0.5	7	54.4
0.5	10	67.9
0.5	15	82
4.5	15	59.6
4.5	22	55.2
4.5	32	46.9
4.5	46	49.1
4.5	68	55.1
15	68	61.2
15	100	56.9
15	145	53
15	215	45.5
40	215	36
40	315	30.9
40	465	82.5
40	675	47.1

Tabla X.1.17: Sondeo 17 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	112.1
0.5	2	135.7
0.5	3	144
0.5	4.5	132.7
0.5	7	105.5
0.5	10	103.2
0.5	15	122.7
4.5	15	98
4.5	22	118.3
4.5	32	232.7
4.5	46	94.2
4.5	68	1177.3
15	68	139.5
15	100	114.8
15	145	112.9
15	215	130.8
15	315	480.8
40	315	17.6
40	465	320.9
40	675	140

Tabla X.1.18: Sondeo 18 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	155.9
0.5	2	184.5
0.5	3	225.6
0.5	4.5	282.3
0.5	7	342.9
0.5	10	454.4
0.5	15	585.1
4.5	15	527.8
4.5	22	358
4.5	32	176.8
4.5	46	98.9
4.5	68	32.8
15	68	84.8
15	100	70.3
15	145	70.2
15	215	68.6
40	215	74.5
40	315	105.5
40	465	152.2
40	675	168.2

Tabla X.1.19: Sondeo 19 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	20.9
0.5	2	23.4
0.5	3	29.8
0.5	4.5	37.2
0.5	7	44.7
0.5	10	31.2
0.5	15	54.6
4.5	15	39.1
4.5	22	43.8
4.5	32	47.6
4.5	46	29.6
4.5	68	62.2
15	68	31.3
15	100	28.4
15	145	31.3
15	215	142
40	215	35.9
40	315	127.7
40	465	120.7
40	675	132.5

Tabla X.1.20: Sondeo 20 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	44.7
0.5	2	53.1
0.5	3	68.3
0.5	4.5	32.5
0.5	7	65.6
0.5	10	229.1
0.5	15	471.3
4.5	15	168.1
4.5	22	584.5
4.5	32	369.7
4.5	46	1030.7
4.5	68	2410.5
15	68	907.6
15	100	5732.4
15	145	12466.6
15	215	10289.9
40	215	989.5
40	315	2079
40	465	4157.9
40	675	26963.1

Tabla X.1.21: Sondeo 21 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	120.8
0.5	2	130.5
0.5	3	90.2
0.5	4.5	62.3
0.5	7	40.6
0.5	10	39.2
0.5	15	9479.2
4.5	15	31.1
4.5	22	32.9
4.5	32	37.2
4.5	46	36.6
4.5	68	43.6
15	68	39.2
15	100	41.9
15	145	71.9
15	215	70.5
40	215	53.9
40	315	34.6
40	465	19
40	675	28.6

Tabla X.1.22: Sondeo 22 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	158.3
0.5	2	176.8
0.5	3	223.5
0.5	4.5	247.8
0.5	7	264
0.5	10	257.5
0.5	15	189.2
4.5	15	192.3
4.5	22	104.7
4.5	32	90.7
4.5	46	79.9
4.5	68	86.1
15	68	70.2
15	100	43.4
15	145	44.9
15	215	73.2
40	215	8.1
40	315	38.6
40	465	129.7
40	675	69.5

Tabla X.1.23: Sondeo 23 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	172
0.5	2	197.6
0.5	3	236.6
0.5	4.5	234.4
0.5	7	198.9
0.5	10	89.1
4.5	15	53.9
4.5	22	43.1
4.5	32	37.4
4.5	46	72.2
4.5	68	177.3
15	68	34
15	100	160.5
15	145	272.3
15	215	769.8
40	215	11.9
40	315	33
40	465	67.6
40	675	1334.8

Tabla X.1.24: Sondeo 24 (datos de campo)

MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	467.5
0.5	2	630.1
0.5	3	802.2
0.5	4.5	978.4
0.5	7	697.7
0.5	10	376.8
0.5	15	144
4.5	15	172.6
4.5	22	82.1
4.5	32	73.5
4.5	46	74.6
4.5	68	62.7
15	68	78.2
15	100	82.2
15	145	98.8
15	215	246.6
40	215	92.2
40	315	82.5
40	465	106



Tabla X.1.25: Sondeo 25 (datos de campo)



MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	93.9
0.5	2	89.3
0.5	3	104.5
0.5	4.5	107.4
0.5	7	116.9
0.5	10	152.1
0.5	15	142.1
4.5	15	123.7
4.5	22	105
4.5	32	79
4.5	46	86.7
4.5	68	154.1
15	68	149.4
15	100	85.9
15	145	274.4
15	215	232.4
40	215	109.4
40	315	54.1
40	465	561.4
40	675	99.4



Tabla X.1.26: Sondeo 26 (datos de campo)



MN/2	AB/2	Resistividad
[m]	[m]	[Ω m]
0.5	1.5	64.1
0.5	2	61.3
0.5	3	53.1
0.5	4.5	42.5
0.5	7	52.5
0.5	10	64.9
0.5	15	74.9
4.5	15	63
4.5	22	75.6
4.5	32	82.1
4.5	46	79.6
4.5	68	15.5
15	68	80
15	100	65.3
15	145	47.6
15	215	130.4
40	215	68.4
40	315	44.7
40	465	72.3
40	675	57



Anexo 6.4 Inventario de puntos de Agua



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA N°				1		CLAVE REPDA	NO TIENE		
ESTADO	CHIAPAS					OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO	ACAPETAHUA					MAPA TOP.	HUIXTLA		
POBLADO	ACAPETAHUA						D15-2		
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA					COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P5320601
PROPIETARIO	COMITÉ AGUA ACAPETAHUA					UTM (GPS)		Y	1689896
DIRECCION	CONTIGUA RIO CINTALAPA					ELIP.	WGS84	Z	28
NATURALEZA DEL PUNTO									
NORIA	POZO ENTUBADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO INACTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO				
USO DE LA CAPTACIÓN									
AGRÍCOLA	CONSUMO HUMANO	<input checked="" type="checkbox"/>	INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	DOM.	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)									
NO TIENE									
REF. ALTIMETRICA	ALTURA DEL BROCAL (m)					0.24	Si No		
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	08/12/2012					Caract. Constructivas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(m)	PNE	5.9	PND		Corte litológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DIAM. COLUMNA	m						Ensayo de bombeo/aforos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)	in	14					Análisis químico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA	m						Análisis bacteriológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)	in	6					Hidrógrafo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO					PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 130 µs/cm Temperatura: 28.3 °C					36 l/s				
REFERENCIA DE PNE/PND									
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN									
POZO INACTIVO, EN REPARACIÓN, SIN EQUIPO, NI BOMBA.									
FOTOGRAFÍAS									
									
FECHA	08/12/2012					CENSÓ	Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA N°		2		CLAVE REPDA	CNA-59	
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES		
MUNICIPIO	ACAPETAHUA			MAPA TOP.		
POBLADO	MADRONAL			HUIXTLA		
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA			COORDENADAS UTM (GPS)		X
PROPIETARIO	ENCARGADO; LUIS ALBORES			Y		15P531655
DIRECCION	CAMINO TERRACERIA ACAPETAHUA			ELIP.	WGS84	Z
NATURALEZA DEL PUNTO						
NORIA	POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO	OTRO		
USO DE LA CAPTACIÓN						
AGRÍCOLA	CONSUMO HUMANO	X	INDUSTRIAL	DOM.	OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)						
SUMERGIBLE						
REF. ALTIMETRICA	ALTURA DEL BROCAL(m)		0.12		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA (m)	08/12/2012		Caract. Constructivas		
	PNE	PND	13.5		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA	m			Ensayo de bombeo/aforos		
SUCCIÓN (m; in)	in	12		Análisis químico	X	
DIAM. TUBERÍA	m			Análisis bacteriológico		
DESCARGA (m; in)	in	6		Hidrógrafo		
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL		
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 210 µs/cm Temperatura: 28.7 ° C				70 m Profundidad		
REFERENCIA DE PNE/PND						
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN						
El pozo se encuentra en reparación, lo están destapando.						
FOTOGRAFÍAS						
						
FECHA	08/12/2012			CENSÓ	Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		2		CLAVE REPDA	CNA-59	
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES		
MUNICIPIO	ACAPETAHUA			HUIXTLA		
POBLADO	MADRONAL			MAPA TOP.	D15-2	
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA			COORDENADAS	X	15P531655
PROPIETARIO	ENCARGADO; LUIS ALBORES			UTM (GPS)	Y	1689553
DIRECCION	CAMINO TERRACERIA ACAPETAHUA			ELIP.	WGS84	Z 28
NATURALEZA DEL PUNTO						
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO
USO DE LA CAPTACIÓN						
FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		3		CLAVE REPDA		
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES		
MUNICIPIO	ACAPETAHUA			HUIXTLA		
POBLADO	LAS GARZAS			MAPA TOP.	D15-2	
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA			COORDENADAS	X	15P520333
PROPIETARIO	AURELIO DE PAZ			UTM (GPS)	Y	1683209
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z 7
NATURALEZA DEL PUNTO						
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO
USO DE LA CAPTACIÓN						
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL	DOM.	OTRO ABREVEDERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)						
REF. ALTIMETRICA	ALTURA DEL BROCAL(m)			0.55		
PROF. NIVEL	FECHA	08/12/2012		Caract. Constructivas		Sí No
DEL AGUA	(m)	PNE	2.21	PND		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA	m	1.2		Erstado de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)	in	47 1/4		Análisis químico		X <input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA	m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)	in	1.5		Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL		
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 426 µs/cm Temperatura: 28.2 ° C				40 a 45 m		
REFERENCIA DE PNE/PND						
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN						
Noria, cerca de Las Garzas, uso para animales. Bomba local, tubería de de 1.5".						
FOTOGRAFÍAS						
						



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		4		CLAVE REPDA			
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO	ACAPETAHUA			HUIXTLA			
POBLADO	LAS GARZAS FUNDADORES			MAPA TOP.		D15-2	
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA			COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P520215
PROPIETARIO	SIRIACO ARTEAGA					Y	1683106
DIRECCION	RANCHO EL RECUERDO			ELIP.	WGS84	Z	6
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	X
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA SIEMS, TIPO PARA UNA CISTERNA 0.25 CP							
REF. ALTIMETRICA	ALTURA DEL BROCAL(m)		0.68		Sí No		
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	08/12/2012		Caract. Constructivas			
	(m)	PNE	1.09	PND			
DIAM. COLUMNA	m	Ensayo de bombeo/aforos					
SUCCIÓN (m; in)	in	4		Análisis químico			
DIAM. TUBERÍA	m	Análisis bacteriológico					
DESCARGA (m; in)	in	1		Hidrógrafo			
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 250 µs/cm Temperatura: 34 ° C				23 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Pozo para consumo humano, confinado, con una pequeña bomba.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA	03/12/2012			CENSÓ	Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		5		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		LAS GARZAS FUNDADORES				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS		X	15P520217
PROPIETARIO		SIRIACO ARTEAGA		UTM (GPS)		Y	1683083
DIRECCION		RANCHO EL RECUERDO		ELIP.	WGS84	Z	6
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
						OTRO	ABREVADERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.41			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	08/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	2.38	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m	1.36		Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in			Análisis químico		X
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 341 µs/cm Temperatura: 26.1 ° C				8 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>Noria, no esta protegida, la temperatura puede estar influenciada por el medio ambiente, si ha llovido esto puede influir en la CE.</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		08/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		6		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		LAS GARZAS FUNDADORES				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS		X	15P520414
PROPIETARIO		MANUEL ARTEAGA ILERIA		UTM (GPS)		Y	1682244
DIRECCION		LOS CAIRELES		ELIP.	WGS84	Z	5
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
						OTRO	ABREVADERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.76			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	08/12/2012		Caract. Constructivas		Sí No
		(m)	PNE	2.72	PND		
DIAM. COLUMNA		m	0.9		Corte litológico		
SUCCIÓN (m; in)		in			Ensayo de bombec/aforos		
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis químico		X
DESCARGA (m; in)		in			Análisis bacteriológico		
					Hidrógrafo		
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 3460 µs/cm Temperatura: 26.4 ° C				7 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>Quando llueve, el nivel se toca con la mano. El agua siempre ha sido salada, antes tomaban agua del rio, sin embargo las bananeras, la contaminarán.</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		08/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No				7		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA				MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		LAS GARZAS FUNDADORES						D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P523981
PROPIETARIO								Y	1684699
DIRECCION		LAS MERCEDES				ELIP.	WGS84	Z	10
NATURALEZA DEL PUNTO									
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO			
USO DE LA CAPTACIÓN									
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO	X	INDUSTRIAL		DOM.		OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)									
VERTICAL									
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)							
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	08/12/2012			Caract. Constructivas		Sí	No
		(m)	PNE	PND		Corte litológico			
DIAM. COLUMNA		m				Ensayo de bombeo/aforos			
SUCCIÓN (m; in)		in				Análisis químico			
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico			
DESCARGA (m; in)		in	4			Hidrógrafo			
MEDICIONES EN CAMPO					PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
REFERENCIA DE PNE/PND									
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN									
Pozo cerrado, no se pudieron medir datos.									
FOTOGRAFÍAS									
									
FECHA		08/12/2012			CENSÓ		Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No				8		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA				MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		EL ZACATONATL						D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P524456
PROPIETARIO								Y	1685089
DIRECCION		RANCHERIA ZACATONATL				ELIP.	WGS84	Z	13
NATURALEZA DEL PUNTO									
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO			
USO DE LA CAPTACIÓN									
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO	X	INDUSTRIAL		DOM.		OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)									
VERTICAL 20 HP									
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)			0.46		Sí No		
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	08/12/2012			Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	2	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m				Ensayo de bombeo/aforos		x	<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in	10			Análisis químico		x	<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in	4			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO					PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 222 µs/cm Temperatura: 27.8 ° C					73 m				
REFERENCIA DE PNE/PND									
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN									
El pozo abastece de agua al poblado Las Garzas Fundadores. El pozo tiene 19 años.									
Se realizó una prueba de bombeo, se adjunta en otra hoja los datos obtenidos.									
FOTOGRAFÍAS									
									
FECHA		08/12/2012			CENSÓ		Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		9		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		ACAPETAHUA				MAPA TOP.	
POBLADO		MATAMOROS				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO		IGNACIO CERVANTES OROZCO				COORDENADAS	
DIRECCION		RANCHO PALO BLANCO				UTM (GPS)	
		ELIP.		WGS84		Z	
						15P528265	
						1685392	
						15	
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		X		POZO INACTIVO	
						OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
						OTRO	
						ABREVADERO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA 3/4							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)				0.54	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		10/12/2012			
		(m)		PNE		PND	
DIAM. COLUMNA		m		2.89			
SUCCIÓN (m; in)		in					
DIAM. TUBERÍA		m					
DESCARGA (m; in)		in		4			
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 269 μ s/cm Temperatura: 28.4 ° C				17 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Es un pozo recién hecho, tiene 15 días, lo usan ahora para regar plantas y dar agua a los animales. Se perforó en noviembre 2012.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		10/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		10		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		MATAMOROS				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P528279
PROPIETARIO		IGNACIO GUTIERREZ OROZCO				Y	1685398
DIRECCION		RANCHO PALO BLANCO		ELIP.	WGS84	Z	15
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
						OTRO	ABREVADERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.79			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	10/12/2012		Caract. Constructivas		Sí No
		(m)	PNE	2.93	PND		
DIAM. COLUMNA		m			Corte litológico		
SUCCIÓN (m; in)		in	37		Ensayo de bombeo/aforos		
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis químico		
DESCARGA (m; in)		in			Análisis bacteriológico		
					Hidrógrafo		
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 503 µs/cm Temperatura: 26.7 ° C				6 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Norio, que no les da agua para todas sus necesidades, por lo que perforaron otro pozo.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		10/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		11		CLAVE REPDA				
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES				
MUNICIPIO	ACAPETAHUA			HUIXTLA				
POBLADO	MATAMOROS			MAPA TOP.	D15-2			
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA			COORDENADAS	X	15P528282		
PROPIETARIO	IGNACIO CERVANTES OROZCO			UTM (GPS)	Y	1685402		
DIRECCION	RANCHO PALO BLANCO			ELIP.	WGS84	Z	15	
NATURALEZA DEL PUNTO								
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO		
USO DE LA CAPTACIÓN								
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)								
BOMBA 3/4								
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)	0.6		Sí No			
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	10/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	(m)	PNE	2.9	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DIAM. COLUMNA	m	Ensayo de bombeo/aforos					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)	in	6		Análisis químico		X	<input type="checkbox"/>	
DIAM. TUBERÍA	m	Análisis bacteriológico					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)	in	Hidrógrafo					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 179 µs/cm Temperatura: 27.8 ° C				15 m				
REFERENCIA DE PNE/PND								
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN								
<p>Pozo inactivo, se perforo en mayo, se le puso la bomba y en 5 horas se seco. Se realizó en mayo, no dio resultados.</p>								
FOTOGRAFÍAS								
								
FECHA	10/12/2012			CENSÓ	Selene			



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		12		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		RANCHERIA LAS MORENAS				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P526997
PROPIETARIO		LUVIA OLIVERA MORALES				Y	1684025
DIRECCION		RANCHO SAN GILBERTO		ELIP.	WGS84	Z	15
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
						OTRO	ABREVADERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
0.5 HP							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.38		Si No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	10/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	2.2	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m			Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in	4		Análisis químico		X
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 439 µs/cm Temperatura: 31.5 ° C				11 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Cuando se perforo hace 4 años, se obtuvo arena.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		10/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		13		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		MARIANO MATAMOROS				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P527046
PROPIETARIO		BIRGILIO OLIVERA MORALES				Y	1684013
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	14
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM	X
						OTRO	ARRVADFR
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.6			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	10/12/2012		Caract. Constructivas		Sí No
		(m)	PNE 2.67	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA	m	1		Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
SUCCIÓN (m; in)	in			Análisis químico		X <input type="checkbox"/>	
DIAM. TUBERÍA	m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
DESCARGA (m; in)	in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 366 µs/cm Temperatura: 28.1 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		10/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		14		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO						D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P516541
PROPIETARIO		LEONOR HERNÁNDEZ RUIZ				Y	1684155
DIRECCION		RANCHO EL CARMEN		ELIP.	WGS84	Z	12
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM. X	OTRO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.53		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA (m)	10/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		PNE	2.91	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m	1.1		Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in			Análisis químico		X
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 340 µs/cm Temperatura: 26.9 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<hr/> <hr/> <hr/>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		10/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		15		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		ACAPETAHUA				MAPA TOP.	
POBLADO						HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO		LEONOR HERNÁNDEZ RUIZ				COORDENADAS	
DIRECCION		RANCHO EL CARMEN				UTM (GPS)	
		ELIP.		WGS84		Z	
						15P526566	
						Y	
						1684163	
						11	
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		X		POZO INACTIVO	
						OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
						OTRO	
						ABREVADERO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA 0.5 HP							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.87			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		10/12/2012		Caract. Constructivas	
		(m)		PNE 2.81		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m				Ensayo de bombeo/aforos	
SUCCIÓN (m; in)		in		3		Análisis químico	
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico	
DESCARGA (m; in)		in				Hidrógrafo	
						Sí	
						No	
						<input type="checkbox"/>	
						<input type="checkbox"/>	
						<input checked="" type="checkbox"/>	
						<input type="checkbox"/>	
						<input type="checkbox"/>	
						<input type="checkbox"/>	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 253 µs/cm Temperatura: 28 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Tiene dos años el pozo.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		10/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No: 15				CLAVE REPDA	
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.	
POBLADO				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		D15-2	
PROPIETARIO		LEONOR HERNÁNDEZ RUIZ		COORDENADAS	
DIRECCION		RANCHO EL CARMEN		UTM (GPS)	
				X	
				Y	
				Z	
				15P526566	
				1684163	
				11	
NATURALEZA DEL PUNTO					
NORIA		POZO ENTUBADO		X	
		POZO INACTIVO			
		OTRO			
USO DE LA CAPTACIÓN					
AGRICOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL	
				DOM.	
				OTRO	
				ABREVADERO	
FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No: 16				CLAVE REPDA	
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.	
POBLADO				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		D15-2	
PROPIETARIO		LAURENCIO LÓPEZ ROBLEDO		COORDENADAS	
DIRECCION		RANCHO EL PIAL		UTM (GPS)	
				X	
				Y	
				Z	
				15P526638	
				1683192	
				12	
NATURALEZA DEL PUNTO					
NORIA		X		POZO ENTUBADO	
				POZO INACTIVO	
				OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN					
AGRICOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL	
				DOM.	
				OTRO	
				ABREVADERO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)					
BOMBA 2 HP					
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.56	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		10/12/2012	
		(m)		PNE 2.53	
				PND	
DIAM. COLUMNA		m		1	
SUCCIÓN (m; in)		in			
DIAM. TUBERÍA		m			
DESCARGA (m; in)		in			
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL	
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 473 µs/cm Temperatura: 27.7 ° C					
REFERENCIA DE PNE/PND					
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN					
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>					
FOTOGRAFÍAS					
					



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		17		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		ACAPETAHUA				MAPA TOP.	
POBLADO						HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO		LAURENCIO LÓPEZ ROBLEDO				COORDENADAS	
DIRECCION		RANCHO EL PIAL				UTM (GPS)	
		ELIP.		WGS84		Z	
						15P526651	
						1683128	
						12	
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		X		POZO INACTIVO	
						OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO				INDUSTRIAL	
						DOM. X	
						OTRO	
						ABREVEDERO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
12 HP							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		10/12/2012		Sí No	
		(m)		PNE 1.935		PND	
DIAM. COLUMNA		m		3		Caract. Constructivas	
SUCCIÓN (m; in)		in				Corte litológico	
DIAM. TUBERÍA		m				Ensayo de bombeo/aforos	
DESCARGA (m; in)		in		4		Análisis químico	
						X	
						Análisis bacteriológico	
						Hidrógrafo	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 344 µs/cm Temperatura: 28.3 ° C				12 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>Cuando se seca la noria, utilizan este pozo. Tiene 3 años. Cuenta con 3 pozos separados a 800 m, utilizan ambos de diferente capacidad, le sacan agua a todos y evitan que se sequen.</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		10/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		18		CLAVE REPDA			
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO	ACAPETAHUA			HUIXTLA			
POBLADO	EL ARENAL			MAPA TOP.	D15-2		
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA			COORDENADAS UTM (GPS)	X	15P532647	
PROPIETARIO	COMUNIDAD			Y	1677808		
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	14
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	<input checked="" type="checkbox"/>
						OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
La bomba estaba a 10m y la van a mover a 21 m.							
REF. ALTIMETRICA	ALTURA DEL BROCAL(m)			0.5		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	11/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(m)	PNE	8	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA	m			Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)	in	4		Análisis químico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA	m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)	in	3		Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
				100 m cuando se perforo			
REFERENCIA DE PNE/PND				80 m, en la actualidad por el asolve			
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
El pozo se encuentra en reparación, debido a que se tapo por el asolve. Se esta pistoneando.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA	11/12/2012			CENSÓ	Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		19		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		ACAPETAHUA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		BENITO JUÁREZ		D15-2			
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P530205
PROPIETARIO						Y	1675532
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	10
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	OTRO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
SUMERGIBLE							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		1.3		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	11/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m			Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in	3		Análisis químico		<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in	2		Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>Pozo, ejemplo de una medida de protección para evitar contaminación, cuando es época de inundaciones, evita que se le pueda meter agua salada.</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		11/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		20		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		ACAPETAHUA				MAPA TOP.	
POBLADO		EMBARCADERO RÍO ARRIBA				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO						COORDENADAS UTM (GPS)	
DIRECCION		ELIP.		WGS84		X	15P529858
						Y	1675153
						Z	3
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO RÍO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM. OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)					
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		11/12/2012		Caract. Constructivas	
		(m)		PNE		PND	
DIAM. COLUMNA		m		Ensayo de bombeo/aforos			
SUCCIÓN (m; in)		in		Análisis químico			
DIAM. TUBERÍA		m		Análisis bacteriológico			
DESCARGA (m; in)		in		Hidrógrafo			
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 182 μ s/cm Temperatura: 27.4 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Se bajo al río, a medir la CE, esta es muy baja.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		11/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		21		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		ACAPETAHUA				HUIXTLA	
POBLADO		EMBARCADERO RÍO ARRIBA				MAPA TOP. D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				COORDENADAS UTM (GPS)	
PROPIETARIO						X	15P530151
DIRECCION		HUMEDAL				Y	1675526
		ELIP. WGS84				Z	3
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO HUMEDAL	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM. OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)				Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		11/12/2012		Caract. Constructivas	
		(m)		PNE PND		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m				Ensayo de bombeo/aforos	
SUCCIÓN (m; in)		in				Análisis químico	
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico	
DESCARGA (m; in)		in				Hidrógrafo	
						X	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 556 µs/cm Temperatura: 27.4 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Se tomo una muestra de la CE. Es agua somera, se encuentra mezclada con la del río, presenta menor calidad.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		11/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No				22		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		VILLA COMALTITLÁN				MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		EJIDO DEL COYUCO						D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				COORDENADAS		X	15P531322
PROPIETARIO		RENE RAMOS LÓPEZ				UTM (GPS)		Y	1675053
DIRECCION		PARCELA EL TESORO				ELIP.	WGS84	Z	8
NATURALEZA DEL PUNTO									
NORIA	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO ENTUBADO	<input type="checkbox"/>	POZO INACTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>		
USO DE LA CAPTACIÓN									
AGRÍCOLA	<input type="checkbox"/>	CONSUMO HUMANO	<input checked="" type="checkbox"/>	INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	DOM.	<input checked="" type="checkbox"/>	OTRO	ABREVEDERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)									
BOMBA DE 1/4									
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)				0.67		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	11/12/2012			Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	2.7	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m				Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in				Análisis químico		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in				Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO					PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 305 µs/cm Temperatura: 27.5 ° C					4 m				
REFERENCIA DE PNE/PND									
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN									
<p>En mayo baja el nivel, se seca la noria, y solo puede llenar el tanque de agua que poseen, no da</p> <p>Se presenta una combinación de agua del río, con los humedales. En la zona del tesoro, las norias de las que se extrae agua, son de baja calidad debido a que se inglimtra agua de acuífero somero y el río.</p>									
FOTOGRAFÍAS									
									
FECHA		11/12/2012			CENSÓ		Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		23		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		VILLA COLMALTILÁN				MAPA TOP.	
POBLADO		SALVACIÓN				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO						COORDENADAS	
DIRECCION		COMUNIDAD				UTM (GPS)	
		ELIP.		WGS84		Z	
						9	
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		X		POZO INACTIVO	
						OTRO	
USO DE LA CAPTACION							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		X		INDUSTRIAL	
						DOM.	
						OTRO	
						PÚBLICO URBANO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
VERTICAL							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)					
PROF. NIVEL		FECHA		11/12/2012		Caract. Constructivas	
DEL AGUA		(m)		PNE		PND	
DIAM. COLUMNA		m				Corte litológico	
SUCCIÓN (m; in)		in				Ensayo de bombeo/aforos	
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis químico	
DESCARGA (m; in)		in				Análisis bacteriológico	
						Hidrógrafo	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
				100 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Es un pozo artesiano, el nivel del pozo esta arriba del terreno.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		11/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		24		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		VILLA COLMALTILÁN				MAPA TOP.	
POBLADO		CANTÓN, SANTO DOMINGO				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO		HUMBERTO GARCIA HERNÁNDEZ				COORDENADAS	
DIRECCION		HUERTO SANTA ISABEL				UTM (GPS)	
		ELIP.		WGS84		Z	
						15P534459	
						1674652	
						9	
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	X
						OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.78		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		11/12/2012		Caract. Constructivas	
		(m)		PNE 3.02		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m		0.72		Ensayo de bombeo/aforos	
SUCCIÓN (m; in)		in				Análisis químico	
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico	
DESCARGA (m; in)		in				Hidrógrafo	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 864 µs/cm Temperatura: 27.4 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
La noria se realizó el 27 de mayo de 1921. El nivel del agua ha bajado, debido a que llovió poco en el año.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		11/12/2012		CENSÓ		Selene	

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		25		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		VILLA COMALTILÁN				MAPA TOP.	
POBLADO		CANTÓN SANTO DOMINGO				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO		HUMBERTO GARCIA HERNÁNDEZ				COORDENADAS UTM (GPS)	
DIRECCION		ELIP.		WGS84		X	15P534459
						Y	1674652
						Z	9
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO	X	POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CCNSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	X
						OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA 1/4							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.54		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	11/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	2.6	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m			Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in	6		Análisis químico		X
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in	1 1/4		Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 814 µs/cm Temperatura: 28 ° C				6 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Tiene cuatro años.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		11/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		26		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		VILLA COMALTILÁN				MAPA TOP.	
POBLADO		CANTÓN ZACUALPA				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				D15-2	
PROPIETARIO				COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P539877
DIRECCION				ELIP.		WGS84	Z
						Y	1676618
							22
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRICOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	X
						OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrifuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.92		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		11/12/2012		Caract. Constructivas	
		(m)		PNE 3.66		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m		1.22		Ensayo de bombeo/aforos	
SUCCIÓN (m; in)		in				Análisis químico	
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico	
DESCARGA (m; in)		in				Hidrógrafo	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 353 µs/cm Temperatura: 27.4 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
La mayoría de las personas de Catón Zacualpa tiene noria, no cuentan con pozo entubado, sin embargo por la calidad del agua, no todos toman de sus norias, consumen agua embotellada.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		11/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No				27		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		VILLA COMALTITLÁN				MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO								D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P544015
PROPIETARIO								Y	1681619
DIRECCION						ELIP.	WGS84	Z	28
NATURALEZA DEL PUNTO									
NORIA		POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO			
USO DE LA CAPTACIÓN									
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.		OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)									
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)							
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		11/12/2012		Caract. Constructivas		Sí No	
		(m)		PNE		PND			
DIAM. COLUMNA		m				Corte litológico			
SUCCIÓN (m; in)		in				Ensayo de bombeo/aforos			
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis químico			
DESCARGA (m; in)		in		6		Análisis bacteriológico			
						Hidrógrafo			
MEDICIONES EN CAMPO					PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
REFERENCIA DE PNE/PND									
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN									
<p>Pozo inactivo, sin equipo, ni motor.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>									
FOTOGRAFÍAS									
									
FECHA		11/12/2012			CENSÓ		Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		28		CLAVE REPDA					
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		VILLA COMALTITLÁN				MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		BARRIO CHALACA						D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA				COORDENADAS		X	15P544318
PROPIETARIO		ELIZABETH REYES				UTM (GPS)		Y	1681940
DIRECCION		RANCHO EL TEBOL				ELIP.	WGS84	Z	30
NATURALEZA DEL PUNTO									
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO			
USO DE LA CAPTACIÓN									
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	X	OTRO	ABREVADERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)									
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.96				Sí	No
PROF. NIVEL	FECHA	11/12/2012				Caract. Constructivas			
DEL AGUA	(m)	PNE	4.83	PND		Corte litológico			
DIAM. COLUMNA	m	1.4				Ensayo de bombeo/aforos			
SUCCIÓN (m; in)	in					Análisis químico			
DIAM. TUBERÍA	m					Análisis bacteriológico			
DESCARGA (m; in)	in					Hidrógrafo			
MEDICIONES EN CAMPO					PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
REFERENCIA DE PNE/PND									
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN									
Los habitantes de este rancho, aun no han consumido el agua de la noria, son nuevos dueños.									
FOTOGRAFÍAS									
									
FECHA		11/12/2012			CENSÓ		Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		29		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		HUIXTLA				MAPA TOP.	
POBLADO		DELICIAS				HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO				D15-2	
PROPIETARIO		COLONIA				COORDENADAS	
DIRECCION		CANTÓN LAS DELICIAS				UTM (GPS)	
						X	
						Y	
						Z	
						15P552235	
						1669271	
						23	
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		<input checked="" type="checkbox"/>		POZO INACTIVO	
						OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRICOLA		CONSUMO HUMANO		<input type="checkbox"/>		INDUSTRIAL	
						DOM.	
						OTRO	
						PUBLICO URBANO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
VERTICAL 7.5 HP							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.67		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		12/12/2012		Caract. Constructivas	
		(m)		PNE		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m				Ensayo de bombeo/aforos	
SUCCIÓN (m; in)		in				Análisis químico	
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico	
DESCARGA (m; in)		in		3		Hidrógrafo	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
El pozo se encuentra sellado, no se pueden realizar mediciones, este pozo sigue trabajando para la colonia.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		30		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		HUIXTLA					
POBLADO		SANTA CECILIA				MAPA TOP.	
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO				HUIXTLA	
PROPIETARIO		MANUEL LÓPEZ GUILLEN				D15-2	
DIRECCION		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P552707	Y	1667779
		ELIP.	WGS84	Z	22		
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	X
						OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA 1/4							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.54		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		
		(m)	PNE	1.54	PND		
DIAM. COLUMNA		m	0.85		Corte litológico		
SUCCIÓN (m; in)		in			Ensayo de bombeo/aforos		
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis químico		
DESCARGA (m; in)		in			Análisis bacteriológico		
					Hidrógrafo		
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 573 µs/cm Temperatura: 27.3 ° C				6 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
En 40 años no ha bajado el nivel del pozo, a pesar que de que esta al lado del ingenio, el cual tiene varios pozos. A las demás rancherías no les afecta estar cerca del ingenio.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		31		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		HUIXTLA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		SANTA CECILIA		D15-2			
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P552891
PROPIETARIO						Y	1667878
DIRECCION		INGENIO HUIXTLA		ELIP.	WGS84	Z	22
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA	<input checked="" type="checkbox"/>	CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
VERTICAL							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)					
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m			Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in			Análisis químico		<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in	12		Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>Pozo en reparación, uso agrícola no se puede pasar a medir, debido a los controles internos del ingenio.</p> <p>La descarga en la zona de siembra, es de 16".</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		32		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS				OTRAS CLAVES	
MUNICIPIO		HUIXTLA				MAPA TOP.	
POBLADO						HUIXTLA	
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO				D15-2	
PROPIETARIO						COORDENADAS	
DIRECCION		EJIDO FRANCISCO I MADERO				UTM (GPS)	
		ELIP.		WGS84		Z	
						15P549764	
						1667225	
						19	
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		<input checked="" type="checkbox"/>		POZO INACTIVO	
						OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRICOLA		CONSUMO HUMANO		<input type="checkbox"/>		INDUSTRIAL	
						DOM.	
						OTRO	
						PUBLICO URDANO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
SUMERGIBLE							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.6			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA		12/12/2012		Caract. Constructivas	
		(m)		PNE 4.14		Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m				Ensayo de bombeo/aforos	
SUCCIÓN (m; in)		in		4		Análisis químico	
DIAM. TUBERÍA		m				Análisis bacteriológico	
DESCARGA (m; in)		in		4		Hidrógrafo	
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		33		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		HUIXTLA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO						D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P549062
PROPIETARIO		REFUGIO DOMINGUEZ				Y	1666008
DIRECCION		EJIDO FRANCISCO I MADERO		ELIP.	WGS84	Z	16
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO ENTUBADO	<input type="checkbox"/>	POZO INACTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA	<input type="checkbox"/>	CONSUMO HUMANO	<input type="checkbox"/>	INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	DOM	<input checked="" type="checkbox"/>
						OTRO	<input type="checkbox"/>
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.49		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	2.23	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m	0.96		Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in			Análisis químico		<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 570 µs/cm Temperatura: 27 ° C				5 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Se elaboró en abril del 2010, solo la usan cuando se les va la luz, debido a que cuentan con un pozo entubado.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		34		CLAVE REPDA			
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO	HUIXTLA						
POBLADO				MAPA TOP.	HUIXTLA		
ACUIFERO CONAGUA	SOCONUSCO			COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P549067
PROPIETARIO	REFUGIO DOMINGUEZ					Y	1665006
DIRECCION	EJIDO FRANCISCO I MADERO			ELIP.	WGS84	Z	16
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	POZO ENTUBADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO INACTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO		
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA	CONSUMO HUMANO	<input type="checkbox"/>	INDUS RIAL	<input type="checkbox"/>	DOM.	<input checked="" type="checkbox"/>	OTRO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA 1/2							
REF. ALTIMETRICA	ALTURA DEL BROCAL(m)		0.76		Sí No		
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas			
	(m)	PNE	2.53	PND		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA	m	Ensayo de bombeo/aforos					
SUCCIÓN (m; in)	in	6		Análisis químico			
DIAM. TUBERÍA	m	Análisis bacteriológico					
DESCARGA (m; in)	in	1 1/2		Hidrógrafo			
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 1192 µs/cm Temperatura: 29.6 ° C				12 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Perforaron un pozo entubado hace 6 meses, sin embargo ese no les dio agua, por lo que realizarán este.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA	12/12/2012			CENSÓ	Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		35		CLAVE REPDA			
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO	HUIXTLA			MAPA TOP.	HUIXTLA		
POBLADO	ALTAMIRA				D15-2		
ACUIFERO CONAGUA	ACAPETAHUA			COORDENADAS		X	15P543658
PROPIETARIO	EXA LEVI			UTM (GPS)		Y	1665721
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	8
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	X
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.61		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(m)	PNE	2.77	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA	m	0.94		Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)	in			Análisis químico		X	<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA	m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)	in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 1193 µs/cm Temperatura: 27.3 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Se perforo en el 2007. En la epoca de lluvias el nivel se encuentra a 1.45 m y en diciembre a 2.77 m.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA	12/12/2012			CENSÓ	Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		36		CLAVE REPDA				
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES				
MUNICIPIO		HUIXTLA		MAPA TOP.		HUIXTLA		
POBLADO		ALTAMIRA		D15-2				
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P543834	
PROPIETARIO		MARGOT ÁLVAREZ HERNÁNDEZ		UTM (GPS)		Y	1665881	
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	7	
NATURALEZA DEL PUNTO								
NORIA		POZO ENTUBADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO INACTIVO		OTRO		
USO DE LA CAPTACIÓN								
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	<input checked="" type="checkbox"/>	
						OTRO		
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)								
BOMBA 1 HP								
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.24		Sí No		
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas			<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	2.22	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m	Ensayo de bombeo/aforos					<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in	Análisis químico					<input checked="" type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m	Análisis bacteriológico					<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in	Hidrógrafo					<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL				
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 569 µs/cm Temperatura: 27.6 ° C				2 m				
REFERENCIA DE PNE/PND								
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN								
El pozo tiene 2 años, los perforaron para obtener agua de mejor calidad.								
FOTOGRAFÍAS								
								
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene		



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		37		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		HUIXTLA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		ALTAMIRA		D15-2			
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P543834
PROPIETARIO		MARGOT ÁLVAREZ HERNÁNDEZ				Y	1665881
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	7
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	
						OTRO	LAVAR
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.64		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		
		(m)	PNE	2.7	PND	Corte litológico	
DIAM. COLUMNA		m			Ensayo de bombeo/aforos		
SUCCIÓN (m; in)		in			Análisis químico		
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		
DESCARGA (m; in)		in			Hidrógrafo		
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 901 µs/cm Temperatura: 26.8 ° C				6 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<hr/> <hr/> <hr/>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	



FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		38		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		HUIXTLA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		EMBARCADERO HUEYAPAN				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		ACAPETAHUA		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P541488
PROPIETARIO		BRAZO DEL RÍO DESPOBLADO				Y	1663255
DIRECCION		TZINACAN		ELIP.	WGS84	Z	8
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	EMBARCADERO
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO		INDUSTRIAL		DOM.	OTRO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)					
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		Sí No
		(m)	PNE	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA	m			Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)	in			Análisis químico		X	<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA	m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)	in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 152 µs/cm Temperatura: 26.5 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Embarcadero Hueyapan. Es el limite de acceso al parque la Encrucijada. Tiene actividades de pesca.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA	12/12/2012			CENSÓ	Selene		

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		39		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		HUIXTLA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		CANTÓN LA UNION				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P553131
PROPIETARIO		LUIS JOSÉ ROJAS				Y	1665170
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	23
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO	X	INDUSTRIAL		DOM.	X
						OTRO	
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.63		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		
		(m)	PNE 2.7	PND	Corte litológico		
DIAM. COLUMNA		m	0.92		Ensayo de bombeo/aforos		
SUCCIÓN (m; in)		in			Análisis químico		
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		
DESCARGA (m; in)		in			Hidrógrafo		
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 231µs/cm Temperatura: 27.5 ° C				8 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
Se elaboró hace 16 años.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No		40		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		HUIXTLA		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		CANTÓN LA UNION		D15-2			
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P553295
PROPIETARIO		CANTÓN LA UNION				Y	1665201
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	22
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA		POZO ENTUBADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO	<input checked="" type="checkbox"/>	INDUSTRIAL		DOM.	OTRO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
SUMERGIBLE							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		Sí No			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m			Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in	3		Análisis químico		<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in	3		Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
<p>Pozo sellado, no sondeable, abastece a la comunidad La Unión. Comunicación personal: pozo brotante.</p> <p>_____</p> <p>_____</p>							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		41		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		TUZANTÁN		MAPA TOP.			
POBLADO		EJIDO ISLA MAPITA		HUIXTLA			
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO		D15-2			
PROPIETARIO		TERESA CALVO TAMAYO		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P557591
DIRECCION				Y	16675484		
		ELIP.	WGS84	Z	22		
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO ENTUBADO	<input type="checkbox"/>	POZO INACTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRICOLA	<input type="checkbox"/>	CONSUMO HUMANO	<input checked="" type="checkbox"/>	INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	DOM.	<input type="checkbox"/>
						OTRO	ABREVEDERO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA 3/4							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.95		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>
		(m)	PNE 2.86	PND	Corte litológico		<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA		m	0.79		Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>
SUCCIÓN (m; in)		in			Análisis químico		<input checked="" type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA		m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>
DESCARGA (m; in)		in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 640 µs/cm Temperatura: 27.5 ° C							
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
La noria data de 1989.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA		12/12/2012		CENSÓ		Selene	

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		42		CLAVE REPDA			
ESTADO		CHIAPAS		OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO		TUZANTÁN		MAPA TOP.		HUIXTLA	
POBLADO		ISLA MAPA				D15-2	
ACUIFERO CONAGUA		SOCONUSCO		COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P560445
PROPIETARIO		MARTINA REYES LÓPEZ				Y	1666213
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	27
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	<input checked="" type="checkbox"/>	POZO ENTUBADO	<input type="checkbox"/>	POZO INACTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA	<input type="checkbox"/>	CONSUMO HUMANO	<input checked="" type="checkbox"/>	INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	DOM.	<input checked="" type="checkbox"/>
		OTRO	<input type="checkbox"/>				
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
REF. ALTIMETRICA		ALTURA DEL BROCAL(m)		0.67		Sí No	
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(m)	PNE	2.88	PND	Corte litológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. COLUMNA SUCCIÓN (m; in)	m	1.1		Ensayo de bombeo/aforos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	in			Análisis químico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIAM. TUBERÍA DESCARGA (m; in)	m			Análisis bacteriológico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	in			Hidrógrafo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 196 µs/cm Temperatura: 28.2 ° C				5 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
El pozo tiene más de 60 años, el agua es de muy buena calidad. Lo usan para todas sus actividades excepto bañarse, eso lo hacen en el río.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA	12/12/2012			CENSÓ	Selene		

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA No:		43		CLAVE REPDA			
ESTADO	CHIAPAS			OTRAS CLAVES			
MUNICIPIO	TUZANTÁN			MAPA TOP.			
POBLADO	ISLA MAPITA			HUIXTLA			
ACUIFERO CONAGUA	SOCONUSCO			COORDENADAS UTM (GPS)		X	15P560643
PROPIETARIO	RICARDO TAMAYO LÓPEZ			UTM (GPS)		Y	1663010
DIRECCION				ELIP.	WGS84	Z	30
NATURALEZA DEL PUNTO							
NORIA	X	POZO ENTUBADO		POZO INACTIVO		OTRO	
USO DE LA CAPTACIÓN							
AGRÍCOLA		CONSUMO HUMANO	X	INDUSTRIAL		DOM.	OTRO
TIPO DE MOTOR Y BOMBA (sumergible, turbina centrífuga, HP, etc.)							
BOMBA 1/4							
REF. ALTIMETRICA	ALTURA DEL BROCAL(m)		0.62		Sí No		
PROF. NIVEL DEL AGUA	FECHA	12/12/2012		Caract. Constructivas			
	(m)	PNE	2.43	PND			
DIAM. COLUMNA	m	0.9		Ensayo de bombeo/aforos			
SUCCIÓN (m; in)	in			Análisis químico			
DIAM. TUBERÍA	m			Análisis bacteriológico			
DESCARGA (m; in)	in			Hidrógrafo			
MEDICIONES EN CAMPO				PROFUNDIDAD TOTAL Y CAUDAL			
ANÁLISIS QUÍMICO: CE: 314 µs/cm Temperatura: 27.4 °C				6 m			
REFERENCIA DE PNE/PND							
OBSERVACIONES GENERALES DE LA CAPTACIÓN							
La noria tiene 5 años.							
FOTOGRAFÍAS							
							
FECHA	12/12/2012			CENSÓ	Selene		

Anexo 6.7.1 Datos prueba de Bombeo

Censo N°	8
Pozo	Zacatonatl
x	524456
y	1685089
z	13
Q (l/s)	16 l/s
ENE (m)	1.54
Profundidad (m)	73

Tiempo (min)	PND (m)
0	1.54
0.14	2.68
0.27	3.11
0.4	3.35
1.03	3.44
1.5	3.51
2.47	3.565
5	3.59
7.19	3.68
12	3.71
18.2	3.74
22.25	3.77
29.26	3.8
35	3.84
40.15	3.88
45.18	3.87
50.05	3.875
55.05	3.88
60.11	3.89
65.1	3.9
70.01	3.91
75.3	3.92
80.35	3.93
82	3.94

Anexo 8.1 Fotografías de los Humedales del Soconusco



















REFERENCIAS

- < <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/chis/geolo.cfm?c=444&e=28>>, consulta: 18 septiembre 2012.
- Aguirre-Díaz, G., Ferrari, L., Nelson, S., Carrasco-Núñez, G., López-Martínez, M., Urrutia-Fucugauchi J., (1998). El Cinturón Volcánico Mexicano: Un proyecto multidisciplinario, GEOS, Unión Geofísica Mexicana, A.C.,131–138.
- Andreani, L., Le Pichon, X., Rangin, C. & Martínez-Reyes, J. (2008)a. The southern Mexico block: main boundaries and new estimation for its Quaternary motion. *Bulletin de la Societé Géologique de France*, 179, 209–223.
- Andreani, L., Rangin, C., Martínez-Reyes, J., Le Roy, C., Aranda-García, M., Le Pichon, X. & Peterson-Rodriguez, R. (2008)b. Neogene left-lateral shearing along the Veracruz Fault: the eastern boundary of the Southern Mexico Block. *Bulletin de la Societé Géologique de France*, 179, 195–208.
- Authemayou, C., Brocard, G., Teyssier, C., Simon-Labric, T., Gutiérrez, A., Chiquín, L. & Morán, S. (2011). The Caribbean–North America–Cocos triple junction and the dynamics of the Polochic–Motagua fault systems: pull-up and zipper models. *Tectonics*, doi:10.1029/2010TC002814.
- Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS 2008). Sistema de Información de Aguas Superficiales (SIAS 2008). Datos hidrométricos actualizados hasta 2006. SEMARNAT, CONAGUA, IMTA
- Castro-Mora., J. (1999) Estructura Geológica del estado de Chiapas. Instituto de Geofísica, UNAM. 1-23

- CONABIO. (2008). Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad. 1-38
- CONAGUA. (2002). Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, Acuífero del Soconusco, Estado de Chiapas. Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuífero. 1- 16.
- CONAGUA. (2009). Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, Acuífero (0709) Acapetahua, Estado de Chiapas. Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuífero. 1-21.
- CONAGUA. 2009. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea. Acuífero (0705) Cintalapa, Estado de Chiapas. 1-30
- CONAMA. (2006). Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Centro de Ecología Aplicada Ltda. Comisión Nacional de Medio Ambiente. 1-144
- Cooper, H.H., and C.E. Jacob. 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history. American Geophysical Union Transactions 27: 526-534.
- Cressie, N.A.C. (1993). Statistics for Spatial Data. John Wiley & Sons, Revised Edition, New York.
- Damon, P., Montesinos, E., (1978). Late Cenozoic volcanism and metallogenesis over an active Benioff Zone in Chiapas, Mexico. Arizona Geological Society Digest 11, 155–168.
- Damon, P.E., Shafiqullah, M. and Clark, K., (1981). Age trends of igneous activity in relation to metallogenesis in the southern Cordillera. In: Dickinson, W. and

- Payne, W.D., eds., Relations of tectonics to ore deposits in the southern Cordillera. Arizona Geological Society Digest, 14, 137-153.
- Demant, A., (1978). Características del eje neovolcánico transmexicano y sus problemas de interpretación. UNAM, Inst. Geol. Rev., 2, 172–187.
 - Díaz, MA. (2002). Geoestadística Aplicada, Instituto de Geofísica, UNAM, Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA, Cuba.
 - Domienico, P.A. & Schwartz, F.W. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology, Wiley. 502.
 - E.H. Isaaks and R.M. Srivastava. (1989). An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, 561.
 - Ersbøll, A.K. (1994). On the Spatial and Temporal Correlations in Experimentation with Agricultural Applications. PhD Thesis, Institute of Mathematical Modeling, DTU, Lyngby, Denmark, DK-2800.
 - FAO <www.fao.org/home/es/> Consulta: 5 abril 2013
 - Ferrari, L., López-Martínez, M., Aguirre-Díaz, G., Carrasco-Nuñez, G., (1999). Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in Central Mexico: from Sierra Madre Occidental to Mexican Volcanic Belt. *Geology* 27, 91–105.
 - Fetter, C.W. (2001). Applied Hydrogeology. Prentice-Hall, 4a ed. 598.
 - Freeze, R.A & Cherry, J.A. (1979) Groundwater. Prentice-Hall. 604.
 - Garcia-Palomo, A., Macías, J.L., Arce, J.L., Mora, J.C., Hughes, S., Saucedo, R., Espíndola, J.M., Escobar, R., y Layer, P. (2006). Geological evolution of the Tacaná Volcanic Complex, México-Guatemala. Geological Society of America, Special Paper. 412, 39-57.

- García-Palomo, A., Macías, J.L., Mora, J.C., Hughes, S., Saucedo, R., Espíndola, J.M., Escobar, R., and Layer, P., (2004). "Geological evolution of the Tacaná Volcanic Complex, México-Guatemala, Geological Society of America Spatial Paper, 412, 39-57.
- Geocalli, S. A. 1981. Actividades de carácter geohidrológico en la zona de Tonala-Acapeahua, Chiapas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1-129.
- GEOTEM Ingeniería. (2008). Levantamiento Geofísico de 5 sondeos transitorios electromagnéticos, 4 de tomografía y nivelación de 10 brocales en el Valle de Toluca, Estado de México. IMTA. 1-43
- Ghyben, W. (1889). Nota in verband met de voorgenomen put boring nabij Amsterdam. The Hague. K. Inst. Ing. Tydschrift. 8-22.
- González Guzmán Enrique., (2005) Análisis Hidrológico de la costa de Chiapas. UNAM. Tesis maestría, 1-176.
- Guzmán Speziale, M., Meneses Rocha, J.J., (2000). The North America±Caribbean plate boundary west of the Motagua±Polochic fault system: a fault jog in Southeastern Mexico. Journal of South American Earth Sciences, 13, 459-468.
- Guzmán-Speziale, M., Pennington, W.D., Matumoto, D., (1989). The triple junction of North American, Cocos and Caribbean plates: Seismicity tectonics. Tectonics 8, 981-997.
- Hernández, J., Corvalán, P. (1999-2000). Uso de variogramas para la determinación del tamaño medio de las copas de pino silvestre en imágenes aéreas digitales. Ciencias Forenses, 14 (1-2), 1-16.

- Hernández-García, R., (1973). Paleogeografía del Paleozoico de Chiapas, México, Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 25, 77-134.
- Herzberg, A. (1901). Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder Jour. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 44. Munich. 815-819, 842-844.
- Herzig Zurcher, Mónica. (2012). Los sitios RAMSAR en México. 1-30
- IMTA., 1996. ERIC. Extractor Rápido de Información Climatológica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- INEGI 2011, Mapa de Geología(en línea): en INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA
- INEGI, 2011, <<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/chis/rh.cfm/clima.aspx?tema=me&e=07>> consulta; 15 agosto 2012.
- INEGI, 2012 <<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/territorio?c=444&e=05>> consulta; 29 noviembre 2011.
- INEGI. (2012). Atlas del Agua en México. (Humedales). 1-9
- INEGI. (2012). Cartografía de humedales potenciales 1-57.
- IWA. (2000). IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control. Constructed wetlands for pollution control: Process, performance, design, and operation. Scientific and Technical Report No. 8.
- Journel, A.G. y Huijbregts, Ch.J. (1978). Mining Geostatistics. Academic Press, New York.

- Keppie, J.D., Morán-Zenteno, D.J., (2005). “Tectonic implications of Alternative Cenozoic Reconstructions of Southern Mexico and the Chortis Block”. *International Geology Review*, 46, 473-491.
- López-Ramos, E. (1979). *Geología de México*, Tomo III, México D.F., Pp 446.
- López-Ramos, E., (1975). *Carta geológica del Estado de Chiapas: Mexico, D.F.* Universidad Nacional Autónoma de Mé, Instituto de Geología, escala 1:500,000.
- Luhr, J.F., Carmichael, I.S.E., and Varekamp, J.C., (1984). The 1982 eruptions of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico: Mineralogy and petrology of the anhydrite-bearing pumices: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 23, 69–108, doi: 10.1016/0377-0273(84)90057-X.
- Mammerickx. J. y Klitgord, K. D. (1982) Northern East Pacific Rise: evolution from 25 m.y. to the under Chiapas, Mexico. *Geophysical International*, 38, 95–106.
- Mandujano-Velazquez J.J., Keppie Duncan. J., (2009). Middle Miocene Chiapas fold and thrust belt of Mexico: a result of collision of the Tehuantepec Transform/Ridge with the Middle America Trench. *Geological Society, London, Special Publications*, 327, 55-69.
- Mann, P. y Burke, K. (1984). Cenozoic rift formation in the northern Caribbean. *Geology*, 12, 732–736.
- Matheron, G. (1971). *The Theory of Regionalized Variables and its Applications*. Les Cahiers du CMM, Fasc. 5, ENSMP, Paris.
- Miranda Faustino y Hernández X., (1963). Los tipos de Vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 29-179.

- Miranda Faustino., (1952). La vegetación de Chiapas. Gobierno del estado de Chiapas. 1, 1-234.
- Miranda, Faustino., (1942). Estudios sobre la vegetación de México, 2. Observaciones preliminares sobre la vegetación de la región de Tapachula, Chiapas. *Anales Instituto Biología*, 13, 53-70.
- Mittermeier, R.A. y C. Goettsch de Mittermeier. (1992). La Importancia de la Diversidad Biológica de México. 1-30
- Molina-Garza, R. S., Wawrzyniec, T., Iriando, A., Geissman, J., y Muggleton, S. (2008) Deformation of late Miocene Plutons along the Tonalá Shear Zone: A Relict Plate Boundary in the Eastern Tehuantepec Region. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 40 (6), 188.
- Molina-Garza. R.S., Geissman, T., Wawrzyniec, T., Weber, B., López Martínez, M., Aranda-Gómez, J. (2009). An integrated magnetic and geological study of cataclasite-dominated pseudotachytes in the Chiapas Massif, Mexico: a snapshot of stress orientation following slip. *Geophys. J. Int.*, 177, 891–912.
- Mora, J. C., Jaimes-Viera M.C., Garduño-Monroy, V.H., Layer, P.W., Pompa-Mera, V., Godinez, M.L. (2007). Geology and geochemistry characteristics of the Chiapanecan Volcanic Arc (Central Area), Chiapas Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 162, 43–72.
- Morán-Zenteno, D., (1984). Geología de la República Mexicana. Facultad de Ingeniería, UNAM, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 88 .
- Morán-Zenteno, D., (1994). Geology of the Mexican Republic. *American Association of Petroleum Geologist, AAPG Studies in Geology*, 39, 160.

- Morán-Zenteno, D., Keppie, D., Martiny, B., y González-Torres, E., (2009). Reassessment of the Paleogene position of the Chortis block relative to southern Mexico: hierarchical ranking of data and features. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.*, 26 (1), 177-188.
- Mülleried, F.K.G., (1957). *Geología de Chiapas*. Estado de Chiapas, México, DF, 1-180.
- Navarro Villalpando, Ma. G., Zárate Castillo, M., Rafael Fernandez J. A. (2006). Proyecto de estudios de peligros naturales en municipios de la planicie costera del estado de Chiapas. Atlas de peligros de la ciudad y municipio de Huixtla, Chiapas. Servicio Geológico Mexicano, 1-132.
- Nelson, S.A., Gonzalez-Caver, E., and Kyser, T.K., (1995). Constrains on the origin of alkaline and calc-alkaline magmas from the Tuxtla Volcanic Field, Veracruz, Mexico: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 122, 191–211, doi: 10.1007/s004100050121
- NOM-011-CNA-2000 < <http://faolex.fao.org/docs/pdf/mex50672.pdf>> consulta: 18 marzo 2013.
- NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. 1-22
- NOM-127-SSA1-1994 < <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>> consulta: 29 abril 2013.

- Orellana Ernesto. (1982). *Prospección Eléctrica en Corriente continua*. 2da Edición. Editorial Paraninfo. Madrid España.
- Ortega-Gutiérrez, F. (1988). Oaxaquia, historia de un antiguo continente. *Ciencias*, 52.
- Ortega-Gutiérrez, F., Ruiz, J., y Centeno-García, E., (1995). Oaxaquia, a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the late Paleozoic. *Geology*, 23, 1127-1130.
- Over wetlands and water quality. *Trends in Ecology and Evolution* 21. 96 – 103.
- Pantoja, A., Fries, C., Rincon, O., Silver, L. y Solorio, M. (1974). Contribuciones a la geocronología de México. Edición Especial del Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 26, 205–223.
- Pindell, J.L., Kennan, L., Stanek, K.P., Maresch, W. & Draper, G. (2006). Foundations of Gulf of Mexico and Caribbean evolution: eight controversies resolved. *Geologica Acta*, 99, 303–341.
- Pompa Mera Valerie., (2009). *Geoquímica y Geocronología de los complejos intrusivos en el sureste de Chiapas, México*. Instituto de Geofísica. Posgrado en ciencias de la tierra. UNAM, 1-160.
- Ratschbacher, L., Franz, L. et al. (2009). The North American–Caribbean plate boundary in Mexico–Guatemala–Honduras. In: James, K.H., Lorente, M.A. & Pindell, J.L. (eds) *The Origin and Evolution of the Caribbean Plate*. Geological Society, London, Special Publications, 328, 219–293, doi:10.1144/SP328.11.
- Rzedowski, J., (1978). *Vegetación de México*. Ed. Limusa W. México. 1-432.

- Salas, G.P., (1975). Cartas y provincias metalogenéticas de la Republica Mexicana: Mexico, D.F. Consejo de Recursos Minerales, Publicación 21-E, 242 pp.
- Samper, F.J. y J. Carrera. (1990). Geoestadística, aplicaciones a la hidrogeología subterránea, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona.
- Sánchez Camacho Enrique A., 2012. Inventario y programa de manejo integral para la conservación de los humedales del Soconusco a través de su delimitación, caracterización ecológica, hidrológica, social y grado de riesgo. Subproyecto: Aguas Superficiales. IMTA, 1-122.
- Sánchez Camacho Enrique, A., (2012). Inventario y programa de manejo integral para la conservación de los humedales del Soconusco a través de su delimitación, caracterización ecológica, hidrológica, social y grado de riesgo. Subproyecto: Aguas Superficiales. IMTA. 1-122.
- Sanders, L (1998) A manual of Field Hydrogeology. Prentice-Hall. 381.
- Schaaf, P., Morán-Zenteno, D.J., Hernández-Bernal, M. S., Solís-Pichardo, G., Tolson, G., Köhler, H., (1995). “Paleogene continental margin truncation in southwestern Mexico: Geochronological evidence”. *Tectonics*, 14 (15), 1339-1350.
- Schaaf, P., Weber, B., Weis, P., Groß, A., Ortega-Gutierrez, F., Kohler, H., (2002). The Chiapas Massif (Mexico) revised: New geologic and isotopic data and basement characteristics. In: Miller, H. (Ed.). *Contributions to Latin-American Geology*. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 225, 1-23.
- Secretaria de planeación., (2001). Carta geográfica del estado de Chiapas.

- Servicios Geológicos, S. A. 1981. Estudio Geohidrológico de la zona costera de Acapetahua, Edo. de Chiapas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1-166.
- SIGAM. 2013. Sistema de información geográfica del agua en México.
- Silva-Romo, G. (2008). Guayape–Papalutla fault system: a continuous Cretaceous structure from southern Mexico to the Chortis block? Tectonic implications. *Geology*, 36, 75–78, doi:10.1130/G24032A.
- Smith, L. & s.J. Weathcraft (1993). Groundwater Flow. In: Maidment, D.R. (Ed). *Handbook of Hydrology*. McGraw Hill.
- SRH., 1975. Boletín Hidrológico No.37. Región Hidrológica No.23 de Chiapas. Secretaria de Recursos Hidráulicos.
- Steinich Birgit, Sánchez Ramírez Eva., (1998). Estudio Geofísico e Hidrogeoquímico en el Acuífero de Acapetahua, Estado de Chiapas. Unidad de Ciencias de la Tierra, UNAM, Campus Juriquilla, 1-161.
- Suárez Díaz, J. (2006) Análisis de los problemas de erosión y deslaves. Carretera Huixtla-Motozintla, Chiapas. Instituto de Erosión y Deslizamientos-Bucaramanga-Colombia. 1-34.
- Tabilo-Valdivieso, E. (2004). El beneficio de los humedales en la región Neotropical. 1-73.
- Thorpe, R.S., (1977). Tectonic significance of alkaline volcanism in eastern Mexico: *Tectonophysics*, 40, 1926, doi: 10.1016/0040-1951(77)90064-6.
- Tóth, J., (1999). Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations. *Hydrogeology Journal*. 7 (1), 1-14.

- Trejo Ochoa Carlos Javier. (2007). Estructura Socioeconómica de México y Chiapas. Escuela Normal Superior (ENSCH).
- Unidad Ecológica Salvadoreña. (2012) Catástrofe climática, génesis, impactos y medidas para enfrentarla. 1-93.
- Vanderlinden, K. (2003). Introducción a la Geoestadística. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.uco.es/vida/seminarios/cartelcursogeostat.htm> [Consulta: 2005, Agosto 08]
- Verhoeven, J, B. Arheimer, C. Yin & M. Hefting (2006). Regional and global concerns
- Water quality association < <http://wqa.org/>> consulta: 20 febrero 2013
- Wawrzyniec, T., Molina-Garza, R. S. (2005). A newly discovered, relic, transcurrent plate boundary- The Tonalá Shear zone and Paleomagnetic evaluation of the western Maya Block, SW Mexico. Geological Society of America Abstracts with Programs, 37 (7), 68.
- Weber Bodo, Gruner Birgit, Hercht Lutz, Molina-Garza Roberto y Köhler Hermann. (2002). El descubrimiento de basamento metasedimentario en el macizo de Chiapas: “La unidad la Sepultura”. GEOS, 22 (1), 2-11.
- Weber, B., Cameron, K.L., Osorio, M., Schaaf, P., (2005). A late Permian tectonothermal event in Greenville crust of the Southern Maya terrane: U-Pb zircon ages from the Chiapas massif, Southeastern Mexico. International Geology Reviews. 47, 509-529.

- Witt, C., Rangin, C., Andreani, L., Olaz, N y Martinez, J. (2011). The transpressive left-lateral Sierra Madre de Chiapas and its buried front in the Tabasco plain (southern Mexico). *Journal of the Geological Society, London*, 169, 143–155.