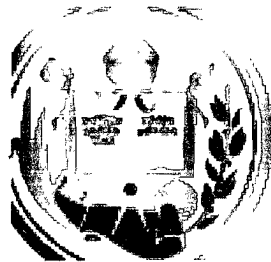


X
GK1080
1715

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



***"Evaluación de las Aguas Subterráneas en los sectores
Monay
(Municipio Pampán) – Agua Viva (Municipio Miranda)
Estado Trujillo".***

REALIZADO POR:

King Mariela

TUTOR:

Prof. HERVÉ JÉGAT

DONACION

SERBIULA
Ingeniería

MÉRIDA - VENEZUELA

Octubre, 2008

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“Evaluación de las Aguas Subterráneas en los sectores
Monay
(Municipio Pampán) – Agua Viva (Municipio Miranda)
Estado Trujillo”.**

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE INGENIERO GEÓLOGO

MÉRIDA - VENEZUELA

Octubre, 2008

DONACION

SERBIULA
Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**“Evaluación de las Aguas Subterráneas en los sectores
Monay
(Municipio Pampán) - Agua Viva (Municipio Miranda)
Estado Trujillo”.**

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

REALIZADO POR:

Mariela King.

C.I.: 12.542.713

Aprobada:

Prof. Hervé Jégat
Tutor Académico

Dr. Óscar Ódreman
Jurado

Prof. Ricardina Díaz
Jurado

Contenido General

	Pág
Contenido General	i
Lista de Figuras	x
Lista de Tablas	xii
Dedicatoria	xiii
Agradecimientos	xiv
Resumen	xv
CAPÍTULO I. GENERALIDADES.	1
INTRODUCCIÓN	2
1.1. GENERALIDADES	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. ALCANCE Y LIMITACIONES	5
1.5. OBJETIVOS	6
1.5.1. Objetivo General	6
1.5.2. Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL.	7
2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	8
2.2. RELIEVE	9
2.3. CLIMA	10
2.4. HIDROGRAFÍA	11
2.4.1. Ríos Principales	11
2.4.1.1 Río Motatán	12
2.5. VEGETACIÓN	13
2.6. SUELOS	14
2.6.1 Orden Entisols	15
2.6.2 Orden Inceptisols	15
2.7. ANTECEDENTES	16
2.8. GEOMORFOLOGÍA	18
2.8.1 Andes Venezolanos	18
2.8.2 Los Conjuntos Andinos	19
2.8.3 Los Medios Montañosos	20
2.8.4 Los Medios Premontañosos de la Serranía de Trujillo	21

2.8.5 La Serranía de Trujillo	21
2.8.6 Los Relieves Preandinos	22
2.9. GEOLOGÍA REGIONAL	24
2.9.1 El Sistema Andino	24
2.10. SÍNTESIS DE LA CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO	25
2.11. PALEOGENO	26
2.12. NEÓGENO	27
2.13. HISTORIA GEOLÓGICA DEL PROCESO SEDIMENTARIO EN EL FLANCO NORANDINO DE TRUJILLO	28
2.14. ALUVIONES CUATERNARIO	29
2.15. GEOLOGÍA LOCAL	29
2.15.1 Formación Misoa (Eoceno)	30
2.15.2 Formación Paují (Eoceno).	30
2.15.3 Formación Mene Grande (Eoceno)	31
2.15.4 Formación Isnotú (Mioceno)	31
2.15.5 Formación Betijoque (Mioceno)	32
CAPÍTULO III. MARCO TEORICO.	33
3.1 GEOLOGÍA	35
3.1.1 Geología Estructural	35
3.1.1.1 Fractura	35
3.1.1.2 Falla	35
3.1.1.3 CLASIFICACION DE LAS FALLAS SEGÚN EL CRITERIO GEOMETRICO	36
3.1.1.3.1. Normal	36
3.1.1.3.2. Inversa	36
3.1.1.3.3. De Rumbo	37
3.1.1.3.4. Dextral	37
3.1.1.3.5. Siniestral	37
3.1.1.3.6. Longitudinal/Transversal	38
3.1.1.3.7. Verticales/Oblícuas	38
3.1.1.3.8. Conforme/Contraria	38
3.1.1.3.9. Sintética/Antitética	38
3.2 AMBIENTES SEDIMENTARIOS	39
3.2.1 Principales formaciones aluviales detríticas	40
3.2.1.1 Aluviones jóvenes	40
3.2.1.2 Aluviones más antiguos	40
3.2.1.3 Rocas sedimentarias más antigua de origen aluvial	40
3.3 FLUJO DE CORRIENTES	41

3.4 HIDROGEOLOGIA	43
3.4.1 AGUAS SUBTERRANEAS	43
3.4.2 CICLO HIDROLOGICO	44
3.5 CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS DE ACUERDO A SU COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO	47
3.5.1 ACUIFEROS	47
3.5.2 TIPOS DE ACUIFEROS	48
3.5.2.1 Acuíferos detríticos o sedimentarios	49
3.5.2.2 Acuíferos fisurados	49
3.5.2.3 Acuíferos por disolución	49
3.6 ACUIFEROS LIBRES	49
3.7 ACUIFEROS CONFINADOS	50
3.8 ACUIFEROS SEMICONFINADOS	51
3.9 CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS - PERFORACIONES	52
3.10 CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA ALMACÉN	54
3.10.1 Porosidad total y eficaz	54
3.10.1.1 Porosidad Total	54
3.10.1.2 Porosidad Eficaz	54
3.11 RETENCIÓN ESPECÍFICA	54
3.12 RENDIMIENTO ESPECÍFICO	55
3.13 POROSIDAD EFECTIVA	55
3.14 POROSIDAD INTERGRANULAR Y POROSIDAD POR FACTURACIÓN	56
3.15 PERMEABILIDAD Y TRANSMISIVIDAD	57
3.15.1 Permeabilidad	57
3.15.2 Transmisividad	58
3.16 CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA	59
3.16.1 Qué es calidad del agua	59
3.17 CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS	60
3.18 PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUS EFECTOS	60
3.18.1 Contaminantes químicos	60
3.18.2 Características físico-químicas de las aguas subterráneas	62
3.19 DIAGRAMA DE PIPER	65
3.20 DIAGRAMA DE WILCOX	66
3.21 GEOESTADÍSTICA	68
CAPÍTULO IV. METODOLOGIA.	69
4.1 METODOLOGÍA	70
4.2 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	70

4.3 ETAPA DE CAMPO	71
4.4 DIGITALIZACIÓN DE MAPAS DE RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y GEOLOGÍA	74
4.4.1 Elaboración del Modelo 3D del Terreno	75
4.5 INVENTARIO DE POZOS	78
4.6 DISTRIBUCIÓN DE POZOS	79
4.7 INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN DE SATÉLITE	81
4.8 PERFIL LITOLÓGICO	81
4.8.1 Pozo TR5876008C	81
4.8.2 Pozo TR5876007A	84
4.9 DEFINICIÓN DEL MALLADO EN EL PROGRAMA GOLDEN SURFER 8.0	86
4.10 BLANQUEO DE MAPAS	86
4.11 MAPA DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO	86
4.12 CALCULO DE LA RECARGA NATURAL	87
4.13 METODO DE ISOYETAS	93
4.12 MAPA DE CAUDAL	93
4.13 ANÁLISIS QUÍMICO	94
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.	69
5.1 INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN SATELITAL	98
5.2 MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	100
5.3 PERFILES	101
5.3.1 Pozo TR5876008C	101
5.3.2 Pozo TR5876007A	103
5.3 MAPA DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO	105
5.4 RECARGA NATURAL	106
5.5 MAPA DE ISOYETAS	109
5.6 ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA	110
5.6.1 Mapa de pH	110
5.6.2 Mapa de Conductividad Eléctrica	113
5.6.3 Mapa de Total de Sólidos Disueltos	114
5.6.4 Mapa de Caudal	116
5.6.5 Diagrama de Piper	117
5.6.6 Diagrama de Wilcox	119
CAPÍTULO VI.	121
CONCLUSIONES	122
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	127
Anexo I	132

AIII-1. Base de datos con la Información de los pozos del área de estudio	132
AIII-2. Base de datos para la Elaboración de los Mapas de Niveles Piezométrico y Líneas de Flujo	133
AIII-3. Base de datos para la Elaboración del Mapas de pH	134
AIII-4. Base de datos para la Elaboración del Mapa de Conductividad	135
AIII-5. Base de datos para la Elaboración del Mapa de Total de Sólidos Disueltos.	136
AIII-6. Base de datos para la Elaboración del Mapa de Caudal	137
AIII-7. Base de Datos para la Elaboración de los Diagramas Geoquímicos	138
ANEXO IV	141
AIII-1. Base de datos para el Cálculo de la Recarga Natural	141
AIII-2. Base de datos para el Cálculo de la Recarga Natural Estación Guamas de Monay	142
ANEXO V	150
AIII-5. Fotografías del área de estudio	150

Índice de Figuras

	Pág
FIG 2.1 Mapa de ubicación del área de estudio	8
FIG 2.2 Mapa de relieve del estado Trujillo	9
FIG 2.3 Mapa Climático de Venezuela	10
FIG2.4 Principales ríos del área de estudio	11
FIG 2.5 Mapa de la Vegetación de Venezuela	13
FIG 2.6 Mapa de los Suelos de Venezuela	15
FIG 2.7 Cuenca del Lago de Maracaibo	25
FIG 3.1 Fallas con desplazamiento vertical	36
FIG 3.2 Fallas con desplazamiento horizontal	37
FIG 3.3 Variación granulométrica general de los sedimentos a lo largo de una sección longitudinal dentro de un abanico aluvial	42
FIG 3.4 Distribución del agua en la tierra	43
FIG 3.5 Ciclo Hidrológico	44
FIG 3.6 Partes del acuífero	47
FIG 3.7 Acuífero poroso	48
FIG 3.8 Acuífero libre	50
FIG 3.9 Acuífero Confinado	51
FIG 3.10 Acuífero Semiconfinado	52
FIG3.11 Porosidad Total	54
FIG3.12 Porosidad Efectiva	55
FIG 3.13 Porosidad Intergranular y Porosidad por Facturación	56
FIG 3.14 Permeabilidad.	57
FIG 3.15 Transmisividad	58
FIG 3.16 Diagrama de Piper	66
FIG 4.2 Variograma experimental y teórico sin ajustar	76
FIG 4.3 Variograma teórico y experimental ajustados	77
FIG 4.4 Modelo 3D del terreno	78
FIG 4.5 Mapa del área de estudio con pozos	80
FIG 4.6 Pozo TR5876008C	83
FIG 4.7 Pozo TR5876007A	85
FIG4.8 Mapa de Escorrentía	88
FIG4.14 Diagrama de Piper	96
FIG 5.1 Imagen Satelital. (1998)	99
FIG 5.2 Mapa geológico del área de estudio	100
FIG 5.3 Pozo TR5876008C	102

FIG 5.4 Pozo TR5876007A	104
FIG 5. 4 Mapa del Nivel Piezométrico con líneas de flujo. (Campaña 1972)	105
FIG 5.5 Mapa de Isoyetas	110
FIG 5.6 Mapa de pH. (Campaña 1972)	111
FIG 5.7 Mapa de Conductividad Eléctrica. (Campaña 1972)	113
FIG 5.8 Mapa de Total de Sólidos Disueltos. (Campaña 1972)	114
FIG5.9 Mapa de Caudales. (Campaña 1972)	116
FIG5.10 Diagrama de Piper	118
FIG5.11 Diagrama de Wilcox	120

Índice de Tablas

	Pág
Tabla 1. Columna estratigráfica local	33
Tabla 2 Clasificación de ambientes sedimentarios.	39
Tabla 3 Normas de Riverside para Evaluar la Calidad de las Aguas de Riego (U.S Soll Salinity Laboratory)	67
Tabla 4.1 Estación Guamas de Monay con Registros de Precipitación	91
Tabla 4.2 Estación Guamas de Monay con Registros de Evaporación	91
Tabla 4.3 Calculo de la Infiltración en la Estación Guamas de Monay	92
Tabla 4.4 Coordenadas UTM de las estaciones	93
Tabla 5.1 Infiltración Calculada en (mm) Estación Guamas de Monay	108

DEDICATORIA

Alcanzar esta meta que hoy me llena de gran satisfacción fue el resultado de un espíritu de perseverancia, esfuerzo y dedicación.

Quiero agradecer a Dios, a San Judas Tadeo por acompañarme siempre y darme el don de la fe, salud; sabiduría y fortalecer mi espíritu en los momentos más difíciles.

A mi mamá, pilar fundamental de mi vida, gracias por apoyarme en los momentos más difíciles por los que pase, gracias por tus oraciones, sacrificios, bendiciones, cariño y amor. A ti te debo todo lo que hoy en día soy. TE QUIERO MUCHO.....

A mi papá, gracias por tus bendiciones, consejos y por el apoyo que siempre me has brindado TE QUIERO.

A mis hermanos, María Eugenia y Gerardo, por estar siempre a mi lado de una manera incondicional, gracias por el ejemplo que siempre me han brindado los QUIERO MUCHO.

A mi sobrinito Juan Diego, al llegar a nuestras vidas te convertiste en una luz para culminar mi carrera, tu sonrisa y picardía cada día me llenan, que Dios te bendiga te quiero mucho.

A mi tía Carmen; eres un ejemplo a seguir, nunca he conocido una mujer con tan bello espíritu y tan limpia de alma, aunque ya no estás entre nosotros, no hay día que no te sienta junto a mí, gracias por cuidar siempre de mi y sé que en el cielo estas feliz. TE QUIERO.

A Nairobi, gracias por tenderme tu mano amiga, darme animo y apoyo en el momento que más lo necesite.

A Hans, gracias por sus preocupaciones, ejemplo, orientación y consejos, los cuales me sirvieron mucho para seguir adelante. Te quiero y aprecio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Santísima Virgen, por haber iluminado mis pasos en el camino a la realización de esta anhelada meta.

A la ilustre Universidad de los Andes, por brindarme la preparación académica que permitió la realización de este trabajo.

Al Centro de Desarrollo e Investigación Ambiente y Territorial (CIDIAT), por abrirme sus puertas para el desarrollo de este trabajo final de grado.

Al CDCHT, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Hervé Jegat, (mi tutor) por su apoyo y confianza para la realización de este trabajo.

Al Profesor Leonardo González, por su orientación pedagógica.

A Iván, ser incondicional que siempre estuvo a mi lado brindándome todo su apoyo en los momentos buenos y difíciles, te quiero.

A Violeta, gracias por tus bendiciones, me ayudaron a salir adelante.

A Verónica, por brindarme su apoyo y darme siempre esperanza para alcanzar este logro.

A Emilio, por su valiosa colaboración y recomendaciones.

A María Eugenia León, gracias por tu apoyo, amistad, y confianza.

A Marhiu, por su colaboración, comprensión y ayuda en la realización de este trabajo.

Mariela...

RESUMEN

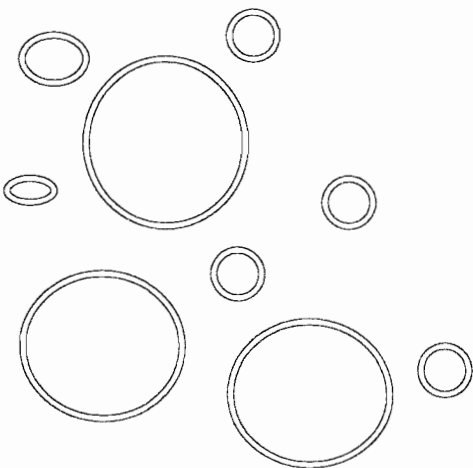
El principal objetivo de este trabajo es evaluar las disponibilidades de agua subterránea en los sectores Monay – Agua Viva, Estado Trujillo, además realizar una evaluación de la calidad y clasificación de las aguas de los acuíferos de esta zona. A continuación se presenta el desarrollo de las estrategias empleadas. Se realizó un balance hídrico para el cálculo de la recarga natural, la construcción de un conjunto de mapas de propiedades geoquímicas de las aguas y la elaboración de los diagramas de **Piper** y **Wilcox** para la evaluación de la calidad y clasificación de las aguas de la zona de estudio.

La metodología que se empleó comienza con la adquisición de información inicial (antecedentes, mapas, imagen de radar, bibliografía, registros de pozos etc) que permita el desarrollo del marco referencial y la elaboración de las bases de datos empleadas para la construcción de los modelos. Se realizaron dos perfiles de dos pozos donde se presenta registros de su litología para así definir el tipo de acuífero teniendo un comportamiento de acuíferos libres. Seguidamente empleando el programa **Golden Surfer 8.0** se realizó el modelo 3D del terreno. De igual forma se desarrolló el cálculo de la recarga natural, para el cual no se contó con datos de los aportes de las aguas superficiales debido a la ausencia de registros, hecho que restringió el cálculo de la recarga solo el aporte efectuado por las aguas meteóricas. El valor promedio anual de la recarga natural por precipitación es de $143231\text{m}^3/\text{km}^2/\text{año}$.

Se llevó a cabo la elaboración de los mapas de propiedades geoquímicas de las aguas empleando el mismo software utilizado en el desarrollo del modelo y se realizó la comparación de los valores de estas propiedades con las normas de **COVENIN** para el agua potable, obteniéndose una idea de la distribución espacial de la calidad del agua para el consumo humano en el área de estudio. Seguidamente se construyeron los diagramas de **Piper** y **Wilcox** en el programa **Ground Water Software for Windows** versión 1.10, observándose en el diagrama de **Piper** distintas clasificaciones para las aguas de la región según su contenido de iones, de estas clasificación la que más destacó es la de aguas bicarbonatadas cálcicas. En el diagrama de **Wilcox** se obtuvieron también distintas clasificaciones de las aguas con fine de riego dentro de las cuales sobre sale la C2-S1 que corresponde a aguas de muy buena calidad aptas para el riego. Por último se elaboraron mapas con la distribución espacial de los diversos tipos de agua para tener una mejor visualización de esta distribución en el área de estudio.

Palabras Claves: Hidrogeología, recarga natural, aguas subterráneas, calidad del agua, clasificación del agua, total de sólidos disueltos, pH, conductividad.

CAPÍTULO I
GENERALIDADES



INTRODUCCIÓN

El agua es un componente imprescindible en la vida del planeta, y respecto al hombre, se considera que es el alimento más importante; partiendo de este punto de vista la escasez del agua, como recurso natural fundamental para una gran gama de actividades le imparte una particular importancia, ya que su disponibilidad y calidad dependerá de varios rasgos, no sólo geográficos, sino geológicos, los cuales influyen de manera positiva o negativa el aprovechamiento de este recurso.

El uso del agua subterránea aumentará en los años sucesivos, debido a factores como la expansión económica y sus ventajas sobre las aguas superficiales. Este parámetro, origina una gran importancia sobre este recurso, específicamente, en los métodos usados para su extracción, su uso por parte de la población y la carencia de normas y planes de contingencia para evitar el constante riesgo al cual está sometida el agua subterránea, principalmente su calidad y composición química.

El siguiente estudio hidrogeológico a realizarse entre los sectores Monay – Agua Viva, estado Trujillo, tiene especial interés en obtener información sobre la disponibilidad de dicho recurso en esta zona, ya que a lo largo de los últimos años se han estudiado las posibilidades de desarrollo agrícola, factor fundamental para la economía de las poblaciones que allí se localizan.

Con este proyecto, se busca obtener datos recientes y fomentar dicha información sobre la población, para concientizar el debido uso que debe hacerse con este recurso de vital importancia para los seres humanos.

1.1 GENERALIDADES

El estado Trujillo ocupa una superficie de 7.400 km², en la que sobresale el relieve montañoso andino. La cordillera de Mérida, que se adentra por el sur como prolongación de la sierra de Santo Domingo, recibe el nombre de cordillera de Trujillo, con puntos culminantes en la llamada Teta de Niquitao (4.006m), hasta el páramo de Cendé (3.625m) tiene una dirección en sentido Noroeste y desciende gradualmente hacia el este hasta adentrarse en el estado Lara y desaparecer en la depresión Carora-Barquisimeto.

Bloques con gran cantidad de fallas fueron elevados en el Terciario y cortados transversalmente por valles profundos (entre los cuales cabe destacar: Motatán, Momboy, Alto Boconó y Burate) con pendientes muy pronunciadas. Los páramos, por encima de los 3.000 m, caracterizan a las zonas andinas; se destacan elevaciones como las de Tuñame, Niquitao, Caldera, Jabón; entre otras. En el Oeste la sabana de Monay y los llanos del Cenizo constituyen una zona llana y pantanosa que mediante obras de canalización se han convertido en una importante área de producción de arroz, maíz y plátanos

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua subterránea es de gran importancia a nivel mundial debido a su abundancia y calidad; muchas ciudades en diferentes países se abastecen en su totalidad de líquido extraído del subsuelo, pues allí existen cantidades mayores de agua que las que se pueden encontrar en las fuentes superficiales de las zonas continentales. Con esto, se pretende conocer la cantidad de agua disponible en el subsuelo en los sectores Monay – Agua Viva, con la finalidad de utilizar las aguas subterráneas de la zona para diferentes fines tal como lo es el riego, el uso doméstico, industrial, entre otros, ya que es un recurso vital para el planeta y parte indispensable en la vida de todos los seres vivos y ecosistemas.

El agua del subsuelo ha desempeñado un papel menos importante en la solución de los problemas del abastecimiento para el mundo de lo que su verdadera importancia indica. Su localización oculta y la falta de conocimiento con respecto a su existencia, circulación y captación, ha contribuido sin duda, a dicha situación. La adquisición y divulgación creciente de conocimientos respecto a captaciones del agua del subsuelo permitirá, gradualmente, que esta fuente adquiera el grado de importancia y utilidad que merece.

La región Monay – Agua Viva constituye un área con aguas subterráneas, por ello es necesario realizar un estudio desde el punto de vista hidrogeológico para verificar que sean económicamente explotables y que posteriormente sean suministradas a algunas regiones adyacentes.

Este estudio puede contribuir en un futuro no muy lejano, en la evaluación de aguas subterráneas aptas para nuestro consumo, puesto que la demanda de agua en los últimos años se ha incrementado de manera exponencial.

De hecho actualmente las aguas subterráneas constituyen una fuente adicional, generalmente de mejor calidad que las superficiales, ya que no se contaminan tan fácilmente.

1.3 JUSTIFICACION

El agua subterránea ha sido un factor primordial para abastecer la gran demanda del vital líquido a nivel nacional, es por ello, que para asegurar su disponibilidad apta para el consumo humano y posible desarrollo del sector agrícola y otros sectores, es de gran importancia la evaluación de este recurso, específicamente en los sectores Monay – Agua Viva, en el estado Trujillo, para así optimizar y cuantificar la calidad del mismo.

La evaluación que se dispone a realizar en ésta área tiene como finalidad verificar la rentabilidad de los pozos existentes, que permitan solventar las necesidades de los sectores más afectados y así asegurar el progreso económico de las comunidades.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

A través de esta investigación se pretende establecer de modo general las características hidrogeológicas de los acuíferos de Monay – Agua Viva, de modo que se obtengan resultados actualizados acerca de los parámetros de dichos acuíferos.

En los pozos no siempre se cuenta con datos completos de litología, por lo tanto no es posible elaborar resultados detallados en cuanto a porosidad y permeabilidad.

1.5 OBJETIVOS

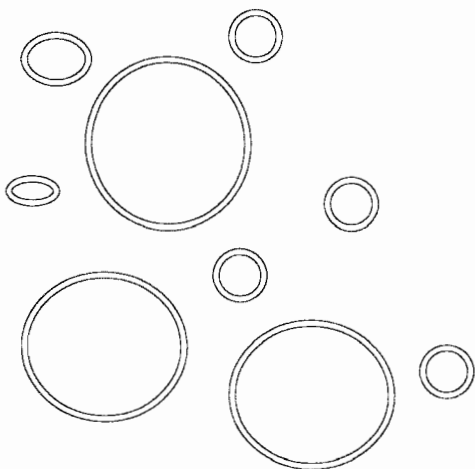
1.5.1 Objetivo general

Evaluar la disponibilidad de aguas subterráneas en los sectores Monay – Agua Viva, Estado Trujillo.

1.5.2 Objetivos específicos

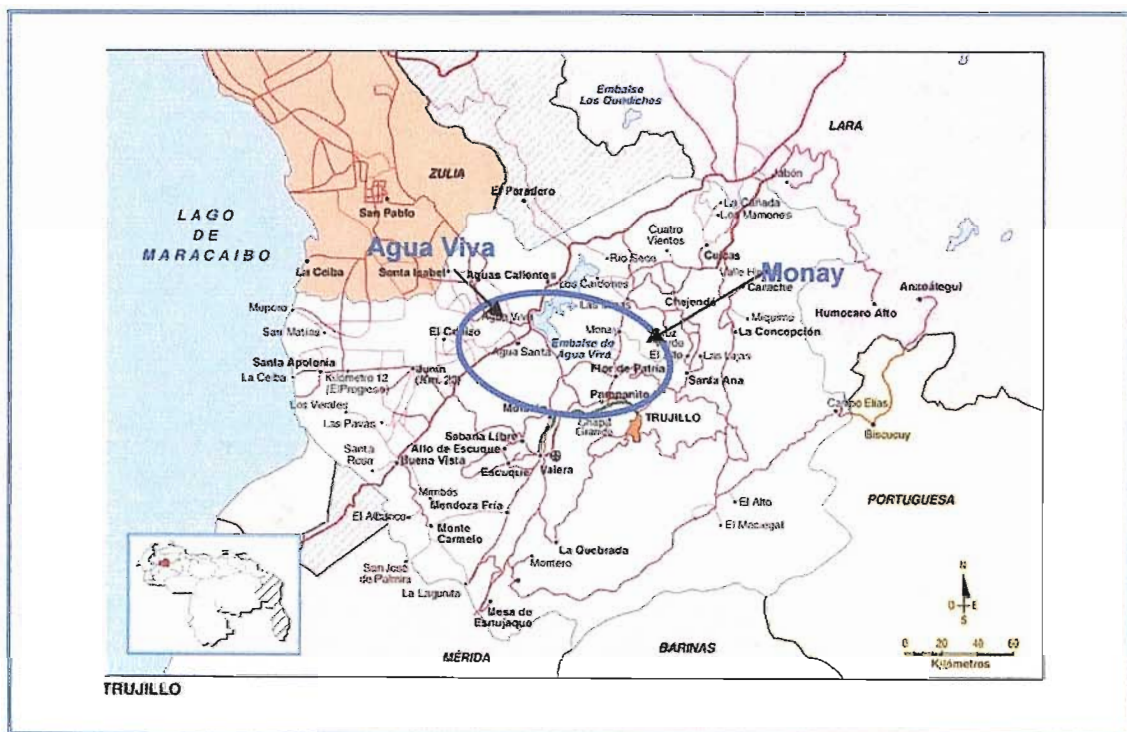
- ❖ Recopilación y verificación de la información básica existente de la zona.
- ❖ Elaboración de un mapa geológico del área.
- ❖ Evaluación de la calidad del agua subterránea en la zona de estudio.
- ❖ Evaluación de la disponibilidad de las aguas subterráneas.

CAPÍTULO II
MARCO REFERENCIAL



2.1 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

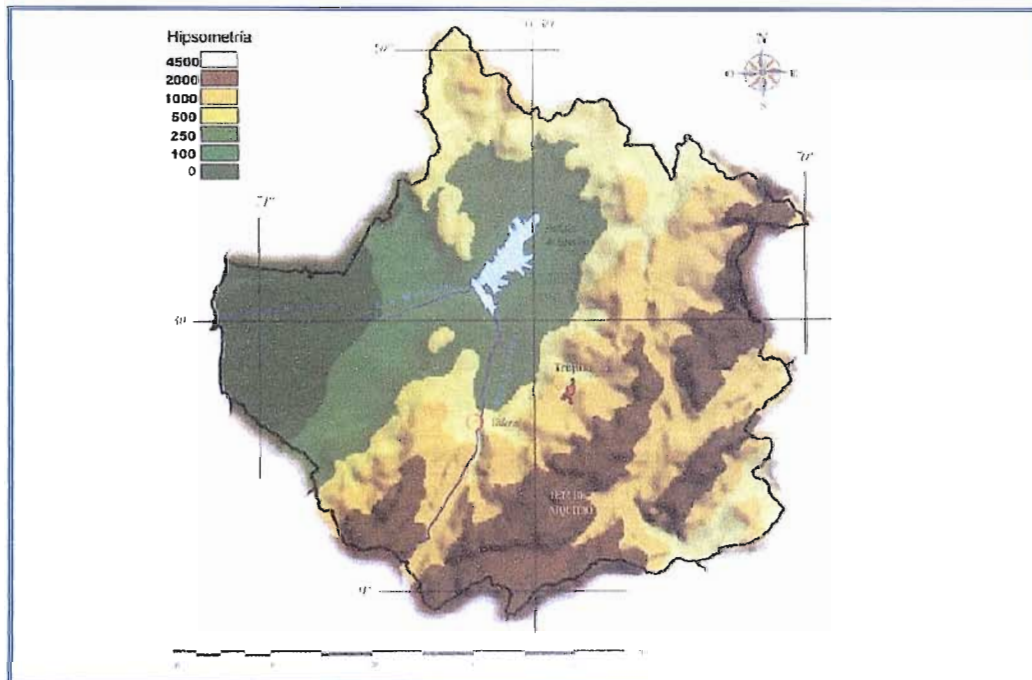
El área de estudio esta demarcada desde los sectores Monay, Municipio Pampán, el cual se encuentra cercano a los Llanos de Monay al Sur – Este, hasta Agua Viva Municipio Miranda, adyacente se encuentran los poblados de Agua Santa, El Arguaney al Sur – Oeste, perteneciente al estado Trujillo. Alcanza una superficie aproximada de 560 km², delimitada por las coordenadas geográficas 09° 30' y 09° 45' de latitud Norte y los 70° 25' y 70° 41' de longitud Este. (Ver FIG 2.1)



(FIG 2.1) Mapa de ubicación del área de estudio.
Tomado de: <http://www.a-venezuela.com/mapas/mapapdf.html>

2.2 RELIEVE

El relieve montañoso forma parte de la cordillera andina que, al cruzar la entidad de Suroeste a Norte, recibe en esa porción el nombre de cordillera de Trujillo; ésta se encuentra dividida en tres filas o ramales, separados por los valles de los ríos Motatán y Momboy y por el valle del río Boconó. La mayor altura se localiza en la Teta de Niquitao (4.006), en el ramal central. En la parte occidental del estado se destacan las zonas planas de la sabana de Monay y los llanos de El Cenizo, además de un sector costero del Lago de Maracaibo. (Ver FIG 2.2)

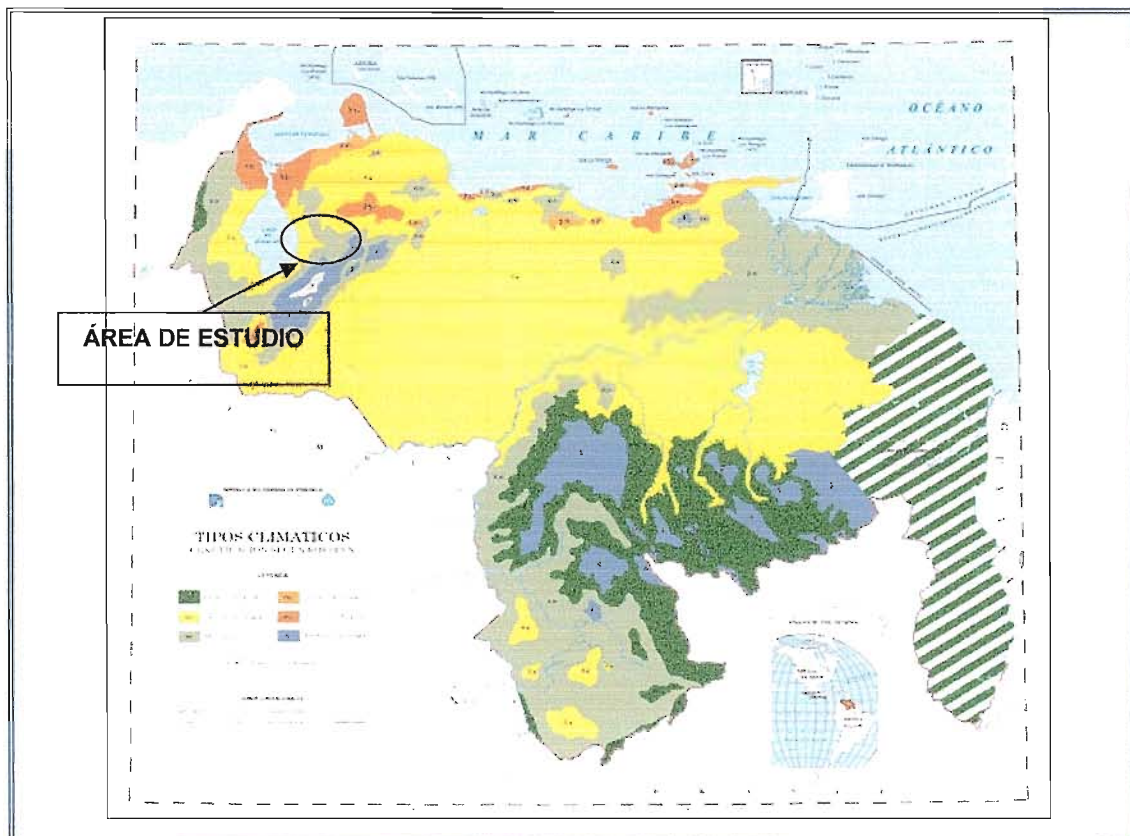


(FIG 2.2) Mapa de relieve del estado Trujillo.

Tomado de: <http://www.gbet.gov.ve/Trujillo/fis-nat.htm>

2.3 CLIMA

La variedad de climas locales es determinada por el factor relieve. En la cordillera es templado, en el piedemonte es subtropical y en las partes bajas es cálido. Los llamados vientos llaneros, que penetran por el Este, juegan un papel muy importante en las modificaciones climáticas. Las temperaturas medias oscilan entre 12 y 28° C en los páramos y de 30 a 35° C en la planicie. Se registran precipitaciones medias anuales de 1.000mm, con presencia de una estación seca de noviembre a marzo y otra lluviosa de Abril a Octubre.



(FIG 2.3) Mapa Climático de Venezuela.

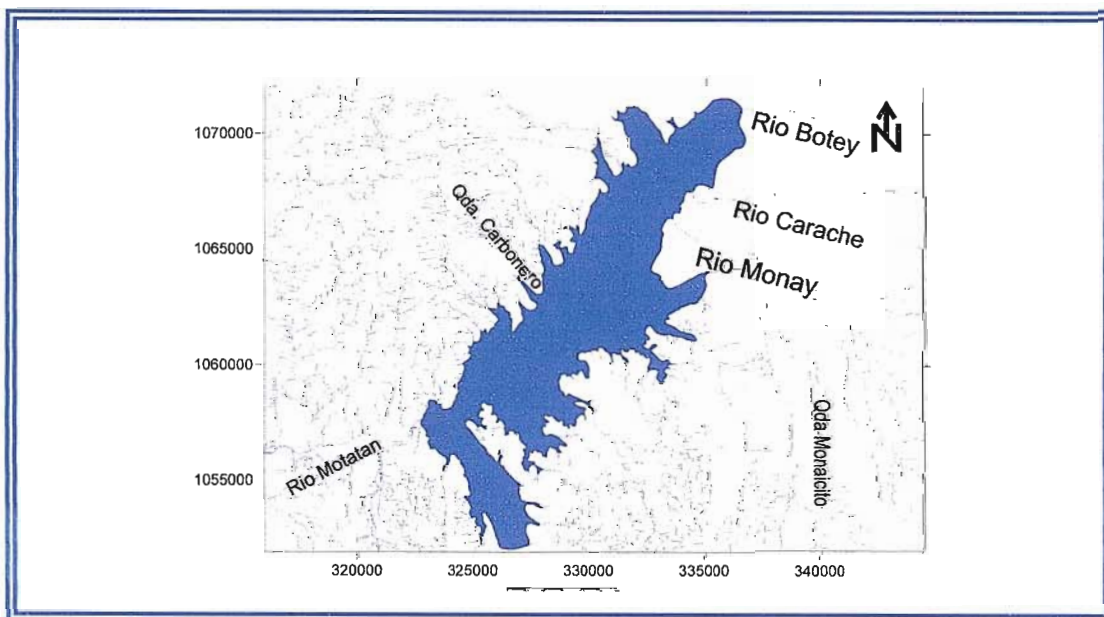
Tomado de: Atlas Práctico de Venezuela. El Nacional 2002.

2.4 HIDROGRAFIA

Existen dos grandes cuencas: la del río Motatán y la del Boconó. La primera tiene como sus afluentes mas importantes a los ríos Jiménez, Castán, Momboy, Jirajara, Carache y Monaycito, mientras que en la segunda afluyente los ríos Negro y Burate y las quebradas San Miguel y San Rafael, entre otros cursos menores. Se completa la hidrografía trujillana con la existencia de aguas subterráneas y fuentes de aguas termales (entre las cuales cabe mencionar El Baño y Aguas Calientes), la forma de ciénagas y, por último, la presencia de pequeñas lagunas en las tierras altas.

2.4.1 RIOS PRINCIPALES

Los principales ríos pertenecientes al estado Trujillo son: Boconó, Buena Vista, Burate, Burbusay, Carache, Castan, Escuque, Jiménez, Jirajara, Momboy, Monay, Monaycito, Motatán, Negro, Paují, Pocó, La Vichú, entre otros. (Ver FIG 2.4)



(FIG2.4) Principales ríos del área de estudio.

En el área de estudio los ríos que están presentes son: río Motatán, río Carache, río Botey, río Seco, río La Palma. Se hará mención del río Motatán ya que los demás son sus afluentes principales.

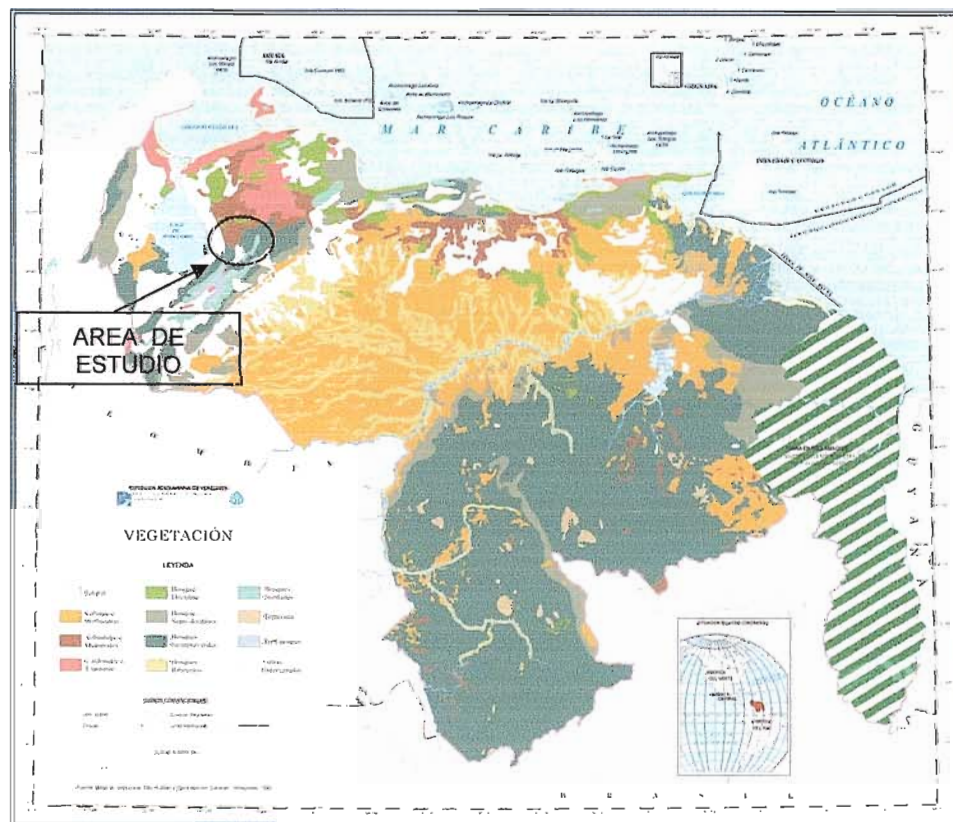
2.4.1.1 Río Motatán:

El río Motatán es el curso más importante de la planicie y el de mayor variabilidad, presenta un cauce rectilíneo como resultado de la canalización antrópica realizada a partir de 1960, cuyo objetivo fue precisamente controlar el divagar de este río por la planicie y afectación consecuente de cultivos, vialidad y centros poblados.

La canalización del Motatán hacia el norte de la Ceiba, aquí llamado “delta del Motatán”, supone una dirección no muy frecuentada por el curso fluvial en condiciones naturales, pero que acorta la distancia entre el abra de Agua Viva (punto donde el río ingresa a la planicie) y desagüe en el lago. Actualmente, al norte de la Ceiba, es posible observar un espigón de aproximadamente 500 m dirección SW, entrante al lago que constituye lo que hoy llamamos el delta del río Motatán. Esta formación geomorfológica es el resultado de la acumulación progresiva de sedimentos transportados por el Motatán y depositados en su desembocadura sobre el lago de Maracaibo. Históricamente, el río Motatán carecía de delta, ya que luego del abra de Agua Viva comenzaba a ramificarse en una serie de caños cuyo desagüe final eran las anegadizas costas lacustres. El caudal y capacidad de carga de estos caños no eran lo suficientemente grande como para vencer el efecto “represa” de las aguas del lago, por lo que su carga de sedimentos y volumen de agua se esparcía en la llamada franja cenagosa que la planicie presenta frente a las costas lacustres.

2.5 VEGETACIÓN

Varía mucho de un lugar a otro, por el relieve y el clima. En las áreas de mayor humedad predomina el bosque alto, mientras hacia el litoral lacustre abundan los manglares y cocoteros; además, se encuentran selvas macrotérmicas y vegetación de sabana en los llanos de El Cenizo. Las ciénagas albergan una vegetación arbórea poco desarrollada, en tanto que las áreas del Norte son fundamentalmente de pastos. En las montañas crecen bosques montanos y premontanos hasta los 1.700m, selvas nubladas entre 1.700 y 3000m, y vegetación paramera por encima de los 3.000m.



(FIG 2. 5) Mapa de la Vegetación de Venezuela.
Tomado de: Atlas Práctico de Venezuela. El Nacional 2002.

2.6 SUELOS

La distribución de los suelos en el ámbito geográfico nacional obedece a una serie de condiciones físico-naturales y al hecho de estar localizada Venezuela en plena zona ecuatorial, con alturas desde el nivel del mar hasta mas de 5.000 metros de altitud, aunada a su extensión territorial de 916.445 Km².

Desde el punto de vista ecológico, esto le confiere enorme importancia, lo cual se refleja en la existencia de una gran cantidad de ecosistemas naturales. En estos ecosistemas, además de la gran diversidad biológica, se manifiestan diferentes tipos de suelos, cada uno con características y propiedades específicas distintas, lo cual le confieren a su vez diferentes potencialidades de uso.

De los once Órdenes de suelos conocidos en el sistema de clasificación denominado *Soil Taxonomy*, diez órdenes se presentan en el país. Cada orden se divide en Sub-Órdenes, Grandes Grupos y Sub-Grupos de suelos, de acuerdo con las características de humedad, temperatura, naturaleza de los materiales originarios y características químicas de estos.

2.6.1 Tipos y características de los suelos presentes en Venezuela:

Orden Entisols, Orden Inceptisols, Orden Vertisols, Orden Aridisols, Orden Mollisols, Orden Alfisols, Orden Ultisols, Orden Oxisols, Orden Histosols.

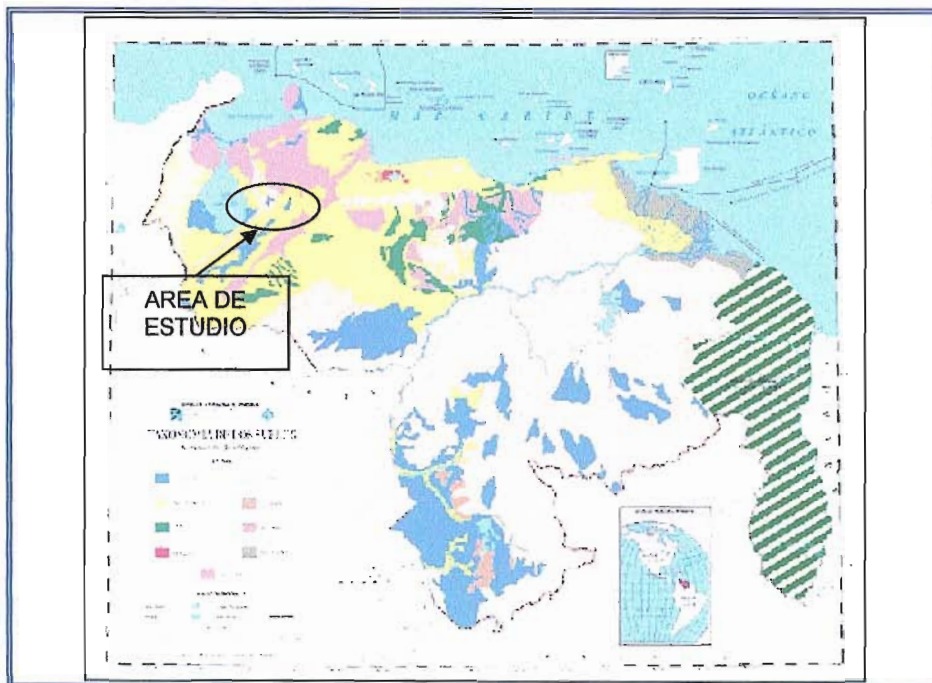
Los suelos presentes en el área de estudio son predominantemente texturas medias a pesadas. COPLANARH (1975), señala que por el sistema de la séptima aproximación los suelos existentes son desarrollados sobre acumulaciones aluviales recientes a las órdenes de:

2.6.1.1 Orden Entisols

Son suelos, con poca o ninguna evidencia de desarrollo, sin horizontes definidos a causa del poco tiempo de acción de los factores formadores, la saturación de agua por largos periodos, o por formarse en relieves de elevada pendiente, por lo que su desarrollo es muy superficial y reciente.

2.6.1.2 Orden Inceptisols

Son suelos jóvenes, con débil a moderada alteración de los materiales que lo constituyen, por lo que conservan algunas semejanzas con el material parental que les ha dado origen, el cual es muy resistente.



(FIG 2.6) Mapa de los Suelos de Venezuela

Tomado de: <http://www.visitinglatinamerica.com/latinoamerica/mapas-latinamerica/mapa-venezuela-suelos.htm>

2.7 ANTECEDENTES

Se han realizado trabajos con fines hidrogeológicos en zonas aledañas al área de estudio, tales como:

- ❖ Santos Hilda y Simancas Nelson (2005), realizaron su trabajo final de grado titulado "Evaluación del comportamiento del acuífero de la planicie baja del río Motatán empleando el software I.G.W." (Interactive Groundwater Modeling), para optimizar los procesos de explotación y aumentar su rendimiento ante la problemática existente en el suministro de agua potable en el área de estudio.
- ❖ Rojas C María Lourdes (2003), realiza un trabajo final de grado titulado "Modelo hidrogeológico del acuífero de la cuenca baja del río Motatán". En el cual determinó que el acuífero se comporta de manera confinada representando un área estimada hacia el pie de monte andino.
- ❖ Linares Miguel (2003), realiza un trabajo final de grado titulado "Evaluación de la disponibilidad del recurso de aguas subterráneas en el acuífero de la planicie aluvial del río Motatán". Determinó e identificó zonas en las cuales el acuífero se comporta como confinado, y zonas en el que se comporta como libre, así mismo estudia la información litológica la cual era un poco ambigua y recomienda realizar la uniformización o simplificación de la misma en un agrupamiento macroscópico de unidades hidroestratigráficas.

- ❖ Ramírez Maria y Oliveros Thais (2004), realizaron su trabajo final de grado titulado “Evaluación de los parámetros hidrogeológicos en la planicie baja del río Motatán”. En el que determinan que los valores dominantes de permeabilidad son mayores desde el sur hacia la parte central del acuífero, en donde se presentan estratos considerables de arena, probablemente con un mayor escogimiento, otorgando mejores condiciones de permeabilidad a la zona.
- ❖ Díaz Ricardina (2006), realiza un trabajo final de grado titulado “Evaluación de las aguas subterráneas en las sabanas de Carora estado Lara”. En el que propone un modelo hidrogeológico conceptual, para observar el comportamiento de las variables hidrogeológicas y contribuir con el desarrollo de la Región, evaluando la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo como fuente alterna de abastecimiento de agua, tanto para consumo humano como para riego.
- ❖ Mora Argenis (2007), realiza un trabajo final de grado titulado “Evaluación de las disponibilidades de agua subterránea entre los ríos Sarare y San Carlos en el límite entre los estados Portuguesa y Cojedes”. Además de evaluar la calidad y clasificación de las aguas de los acuíferos de esta zona.

2.8 GEOMORFOLOGIA

2.8.1 ANDES VENEZOLANOS:

Los Andes Venezolanos también conocidos como Cordillera de Mérida, comienzan al suroeste en la depresión del Táchira y terminan al Noroeste en la depresión de Barquisimeto, con una longitud aproximada de 425 Km., y una anchura promedio de 80 Km., formando una efectiva divisoria de aguas entre la cuenca hidrográfica del Apure-Orinoco al sur y la del Lago de Maracaibo- Mar Caribe al norte.

Los Andes Venezolanos comienzan propiamente en el páramo de Tamá (3329m) cerca de la frontera colombiana, en la depresión de Táchira, promedian alturas de 1000m que ascienden a 3000 y 4000m en los paramos de el Zumbador y el Batallón, donde se inicia una profunda hendidura axial, geológicamente conectada con un sistema de fallas longitudinales y geomorfológicamente marcadas por los valles de los ríos Mocoties y Chama, que se prolongan al noreste unos 170 Km; hasta el páramo de Mucuchies y subdivide la cadena andina en dos cordilleras situadas respectivamente al noroeste y al sureste de la hendidura, que solo vuelven a juntarse en el nudo de Mucuchies.

La cordillera septentrional culmina en el páramo de la Negra, Macizo de Tovar y Sierra del Norte o Macizo de la Culata, donde alcanza su máxima altura en el páramo de Piedras Blancas (4762m). Este ramal septentrional esta cortado cerca de Estanques por el cañón del Chama, donde este río tuerce su curso hacia el norte para verter sus aguas en el Lago de Maracaibo.

El ramal meridional comprende los paramos de las Tapias, río Negro y el Molino, la Sierra Nevada de Mérida y la de Santo Domingo. En el páramo de Mucuchies nace el río Motatán que sigue un curso norte-noreste, no alineado con el curso del río Chama y también determinado por una falla longitudinal; el curso del río Motatán y su paralelo el río Momboy pasan a limitar por el este el Macizo de la Culata, que va descendiendo en altura y pierde su expresión fisiográfica cerca de Escuque.

De la parte central del nudo de Mucuchies se desprende hacia el noreste la Cordillera de Trujillo, limitada al norte por el valle del río Motatán y al sur por el curso de los ríos Santo Domingo, Burate, Boconó, Río Negro y Tocuyo; incluye alturas como la Teta de Niquitao con 4006 m de altitud y se prolonga hacia el noreste a través de los paramos de Cendé (3652 m) y los Nenes (3130 m), al oeste de la carretera Humocaró Bajo-Barbacoas, para descender a la planicie de Lara en el curso medio del Río Tocuyo.

2.8.2 LOS CONJUNTOS ANDINOS:

Se consideran como andinos todos aquellos sistemas fisiográficos e hidrográficos cuyas cuencas altas y medias se han originado y desarrollado en las faldas Noroccidentales de la cordillera de los Andes; estos conjuntos se extienden a todo lo largo del borde Suroriental de la cuenca desde la Fría hasta Betijoque con una orientación predominante sur-este-noroeste.

Las cuencas altas se extienden en los macizos andinos o preandinos cuyas alturas máximas pueden alcanzar 5.000m; la fisiografía es característica de los relieves orogénicos geológicamente jóvenes.

Las áreas premontanas son características de relieves originados en material detrítico compactado, las crestas son bien marcadas, densas y sin ninguna alineación precisa; las vertientes quedan fuertes y rectilíneas pero las alturas relativas son menores entre las cimas y los fondos de los valles.

2.8.3 LOS MEDIOS MONTAÑOSOS:

Desde el punto de vista geológico esta denominación se refiere exclusivamente a las faldas Noroccidentales de la cordillera de los Andes, incluyendo parte de la serranía de Trujillo y al conjunto de la Sierra de Perijá, ambas entidades constituyen macizos montañosos importantes cuya altura promedio es igual o superior a los 2.200 m.s.n.m.

Estos medios, tienen como características comunes su origen, su génesis, su edad geológica, así como sus principales particularidades estructurales y tectónicas.

Tanto el sistema andino como la sierra de Perijá delimitan por sistemas de fallas más o menos rectilíneas a las áreas de subsidencia de la gran depresión del Lago de Maracaibo.

De manera general también, se observa cierta similitud en los principales componentes litológicos y mineralógicos; sin embargo, un análisis más detenido revela varias divergencias significativas en cuanto a la litología y la tectónica.



2.8.4 LOS MEDIOS PREMONTANOS DE LA SERRANIA DE TRUJILLO:

En la serranía de Trujillo los relieves premontanos constituyen la continuación y prolongación estratigráfica de la mayoría de las formaciones eocenas y posteocenas que afloran en el extremo norte de los sistemas preandinos.

Las principales de estas formaciones se denominan Misoa -Trujillo, Paují-La Puerta, su característica litológica consiste en la predominancia de lutitas, limolitas y de areniscas friables.

El conjunto es afectado por fallas orientadas noroeste-sureste, las que localmente originaron un contacto abrupto con los depósitos cuaternarios del piedemonte propiamente dicho.

2.8.5 LA SERRANIA DE TRUJILLO:

En las zonas montañosas de la serranía de Trujillo el patrón litológico está casi exclusivamente representado por la Formación Misoa-Trujillo, de edad eocena y cuyos componentes predominantes consisten en areniscas, limolitas y lutitas intercaladas, y algunas capas de caliza en la parte inferior; estas últimas son escasas y se presentan en forma de intercalaciones delgadas; corresponden a las últimas fases de sedimentación de la regresión marina de edad eocena.

La topografía bastante pronunciada de estos sectores se debe principalmente a la dureza, a lo macizo y al espesor de las areniscas que son frecuentemente micáceas y carbonáceas.

2.8.6 LOS RELIEVES PREANDINOS:

Estos relieves están constituidos en su gran mayoría por formaciones detríticas terciarias que afloran a todo lo largo de la falda Noroccidental del sistema andino, con mayor o menor desarrollo, y en una faja de alturas comprendidas entre el contacto de los conjuntos cuaternarios del piedemonte y 1.500 a 2.000 m.s.n.m; su cronología va del Cretáceo superior al Plioceno.

Estos conjuntos se caracterizan principalmente por:

- ❖ Una gran variedad tanto en las facies como en la mineralogía.
- ❖ Una relativa homogeneidad, sin embargo, en la litología que consiste invariablemente en areniscas, lutitas, arcillas.
- ❖ Una gran importancia y amplitud de los procesos tectónicos que afectaron a estas formaciones, originando la separación de grandes bloques los que frecuentemente han sido levantados y basculados.

Las formaciones geológicas mas representativas en el área de estudio son:

- ❖ La Formación Betijoque que se extiende del Oligoceno al Plioceno es exclusivamente de origen continental, depositada por procesos fluviales y torrenciales; está compuesta en un 25% de conglomerados gruesos, pobremente escogidos y cementados. El resto de la formación consiste en lutitas blancas, arcillas y areniscas de granos gruesos y macizas.
- ❖ La Formación Isnotú corresponde al Mioceno medio a superior y al final de la última trasgresión marina tal como lo comprueba la presencia de lutitas interestratificadas y de “ripple-mark” que son indicios de sedimentación de playas. En cuanto a la litología y su extensión se le puede asimilar a la Formación Palmar por la predominancia de arcillas y de lutitas altamente erosionables.

Toda la serie es micácea y ferruginosa y alcanza un espesor máximo de 4.300 mts. Lo que comprueba la intensidad del paroxismo de erosión que se inició inmediatamente después del final de la última transgresión marina.

La erosión y el arrastre actual de la formación provee una gran cantidad de sedimentos a los ríos que la atraviesan o cuya cuenca o parte de su cuenca se extiende en la misma formación, debido a su gran extensión en el piedemonte andino y a la débil cementación del material, así como a su gran espesor.

Los sedimentos derivados de la Formación Betijoque siempre tienen un alto porcentaje de micas y más específicamente de moscovita; esta formación aflora de manera bastante continua entre los ríos La Grita y Orope (en sus tramos premontanos), así como en los alrededores y al norte de la población de Betijoque

2.9 GEOLOGIA REGIONAL

2.9.1 EL SISTEMA ANDINO:

El esquema tectónico del sistema Andino consiste en sistemas de fallas rectilíneas, paralelas entre sí y con una orientación suroeste-noreste entre la Grita y Agua Viva. Hacia el noreste de Agua Viva un ramal se aparta del sistema Andino propiamente dicho y toma una dirección noroeste.

Al sur del río Carache, los sistemas de fallas son más rectilíneas y muy raras veces recortados por sistemas transversales importantes. Los principales accidentes tectónicos no se evidencian sino por fuertes abruptos topográficos, los que constituyen generalmente el contacto entre los medios montañosos propiamente dichos y los conjuntos premontanos.

Tanto al norte como al sur de Agua Viva la mayoría de estas manifestaciones tectónicas son de edad post-eocena aún cuando localmente se observan formaciones cuaternarias afectadas por estas fallas lo que comprueba la persistencia de esta misma tectónica hasta una época muy reciente (conos y terrazas de la cuenca alta de los ríos Pocó y Buena Vista y terrazas del río Raya).

del Cretácico y Post-Cretácico de aproximadamente 11.000 m. El eje de la cuenca es paralelo y muy cercano al piedemonte Norandino. La cuenca limita al Norte por la falla de la Oca, al Este con la Serranía de Trujillo, al Sureste con los Andes Merideños y al Oeste con la Sierra de Perijá. Esta cubierta en un 28% por las aguas llanas del lago de Maracaibo.

El hundimiento de la cuenca se inició a finales del Mioceno inferior debido a la compresión regional del Escudo de Guayana y el Macizo de Santa Marta, la subsidencia se incrementó rápidamente durante el resto del Neógeno y continúa la subsidencia hasta el presente, y el origen además, es una flexura compensatoria a la elevación isostática de Los Andes Merideños.

En la cuenca del lago de Maracaibo no se conocen subcuencas, a pesar que en algunos trabajos se menciona la subcuenca del Catatumbo, pero esta es la extensión dentro del territorio colombiano. (Ver FIG 2.7).

González de Juana (1980), hace una descripción del Paleógeno y del Neógeno en el Lago de Maracaibo como sigue:

2.11 PALEOGENO:

La erosión iniciada en el Eoceno superior continuó acentuadamente durante el Oligoceno en algunas regiones del Lago de Maracaibo. En las regiones de Táchira y Perijá pudieron existir llanuras bajas con ambientes fluviodeltáicos paludales y probablemente salobres, representados en las facies tempranas de las formaciones Carbonera y La Sierra.



Las condiciones ambientales de las llanuras bajas aparentemente continuaron durante el Oligoceno, pero la erosión actuó intensamente en los altos de la Cuenca de Maracaibo.

En la parte oriental del Lago de Maracaibo se presentaron condiciones continentales con meteorización extrema y acción eólica que resultaron en rellenos esporádicos de depresiones; las facies resultantes se conocen con el nombre de Formación Icotea.

2.12 NEÓGENO:

La base del Mioceno en el Lago de Maracaibo es la Formación La Rosa que corresponde a un avance marino procedente de Falcón. Sobre la Formación La Rosa, en forma transicional y localmente interdigitada se deposita la Formación Lagunillas, que todavía tiene influencia de ambiente marino, es la última unidad de ambiente marino que se conoce en la cuenca del Lago de Maracaibo. Todavía durante el Mioceno, por arriba de la Formación Lagunillas, se deposita una secuencia de ambiente continental, la cual fue designada con el nombre de Formación La Puerta.

En la costa Occidental del Lago hay una serie de unidades equivalentes a las anteriores y corresponden al Grupo El Fausto, cuya unidad basal es la Formación Ceibote, por arriba, las formaciones Macoa, Los Ranchos y La Villa.

En la costa oriental, hacia los Andes, existe una secuencia completa que va desde el Mioceno Inferior hasta el Plioceno, con las formaciones Palmar, Isnotú y Betijoque, que conforman el Grupo Guayabo, que se extienden desde el Estado Táchira hasta el Estado Trujillo.

2.13 HISTORIA GEOLÓGICA DEL PROCESO SEDIMENTARIO EN EL FLANCO NORANDINO DE TRUJILLO:

La historia geológica del proceso sedimentario en el flanco Norandino de Trujillo está descrita por González de Juana como se menciona a continuación:

En esta región se encuentra la Formación Palmar en la base del Grupo Guayabo y las formaciones Isnotú y Betijoque alcanzan su mejor desarrollo.

En esta región la Formación Palmar muestra gran influencia continental, incluyendo intervalos moteados; las formaciones Isnotú y Betijoque son definitivamente continentales, en gran parte fluviales, con coalescencia de conos de torrentes en la Formación Betijoque.

La diferencia litológica más marcada entre las formaciones Isnotú y Betijoque es el tamaño del grano en los clásticos gruesos; el porcentaje de conglomerados, muy bajo en la secuencia inferior, se hace predominante en la Formación Betijoque donde llega a representar el 25% del espesor total; su carácter macizo está especialmente bien desarrollado en el Miembro Sanalejo, situado en la parte superior de la Formación Betijoque. Otro carácter distintivo son los colores abigarrados y brillantes de las lutitas de la Formación Isnotú, con tonos más apagados de caqui, gris claro o gris verdoso en la Formación Betijoque.

Estas formaciones son características de la sedimentación en la antefosa andina durante el período de levantamiento de la Cordillera de Los Andes en el Mioceno superior. La Formación Isnotú representa principalmente planicies fluviales bajas, marginales al flanco noroeste del levantamiento incipiente, el

cual al ganar elevación fue capaz de aportar avalanchas de clásticos gruesos a la red fluvial y a los conos aluviales. Ello ocasionó la sedimentación universalmente mal escogida y la interdigitación lateral violenta entre conglomerados, arenas, limolitas y arcillas, características de la Formación Betijoque.

2.14 ALUVIONES CUATERNARIO

Este tipo de relieve cuaternario, formado por la sucesión terraza antigua y Planicie inundable, se prolonga bastante hacia el Sur – Oeste, hasta unirse con el pie de monte Andino – Lacustre que se origina en los alrededores del área de Agua Viva, en el Valle del río Motatán.

Estos depósitos configuran una interdigitación de material fino (arcillas y limos) con material medio a grueso (arenas y gravas), definiendo zonas de baja y alta energía depositacional respectivamente; originados por la divagación de los principales ríos del área como lo son: el Motatán, Carache, Monay, dando lugar a la depositación de diferentes cuerpos característicos.

2.15 GEOLOGIA LOCAL:

EL área de estudio tiene su origen en procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos que desde el Oligoceno hasta la actualidad han contribuido al relleno progresivo de esta cuenca de subsidencia.

Los aportes sedimentarios provienen principalmente del piedemonte Terciario y Cuaternario constituido por la formaciones Betijoque, Isnotú, Palmar, Misoa, Menegrande y Paují.

2.15.1 Formación Misoa (Eoceno)

Las areniscas de esta formación presentan tamaños variados de grano, pero en general, son de grano fino y gradan a limolitas y luego a lutitas. Son generalmente aurás, micáceas, frecuentemente carbonáceas y generalmente bien estratificadas a macizas. Se presentan en unidades compuestas, con espesores normales de varias decenas de metros, las cuales localmente se agregan para totalizar espesores de centenares de metros, formando serranías pronunciadas. En el subsuelo, estas mismas arenas forman yacimientos múltiples verticales, con distribución lateral de decenas de kilómetros.

Las lutitas tienen composición variable, casi siempre son micáceas, arenosas a limolíticas, con abundantes estratos delgados, estrías y películas de arena, limo y material carbonáceo (incluyendo restos de hojas), que les den un aspecto laminado con estructura "flaser".. Las lutitas han sido depositadas en ambientes de prodelta, de aguas someras, e interdeltaico, principalmente, y son diferenciables por las delgadas capas de lignito y por el material carbonáceo que contienen.

2.15.2 Formación Paují (Eoceno)

Esencialmente, la unidad es una espesa secuencia de lutitas, claramente diferenciable de las areniscas de las formaciones Misoa infrayacente, y Mene Grande suprayacente. Las lutitas típicas tienen color gris mediano a oscuro, y

son macizas a físis y concrecionarias. En estado fresco, son firmes, y frecuentemente exhiben fractura concoidal, pero meteorizan rápidamente a masas blandas y escamosas. En general, hay una virtual ausencia de arenas; una excepción, restringida a la región de Mene Grande, es la Arena de Paují Medio.

2.15.3 Formación Mene Grande (Eoceno).

Se refiere a la descripción de "areniscas gris oscuro en capas delgadas y lutitas negras". Menciona también lentes de calizas orbitoidales. . En los afloramientos, la formación se presenta bastante diaclasada y oxidada.

La formación se conoce principalmente en el área de Mene Grande, extendiéndose al norte, desde el río San Pedro, hasta la carretera de Santa Bárbara a Los Barrosos.

2.15.4 Formación Isnotú (Mioceno).

Los afloramientos se encuentran en el pueblo de Isnotú y al Oeste del mismo, sobre la carretera Motatán-Betijoque en Trujillo oeste-central. La formación aflora en una faja bastante continua a lo largo del flanco Noroccidental de Los Andes, desde Táchira hasta Trujillo. También se reconoce en el subsuelo del Lago de Maracaibo.

Predominan arcillas (65%), con numerosas areniscas intercaladas y capas subordinadas de arcilla laminar, carbón y conglomerado. Las arcillas son macizas pero blandas, de color gris claro, corrientemente abigarradas en rojo, púrpura y amarillo y localmente carbonáceas; las areniscas son de color

variable, principalmente blancas a gris claro y se presentan en capes de 2 a 3 metros de espesor.

2.15.5 Formación Betijoque (Mioceno):

Se caracteriza por arcillas capas lenticulares mal cementadas de conglomerados. La Formación Betijoque aflora en una faja continua en el flanco occidental de Los Andes, desde Trujillo hasta Táchira.

La unidad está constituida por capas macizas de conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas. De la Formación Betijoque sólo se han recuperado restos de plantas y madera fósil; su ambiente de sedimentación está representado por abanicos fluviales coalescentes y llanuras de inundación, en épocas de erosión acelerada en la cadena andina.

ERA	PERIODO	ÉPOCA	FORMACION	DESCRIPCIÓN	
C E N O Z O I C O	N E O G E N O	PLIOCENO	BETIJOQUE	La unidad consiste de arcillas macizas de color gris verdoso oscuro que gradan localmente a pardo y negro, generalmente arenosas, y localmente carbonáceas y fosilíferas (restos de plantas).	
		MIOCENO	ISNOTÚ	Predominan arcillas (65%), con numerosas areniscas intercaladas y capas subordinadas de arcilla laminar, carbón y conglomerado. Las arcillas son macizas pero blandas, de color gris claro	
	P A L E O G E N O	E O C E N O		MENE-GRANDE	Areniscas gris oscuro en capas delgadas y lutitas negras". Menciona también lentes de calizas orbitoidales. En los afloramientos, la formación se presenta bastante diaclasada y oxidada.
				PAUJI	Las lutitas típicas tienen color gris mediano a oscuro, y son macizas a fisiles y concrecionarias. En estado fresco, son firmes, y frecuentemente exhiben fractura concoidal, pero meteorizan rápidamente a masas blandas y escamosas
				MISOA	Son de grano fino y gradan a limolitas y luego a lutitas. Generalmente auradas, micáceas, frecuentemente carbonáceas y bien estratificadas a macizas.

Tabla 1. Columna estratigráfica local. Tomado de: Mapa Geológico del año 1986.