

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**“EVALUACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA
REGIÓN DE BARLOVENTO, ESTADO MIRANDA.”**

**SERBIULA
INGENIERIA
PROFESIONAL**
www.bdigijournal.com.ve

Trabajo Final de Grado realizado por:

**FLOR MARÍA PÉREZ ZAMBRANO C.I. 14.700.169
LUIS ALEJANDRO GUTIÉRREZ MÁRQUEZ C.I. 15.296.266**

**Presentado ante la Ilustre
Universidad de Los Andes
Para optar al título de Ingeniero Geólogo**

Mérida - Venezuela

Enero de 2006

SERBIULA - BIACI



GB1005 P47



Dedicatoria

A Dios Todopoderoso y a su hijo Jesucristo, porque siempre han caminado junto a mí y han escuchado mis oraciones.

A mi madre Dora, por depositar toda su confianza en mí, por estar siempre a mi lado, por trabajar conmigo día a día, por darme tanto apoyo y amor.

A mis hijos: Daniel y José Miguel, porque ellos representan mi mayor estímulo, para ellos es todo este esfuerzo.

A mi esposo Ricardo, por todo su apoyo y amor, porque juntos comenzamos a lograr nuestros sueños.

A mis amigos de la Universidad: Angela, José, Luis, Marilyn, Milangela, Rosi y Katherine, porque juntos hicimos que esta etapa en nuestras vidas esté llena de recuerdos inolvidables.

A mis primas Fabiola, Carolina, Freyma, Francy y Adriana; por alegrar cada uno de mis días y por confiar en mí.

Flor



Dedicatoria

A la Santísima Trinidad por iluminarme en mis estudios siempre estuviste a mi lado Señor, a ti todo Honor y Gloria. Amen.

A La Virgen Maria por su protección y valiosa intercepción ante nuestro Señor. Gracias Madre.

A mi madre Zulay, por su incondicional amor y apoyo. Este triunfo es tuyo Madrecita...

A mis abuelos: Hernán y Josefa por ser fuente de inspiración y sabiduría

A Ana por estar siempre a mi lado durante mi carrera, con tu amor he logrado superar los momentos difíciles te amo.

A mi tía Neiban por brindarme su apoyo y colaboración. Gracias tía

A mis amigos Ricardo, Ramón, Flor, Ángela, José, Marilyn, Milangela, Iván, Álvaro, Rosi, Catherine, Damiem, Aneika. Juntos compartimos bellos momentos.

A mis Primos Carlos y José Gregorio gracias por su apoyo. Que mi ejemplo sirva de motivación en el desarrollo de sus carreras. Siempre contarán conmigo. Los quiero.

Luis



AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, por ser nuestro guía y por iluminar nuestro camino.

A la ilustre Universidad de Los Andes por darnos la oportunidad de cumplir con esta meta.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), por abrirnos sus puertas para la realización de esta investigación.

A nuestro tutor académico profesor Hervé Jegat, por su colaboración y orientación durante el desarrollo del trabajo.

A Maria Eugenia por todo el apoyo en los trámites del proyecto

A los profesores, Marisela Uzcátegui y Oscar Odreman, por su valiosa orientación.

Al Licenciado Fernando Decarli por la colaboración prestada para la elaboración del proyecto.

Al Ingeniero Geólogo Damiem Moro por su valiosa contribución.

A todas aquellas personas que de una u otra manera prestaron su colaboración.

ÍNDICE

<i>Dedicatoria</i>	<i>iii</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>v</i>
<i>Índice</i>	<i>vi</i>
<i>Lista de figuras</i>	<i>xiii</i>
<i>Lista de tablas</i>	<i>xvi</i>
RESUMEN	1
CAPITULO I Generalidades	3
1.1. Introducción.....	4
1.2. Objetivo General.....	4
1.3. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación e importancia.....	5
1.5. Antecedentes.....	5
1.6. Alcances.....	7
1.7. Limitaciones.....	7
CAPITULO II. Marco referencial.	9
2.1. Ubicación del área de estudio.....	9
2.2. Relieve.....	11
2.3. Hidrografía.....	12
2.4. Clima.....	18
2.4.1. Los vientos.....	18
2.4.2. Temperatura.....	19
2.4.3. Las precipitaciones.....	19

2.4.4. Evaporación.....	21
2.5. Vegetación.....	21
2.6. Suelos.....	22
2.7. Geomorfología.....	23
2.8. Geología.....	24
2.8.1. Geología histórica.....	24
2.8.2. Geología regional.....	28
✓ Fajas tectónicas.....	30
• Faja Tectónica de La Cordillera de la Costa.....	30
• Complejo Basal de Sebastopol.....	30
• Formación Las Brisas.....	31
• Formación Antímano.....	31
• Formación Peña de Mora.....	32
• Formación Las Mercedes.....	32
• Formación Tacagua.....	34
• Faja Tectónica de Cucagua-El Tinaco.....	34
• Complejo de El Tinaco.....	35
• Gneis de La Aguadita.....	36
• Esquisto de Tinapú.....	36
• Rocas ígneas del Complejo de El Tinaco...	37
• Formación Tucutunemo.....	38
• Miembro Los Naranjos.....	39
• Formación Chuspita.....	39
• Formación Urape.....	40
• Formación Muraguata.....	40
• Rocas de Conoropa.....	41
• Formación Las Placitas.....	41
• Formación Pilancones.....	41

•	Faja Tectónica de Paracotos.....	41
•	Formación Paracotos.....	42
•	Faja Volcánica de Villa de Cura.....	43
•	Grupo de Villa de Cura.....	43
•	Formación El Caño.....	43
•	Formación El Chino.....	44
•	Formación El Carmen.....	44
•	Formación Santa Isabel.....	44
2.8.3.	Geología Local.....	45
✓	Secuencia sedimentaria de la Cuenca del Bajo Tuy.....	45
•	Formación Aramina.....	45
•	Formación Caucagua.....	46
•	Formación Mamporal.....	47
•	Aluvión reciente.....	48
CAPÍTULO III. Bases teóricas.		52
3.1.	Aspectos hidrogeológicos.....	52
3.1.1.	Hidrogeología.....	52
3.1.2.	Métodos de estudio.....	54
3.1.3.	Distribución Global del agua.....	59
3.1.4.	Aguas subterráneas.....	60
3.1.5.	Procedencia de las aguas subterráneas.....	60
•	Aguas de precipitación.....	60
•	Lluvias artificiales.....	61
•	Las aguas de condensación.....	61
•	Otros orígenes de las aguas subterráneas.....	63
3.1.6.	Propiedades de las aguas subterráneas.....	64
•	Temperatura.....	64

www.bdigital.ula.ve

•	La Radiactividad.....	65
•	La turbidez y transparencia.....	66
•	Composición.....	66
3.1.7.	Sustancias que se encuentran disueltas en un agua natural subterránea.....	67
3.1.8.	Dinámica de las aguas subterráneas.....	69
3.1.9.	Resumen del ciclo del agua.....	70
3.1.10.	Clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico.....	72
•	Acuífero.....	72
•	Acuicludo.....	73
•	Acuitardo.....	73
•	Acuifugo.....	73
3.1.11.	Tipos de acuíferos.....	74
✓	Según los materiales litológicos que lo constituyen.....	74
•	Detríticos.....	74
•	Fisurados y/o karstificados.....	75
✓	De acuerdo a la presión hidrostática.....	76
•	Los acuíferos libres.....	76
•	Los acuíferos confinados o artesianos.....	77
•	Los acuíferos semiconfinados.....	78
•	Los acuíferos semilibres.....	78
3.1.12.	Parámetros hidrogeológicos.....	80
✓	Porosidad.....	80
•	La porosidad total.....	80
•	La porosidad eficaz.....	81
✓	Permeabilidad.....	83
✓	Transmisividad.....	85
✓	Coeficiente de almacenamiento.....	86

✓	Gradiente hidráulico.....	87
✓	Balance hídrico.....	88
✓	Precipitación.....	88
✓	Infiltración.....	89
	3.1.13. Reservas de agua subterránea.....	89
	3.1.14. Calidad del agua.....	91
✓	Calidad física.....	92
✓	Calidad Microbiológica.....	93
✓	Calidad química.....	94
	• El hierro y el Manganeso.....	95
	• Los cloruros.....	95
	• Los fluoruros.....	95
	• El nitrato.....	96
	• El sulfato.....	96
✓	Dureza.....	96
✓	Conductividad eléctrica.....	97
	3.1.15. Problemas en el uso de las aguas subterráneas.....	97
	3.1.16. Contaminación salina.....	98

¡CAPÍTULO IV. Metodología aplicada. 101

	4.1. Etapas de la investigación.....	101
	4.1.1. Recopilación de la información bibliográfica, cartográfica e hidrogeológica.....	101
	4.1.2. Fase de campo.....	103
	4.1.3. Procesamiento de la información recopilada.....	107
✓	Estudio fotogeológico.....	108
✓	Elaboración del mapa geológico.....	108
✓	Modelo hidrogeológico conceptual.....	109

✓ Procesamiento de la información litológica.....	114
✓ Generación del modelo hidrogeológico conceptual.....	116
✓ Creación de la base de datos.....	116
✓ Modelado de las capas.....	117
✓ Cálculo de reservas permanentes permeables.....	119
✓ Elaboración del mapa de espesor saturado.....	123
✓ Elaboración de mapas piezométricos, profundidad del agua y de líneas reflujos.....	125
✓ Elaboración del mapa de caudal.....	127
✓ Parámetros hidrogeológicos.....	127
✓ Cálculo de la recarga natural del acuífero.....	128
• Mapa de isoyetas.....	128
• Recarga natural del acuífero.....	129
✓ Clasificación geoquímica de las aguas.....	130
✓ Elaboración de mapas con información química.....	131

CAPÍTULO V. Presentación y análisis de resultados. 133

5.1. Mapa de ubicación de pozos con litología.....	133
5.2. Fase de campo.....	134
5.3. Análisis de los ortofotomapas.....	135
5.4. Mapa de ubicación de secciones estratigráficas.....	139
5.5. Análisis de las secciones estratigráficas.....	140
5.5.1. Sección estratigráfica A-A'.....	140
5.5.2 Sección estratigráfica B-B'.....	141
5.5.3. Sección estratigráfica C-C'.....	142
5.5.4. Sección estratigráfica D-D'.....	144
5.5.5. Sección estratigráfica E-E'.....	145
5.5.6. Sección estratigráfica F-F'.....	146
5.5.7. Sección estratigráfica G-G'.....	147

5.6. Modelo hidrogeológico conceptual.....	148
5.7. Reservas permanentes del acuífero.....	149
5.8. Mapa de espesor saturado.....	151
5.9. Mapa de líneas de flujo.....	152
5.10. Mapa de profundidad del agua.....	154
5.11. Mapa de caudales.....	155
5.12. Parámetros hidrogeológicos.....	156
5.13. Recarga natural del acuífero.....	158
✓ Mapa de isoyetas.....	158
✓ Recarga natural del acuífero.....	159
5.14. Análisis químico del agua.....	162
5.14.1. Mapa de conductividad eléctrica.....	163
5.14.2. Mapa de total de sólidos disueltos.....	164
5.14.3. Mapa de pH.....	166
5.14.4. Calidad de las aguas para riego.....	167
5.14.5. Tipos de agua.....	172
CAPÍTULO VI. Conclusiones y recomendaciones.	179
Conclusiones.....	179
Recomendaciones.....	182
Referencias bibliográficas.....	183
Anexos	186
Anexo I. Base de datos.....	187
Anexo II. Mapas y secciones.....	223
Anexo III. Fotografías.....	251

LISTA DE FIGURAS

Figura II-1 Mapa de ubicación.....	10
Figura II-2. Red hidrográfica de Barlovento.....	17
Figura II-3. Primera fase de la formación del golfo fe Barlovento.....	26
Figura II-4. Segunda fase de la formación del golfo fe Barlovento.....	26
Figura II-5. Tercera fase de la formación del golfo fe Barlovento.....	26
Figura II-6. Cuarta fase de la formación del golfo fe Barlovento.....	27
Figura II-7. Quinta fase de la formación del golfo fe Barlovento.....	27
Figura II-8. Sexta fase de la formación del golfo fe Barlovento.....	27
Figura II-9. Cuadro de correlación de la Cordillera de La Costa.....	29
Figura II-10. Columna estratigráfica de la región de Barlovento.....	49
Figura II-11. Mapa de las Fajas Tectónicas aflorantes en el área de estudio	50
Figura III-1. Distribución global del agua.....	59
Figura III-2. Ciclo del agua.....	72
Figura III-3. Acuífero detrítico.....	75
Figura III-4. Acuífero figurado y/o karstico.....	76
Figura IV-1. Formación Caucagua.....	104
Figura IV-2. Formación Mamporal.....	105
Figura IV-3. Formación Urape.....	106
Figura IV-4. Formación Urape. Medición de la foliación.....	107
Figura IV-5. Mapa del área de estudio con la ubicación de pozos.....	109
Figura IV-6. Cargado de datos con Ezysur en Auto Cad 2006.....	111
Figura IV-7. Cargado de la base de datos para el modelo de terreno.....	112
Figura IV-8. Modelo tridimensional del terreno.....	113
Figura IV-9. a) Vista de un mapa sin blanquear.....	114
Figura IV-9 b) Vista de un mapa blanqueado.....	114
Figura IV-10. Ubicación de secciones estratigráficas.....	115

Figura IV-11. Superficie 3D de la capa 1.....	117
Figura IV-12. Mapa de contorno de la capa 1.....	118
Figura IV-13. Modelo hidrogeológico con la superficie del nivel freático sobrepuesta.....	119
Figura IV-14. Generación del grid de las capas corregidas en Surfer 8.0.....	120
Figura IV-15. Cálculo del volumen en Surfer 8.0.....	121
Figura IV-16. Reporte del volumen generado por Surfer 8.0.....	122
Figura IV-17. Creación del mapa de espesor saturado en Surfer 8.0.....	123
Figura IV-18. Creación del mapa de líneas de flujo en Surfer 8.0.....	124
Figura V-1. Mapa de ubicación de pozos.....	133
Figura V-2. Mapa geológico del área de estudio.....	135
Figura V-3. Ortofotomapa 6946-I-NE representativo del área de estudio.....	138
Figura V-4. Mapa de ubicación de secciones estratigráficas.....	139
Figura V-5. Sección estratigráfica A-A'.....	141
Figura V-6. Sección estratigráfica B-B'.....	142
Figura V-7. Sección estratigráfica C-C'.....	143
Figura V-8. Sección estratigráfica D-D'.....	144
Figura V-9. Sección estratigráfica E-E'.....	146
Figura V-10. Sección estratigráfica F-F'.....	147
Figura V-11. Sección estratigráfica G-G'.....	148
Figura V-12. Modelo hidrogeológico conceptual en 3D con Surfer 8.0.....	149
Figura V-13. Mapa de espesor saturado.....	151
Figura V-14. Mapa de líneas de flujo.....	152
Figura V-15. Mapa de profundidad del agua.....	154
Figura V-16. Mapa de caudales.....	155
Figura V-17. Mapa de ubicación de pozos con pruebas de bombeo.....	156

Figura V-18. Mapa de isoyetas del área de estudio.....	158
Figura V-19. Mapa donde se muestra la zona de recarga lateral.....	162
Figura V-20. Mapa de conductividad eléctrica.....	163
Figura V-21. Mapa de total de sólidos disueltos.....	164
Figura V-22. Mapa de pH.....	166
Figura V-23. Mapa donde se muestra la zonificación de la información de la información química.....	168
Figura V-24. Diagrama de Wilcox para la zona 1.....	169
Figura V-25. Diagrama de Wilcox para la zona 2.....	170
Figura V-26. Diagrama de Piper para la zona 1.....	173
Figura V-27. Diagrama de Piper para la zona.....	174
Figura V-28. Mapa de distribución de los tipos de agua.....	176

www.bdigital.ula.ve



CAPÍTULO I

Generalidades

- **Introducción.**
- **Objetivo General.**
- **Objetivos específicos.**
- **Justificación e importancia.**
- **Antecedentes.**
- **Alcances.**
- **Limitaciones.**

www.bdigital.ula.ve



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El estudio del agua subterránea es importante para la realización de obras de ingeniería, para la ejecución de investigaciones geológicas y muy especialmente para el desarrollo de obras de captación de dicha agua con fines de abastecimiento para satisfacer las necesidades del hombre.

El estudio hidrogeológico en la región de Barlovento es un trabajo que pretende establecer las propiedades hidrogeológicas de la zona en estudio, así como su extensión y espesor del acuífero. Dicha zona presenta la menor cantidad de población del Estado Miranda que se dedican, principalmente, a la actividad agropecuaria y al turismo; así como también se sabe de la existencia de varios acuíferos que son estudiados con la finalidad de abastecer de agua potable a gran parte de la región mirandina y la región norte-central del país.

La captación de agua superficial en el Sistema Higuerote que es responsable de abastecer a varias poblaciones de la región de Barlovento, ha presentado diversos problemas en el pasado como lo fue la destrucción de la represa El Guapo en Diciembre de 1999, lo que produjo una merma del 30% de la capacidad de almacenamiento de agua en la región. Es por ello que se hace tan necesaria la estimación de la disponibilidad de agua subterránea como fuente alterna de abastecimiento de agua para consumo humano y para sistemas de riego en la región.



En el siguiente trabajo se utilizarán datos de trabajos anteriores realizados por varios ingenieros del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, como lo son: Mario Julio G (1981); Jorge Alvarado, Pedro Fuentes y Mario Julio (1982); así como también un inventario de pozos existente en el MARN.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar la disponibilidad de las aguas subterráneas en la zona de Barlovento, Estado Miranda.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las características hidrogeológicas del acuífero.
- ✓ Determinar mediante el análisis de fotos aéreas la geomorfología de la zona.
- ✓ Elaborar mapas temáticos del área en estudio.
- ✓ Realizar cálculos de Transmisividad, Permeabilidad y Coeficiente de Almacenamiento.
- ✓ Analizar la influencia de la salinidad marina en el acuífero.
- ✓ Determinar la calidad del agua subterránea en la zona en estudio.
- ✓ Calcular la cantidad disponible de aguas subterráneas.



1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Con el siguiente Trabajo Final de Grado se pretende realizar un estudio detallado de las aguas subterráneas existentes en la zona de Barlovento con la finalidad de dar un aporte a la población de la región norte-central del país, en cuanto al aprovechamiento del recurso. Las aguas subterráneas representan una fuente de agua suplementaria, es por ello que su búsqueda, evaluación de explotación y conservación, resultan ser de gran importancia para el desarrollo económico de la región

1.4. ANTECEDENTES

- ✓ En 1981 el Ingeniero del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Mario Julio G., realiza un informe técnico llamado “Prospección Geoléctrica de aguas subterráneas en la región de Barlovento” con el propósito de determinar las zonas con mejores perspectivas de explotación del recurso hídrico subterráneo.
- ✓ En 1982 Jorge Alvarado, Pedro Fuentes y Mario Julio realizan un estudio llamado: “Diagnóstico hidrogeológico de la región de Barlovento”, con la finalidad de evaluar las posibilidades de acumulación de aguas subterráneas y establecer la calidad de las mismas.
- ✓ El Geólogo Jorge Alvarado realiza un análisis de algunos trabajos anteriores de acuíferos costeros en Venezuela, que incluye el acuífero de la región de Barlovento; dicho trabajo recibe el nombre de: “Salinización de



acuíferos costeros de Venezuela por intrusión de agua de mar”, y fue elaborado con el fin de proponer algunas medidas de control que permitan una protección adecuada contra el avance de la salinización.

- ✓ El Geólogo Jorge Alvarado presenta al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales un informe denominado “Calidad de las aguas subterráneas y su relación con las aguas de mar en la región de Barlovento” con el propósito de alertar un posible incremento en la penetración de las aguas marinas hacia los acuíferos.
- ✓ En el 2000, R.G.R. INGENIERÍA C.A. realiza la evaluación hidrogeológica a solicitud de la organización no gubernamental “Acción Contra el Hambre” en el sector La Troja- San Juan San José de Río Chico-Barlovento Estado Miranda, con el propósito de conocer las aptitudes acuíferas del subsuelo.
- ✓ En el 2002 TAHAL C.A realiza un estudio para HIDROVEN denominado “ plan de emergencia y estudio de prefactibilidad para el sistema Barlovento para los sistemas de abastecimiento de aguas de Barlovento,, ESTUDIOS de los recursos de agua subterránea y desarrollo de pozos de contingencia” con la finalidad de evaluar las fuentes potenciales para el abastecimiento de agua subterránea,



1.5. ALCANCES

Con este estudio se busca generar un modelo hidrogeológico integrado por todos los parámetros del acuífero, del área de estudio; aplicando nuevos paquetes computacionales.

1.6. LIMITACIONES.

Los trabajos existentes no están actualizados por tanto, se hace necesario realizar una evaluación de las condiciones actuales del acuífero, con la finalidad de generar un modelo que se ajuste lo más que se pueda a la realidad. Por otro lado, la información litológica de pozos es muy escasa, asociado con las dimensiones que presenta la superficie del terreno dificulta la obtención de una interpretación estratigráfica adecuada debido a la gran distancia que existe entre pozos con información litológica.

Los datos de pruebas de bombeos proporcionados por HIDROCAPITAL son insuficientes para la elaboración de un mapa de transmisividad y de permeabilidad representativo de toda la zona en estudio. El cálculo del coeficiente de almacenamiento del acuífero no se pudo realizar por la inexistencia de pozos de observación cercanos a los pozos donde se realizaron las pruebas de bombeo.



CAPÍTULO II

Marco referencial.

- **Ubicación del área de estudio.**
- **Fisiografía.**
- **Aspectos geológicos.**

www.bdigital.ula.ve



CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La Zona Especial de Barlovento se ubica en la franja centro Norte costera del país. El área en estudio está entre los paralelos 9°57' y 10°39' de latitud norte y los meridianos 65°24' y 66°47' de longitud oeste; correspondiente a las hojas cartográficas 6947 y 6946 a escala 1:100.000 del Estado Miranda. (Vila, Marco Aurelio. op.cit, 1967). (Figura II-1).

Tiene una superficie aproximada de 2.128 Km². Limita al Norte con el Distrito Capital, el estado Vargas y el Mar Caribe; al Oeste con el Mar Caribe y el estado Anzoátegui; al Sur con el estado Guárico, y al Oeste con los municipios Zamora, Paz Castillo, Independencia y Lander del estado Miranda. (Vila. op.cit, 1967)

Según las coordenadas planas de Universal Transversal Mercator (U.T.M), el área está delimitada por las coordenadas Norte: 1163000 y 1125000, y Este: 773000 y 829000.

CAPITULO II
Marco Referencial



CIDIAT

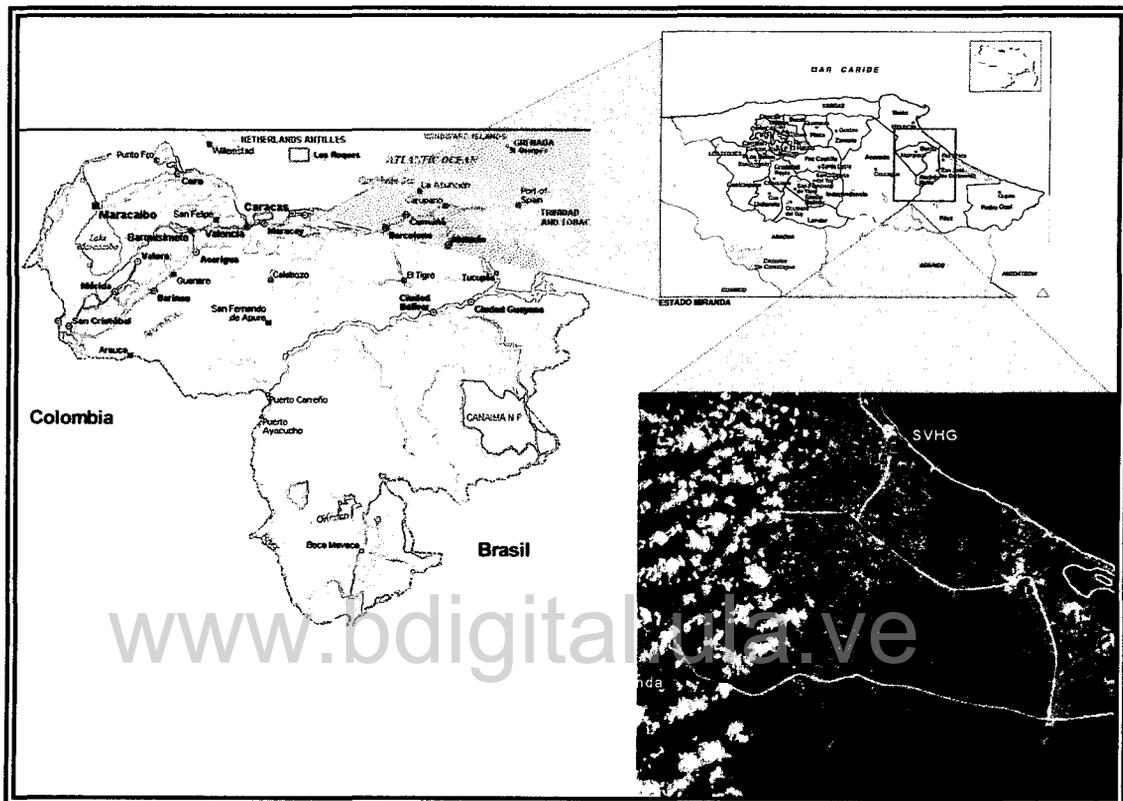


Figura II-1. Mapa de ubicación. (Modificado de <http://www.a-venezuela.com/mapas/index.shtml> y Google Earth)



2.2. RELIEVE

En el área se encuentran dos tipos de relieves: uno el característico de zonas montañosas, en los contornos del área, donde predominan los relieves ondulados y quebrados y el otro, constituido por el valle aluvial, de pendientes suaves o zonas planas, con formaciones de ciénegas y pantanos en áreas adyacentes a la costa. (Vila. Op.cit, 1967)

Se refiere a las tierras mas bajas del Estado Miranda (llanura costera) que se sitúan entre el nivel del mar y los 100 m de altura. La longitud de su litoral entre Carenero y Machurucuto alcanza los 55 Kms. Se trata de un litoral arenoso; de arenas limpias desde Machurucuto hasta Boca de Paparo, la desembocadura del Tuy; y de unas arenas un tanto cargadas de tierra y materiales orgánicos desde Boca de Paparo hasta Carenero. La corriente marítima que recorre el litoral arrastra el material en suspensión del Tuy hacia el norte y a lo largo de la costa. (Vila. op.cit, 1967)

Las tierras bajas que hoy se conocen como Barlovento, sustituyeron a un antiguo golfo que existía desde los inicios de la Era Cuaternaria que recibe el nombre de Golfo de Barlovento. La actual curva de nivel de los 100 m debía constituir su litoral; aceptando que en los inicios del Cuaternario esta altura tenía que ser menor y que posteriormente al igual que toda la costa norte-central del país, se elevó; proceso este que prosigue en la actualidad. (Vila. op.cit, 1967)

Los ríos que desembocaban en el antiguo litoral, aportaban materiales que se depositaban en su desembocadura dando lugar a la formación de deltas. Estos deltas se fueron ampliando y posteriormente se fusionaron; surgiendo así un litoral de suelos aluvionales. (Vila. op.cit, 1967)

CAPITULO II
Marco Referencial



La corriente marítima, la misma que hoy, recorría el litoral y portaban arenas que se depositaban al contacto del litoral. En esta forma, actuando conjuntamente las corrientes fluviales y la corriente marítima, el litoral seguía su proceso de avance cegado paulatinamente el Golfo de Barlovento. (Vila. op.cit, 1967).

En épocas sucesivas se formaron albuferas que mas tarde desaparecieron siendo sustituidas por las lagunas. El cambio de las aguas salobres de las albuferas por las aguas dulces de las lagunas, se produjo gracias a la abundancia de las lluvias; las cuales dieron lugar, como sigue sucediendo en la actualidad, a que lagunas evacuaran su exceso de aguas a través de ríos o caños que desembocan a otros ríos. (Vila. op.cit, 1967).

La región de las antiguas albuferas quedó un tanto depresionada y aún en nuestros tiempos, en la época de fuertes lluvias se cubren de aguas; en esta época las lagunas aumentan considerablemente de extensión. (Vila. op.cit, 1967).

Subsiste aún el Golfo de Barlovento pero muy reducido. La corriente marítima actúa con más fuerza en la actualidad que en otros tiempos. La explicación es sencilla, cuando dicha corriente tenía que penetrar golfo adentro, su fuerza estaba aminorada por la resistencia del fondo, así como la de un litoral más extenso. (Vila.op.cit, 1967)

2.3 HIDROGRAFÍA.

El área la constituye un valle aluvial formado por los ríos Tuy, Capaya, Guapo, Curiepe y Chupaquire, rodeado en su parte norte, sur y oeste por una zona

CAPITULO II
Marco Referencial



CIDIAT

montañosa correspondiente al Sistema de la Cordillera de la Costa, por su parte noreste por el Mar Caribe (Vila. op.cit, 1967) (Figura II-2).

Los drenajes principales del área lo constituyen el Río Tuy (cuenca baja); que corre en dirección oeste-este desde Santa Teresa del Tuy hasta las cercanías del Clavo y luego cambia su dirección hacia el noreste para desembocar en el Mar Caribe; el Río Capaya situado mas al norte con la misma orientación y el Río Guapo que sigue la dirección sur-norte hasta llegar al Mar Caribe. (Vila. op.cit, 1967)

El Río Tuy se forma en la Cordillera de la Costa al pie del Pico Codazzi (2.426 m.s.n.m); elevación situada en la línea divisoria entre el Distrito Federal y el Estado Aragua. Recorre el Tuy las tierras del Estado Aragua de norte a sur hasta las proximidades del Consejo, en donde tuerce su curso hacia el este; rumbo dominante que no abandonará hasta desembocar al Caribe por Barlovento. Al salir el Tuy a Barlovento, el río lleva un caudal considerable en la época de lluvias como consecuencia de haber reunido las aguas de una sucesión de cuencas que abarcan una superficie mayor que la de los Valles del Tuy. (Vila. op.cit, 1967)

El Río Tuy, al cruzar el sector mas occidental del Estado Miranda se haya en la etapa de madurez temprana, donde la corriente está en perfil de equilibrio; mientras el resto de la zona de avenamiento se haya controlada por una estructura fallística. (Vila. op.cit, 1967)

Al recorrer el Río Tuy los valles de su nombre, lo hace formando meandros característicos de una madurez avanzada. No obstante, el cauce se sigue profundizando lo cual señala un proceso de rejuvenecimiento. (Vila. op.cit, 1967).



Hasta Araguïta, el río Tuy está dominado por el relieve montano; a partir de Araguïta, el río avanza por una llanura aluvional por donde se desarrolla formando constantes meandros. Su caudal es notoriamente aumentado por diversos afluentes –entre otros, Caucagua o Río Grande por el norte, Taguazo y Cuira por el sur- que reciben en sus cuencas altas precipitaciones. (Vila. op.cit, 1967)

El Río Caucagua con el nombre de Río Grande, se forma al NE de Petare. La divisoria de aguas que separa el lugar de formación del Río Grande de la Hoya del Caurimare, afluente del Guaire, casi no se nota debido a la escasa prominencia de la misma. (Vila. op.cit, 1967)

A unos 12 Kms. antes de llegar a Caucagua, cuando el río ya ha tomado el nombre de esta localidad, la corriente fluvial entra en contacto con la curva de nivel de los 100 m.s.n.m A poco, entra de pleno en la llanada barloventeña donde avanza, haciendo meandros, hasta desembocar al río Tuy. (Vila. op.cit, 1967)

El Taguaza y el Cuira descienden de la Serranía del Interior por sendos valles cubiertos de formaciones forestales. En todo su recorrido, estos ríos son corriente de montaña; cuando alcanzan la llanura ya es para desembocar al Tuy. (Vila. op.cit, 1967)

Los tres ríos mencionados reciben múltiples afluentes con agua permanente durante todo el año, gracias a que las montañas de donde proceden reciben de pleno los vientos húmedos que cruzan las tierras bajas de Barlovento. Estas montañas hacen de condensadores por contacto, del vapor de agua atmosférico; por lo cual las lluvias son abundantes. (Vila. op.cit, 1967)

CAPITULO II
Marco Referencial



CIDIAT

Otras corrientes reciben el Río Tuy por el norte y por Barlovento, entre las que se destaca el **Río Merecure** que a su vez recibe las aguas del **Caño Urape**. Tanto el Merecure como el Urape avenan las tierras bajas y pantanosas de considerable extensión que se encuentran al norte del Tuy. Lagunas y ciénagas entregan en épocas de fuertes lluvias, importantes cantidades de agua al Tuy. Cuando el Tuy alcanza un alto nivel, las aguas del río tienden a desparramarse y se invierte la dirección de las aguas de los caños que comunican lagunas y ciénagas con el Tuy. (Vila. op.cit, 1967)

A partir de la población El Clavo, el Tuy toma la dirección SW-NE. Si continuara en esta dirección, desembocaría en Boca de Tuy. Esta denominación demuestra por ella misma que en otros tiempos históricos el Tuy aflúa al mar por esta desembocadura. En un momento dado, el Tuy cambió su rumbo dando lugar a una curva de 90° para luego retornar al antiguo rumbo SW-NE y desembocar al mar por la Boca de Paparo; desembocadura que correspondía anteriormente al **Río Capaya**; que hoy afluye al Tuy a poca distancia de la desembocadura de este al mar. (Vila. op.cit, 1967).

Es posible que el cambio del curso del Tuy se produjera por la acción no premeditada del hombre. Al poner las tierras bajo cultivo y realizar obras de protección de los mismos –terraplenes, estacadas,etc.- para evitar la intromisión de las aguas fluviales en los predios y centros habitados durante las crecidas, dieron origen a que el río abriera un nuevo cauce el que actualmente tiene. (Vila. op.cit, 1967)

CAPITULO II
Marco Referencial



Se ha de aceptar que en otros tiempos anteriores a las épocas históricas, el Tuy dio sus aguas a la **Albufera Tacarigua** junto con otros ríos. Al reducirse la extensión de la albufera por la aportación de los materiales de sedimentación, el Tuy quedó separado de la albufera desembocando directamente al mar por Boca del Tuy. (Vila.op.cit, 1967)

El Río Capaya se forma en la Fila Maestra de la Cordillera de la Costa a una altitud aproximada a los 1.000 m.s.n.m., con el nombre de quebrada Marasnuta. En todo su meándrico recorrido, las tierras cercanas están cubiertas de haciendas y conucos cuya actividad económica hizo que surgiera el centro económico de Tacarigua de Mamporal. Por la llanura avanza el río de oeste a este con ligera declinación al sur, hasta que desemboca al Tuy. (Vila. op.cit, 1967).

Los otros ríos barloventeños independientes del Tuy, son los que se relacionan a continuación.

Río Curiepe: se forma por la unión de las Quebradas Cambural y Casupal. En sus vegas se haya diversas explotaciones agrícolas. Desemboca en Higuero. (Vila. op.cit, 1967)

Río Guapo: se inicia en la fila de la Serranía del Interior a unos 1.000 m.s.n.m. de altitud. Cruza las selvas montañosas de las laderas y recibe entre otros afluentes, el río Aragua. Las tierras que recorre presentan medias anuales de precipitación que rodean los 3.000 m.m. De aquí que este río de corto curso, sea de importante caudal. Al llegar a la localidad de El Guapo, el río entra de pleno en la llanura por donde se desenvuelve en meandros Poco antes de desembocar al mar por un

CAPITULO II
Marco Referencial



CIDIAT

ancho cauce de características estuáricas, recibe la afluencia del **Río Chico** que a su vez recibe las aguas del **San José**. (Vila. op.cit, 1967)

Río Chupaquire: Se trata de otro río de montaña baja que desemboca al mar en Machurucuto, después de haber cruzado una franja de litoral donde abunda el cocotero. (Vila. op.cit, 1967).

Río Uchire: se forma a algo más de los 500 m. de altitud en la Serranía del Interior. A lo largo de todo su recorrido hace de límite entre los estados Miranda y Anzoátegui. (Vila. op.cit, 1967).

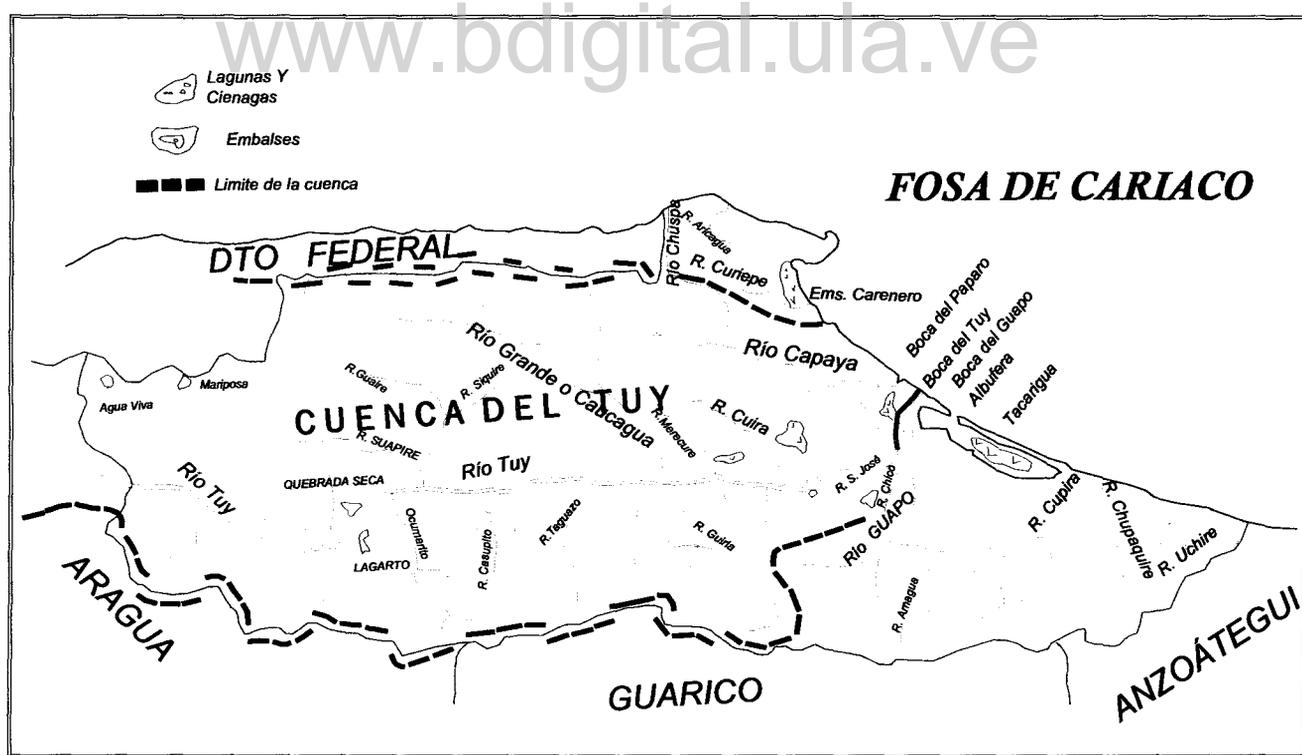


Figura II-2. Red Hidrográfica de Barlovento. (Tomada de Vila Marco Aurelio, 1967)



2.4. CLIMA

En la amplia llanada abierta al mar, denominada Barlovento, la acción de los vientos alisios del NE que cruzan el Mar Caribe, un mar de alta evaporación, influye poderosamente en las precipitaciones. Se presentan cálidos ambientes de playa y lluvias esporádicas a lo largo del año. (Vila, 1967)

2.4.1. LOS VIENTOS

Los alisios del NE actúan libremente sobre el litoral marítimo penetrando en el sector norteño de Barlovento por encima de la Cordillera de La Costa, la cual en este sector, solo alcanza y aún parcialmente alturas algo superiores a los 500 m.s.n.m. No obstante, estas alturas obligan a dichos vientos a elevarse, penetrando sobre Barlovento donde entran en contacto con los mismos alisios que penetran en la llanada barloventeña por su fachada oriental sin obstáculo alguno que los detenga. Cuando estos vientos alcanzan el sur de Barlovento se topan con el serio obstáculo de la Serranía del Interior con alturas superiores hasta los 1000 m.s.n.m. en diversos tramos de la fila maestra; y un extenso desarrollo de sus laderas. Esta masa orográfica ofrece una amplia superficie de condensación al mismo tiempo que obliga a los vientos que traen rumbo NE-SW, a variarlo para tomar el rumbo E-W; o sea, el mismo de la Serranía. (Vila. op.cit, 1967)



Sobre Panaquire y Tapipa se realiza el contacto de estos vientos con dirección E-W con los que han penetrado en tierra firme pasando sobre las estribaciones más orientales de la Cordillera de la Costa. Estas masas de agua reunidas convergen en donde el ángulo orográfico barloventeño alcanza su vértice, con lo cual y por la mayor aproximación entre si de las superficies montañas que promueven o intensifican la condensación, esta alcanza la mayor magnitud con precipitaciones medias que superan, en algún lugar, a los 3.000 mm. (Vila.op.cit, 1967)

2.4.2. LA TEMPERATURA

En la llanura barloventeña la media térmica se halla redondeando los 27° en los lugares de menor nubosidad; descendiendo a los 26 ° en los sectores de más intensa nubosidad. (Vila, 1967)

2.4.3. LAS PRECIPITACIONES

Barlovento es una de las comarcas que recibe uno de los mayores volúmenes de lluvias del país. Las montañas que bordean por el sur y el noroeste, forman un ángulo orográfico cuyas laderas constituyen superficies de condensación. La forma angular contribuye a orientar la marcha de los vientos; con lo cual, las masas eólicas al acercarse al vértice del ángulo orográfico, ven aumentar su

CAPITULO II
Marco Referencial



CIBINT

humedad relativa, hasta alcanzar a todo lo largo del año un alto porcentaje que en muchas ocasiones es del ciento por ciento. (Vila. op.cit, 1967).

De aquí que en Panaquire se registren medias anuales de 3.146 mm. y en Caucagua de 2.403 mm. En la franja de contacto de Barlovento con la Serranía del Interior se registran precipitaciones que oscilan entre los 2.000 y los 3.000 mm. (Vila. op.cit, 1967).

En Barlovento no existe ningún lugar donde deje de llover en algún mes. Existe una época de relativa baja pluviosidad que comprende los meses de marzo, abril y mayo. Dos meses puntas se hacen evidentes, aunque estos oscilan según el sector., puede tratarse de junio y noviembre en Curiepe; julio y noviembre en el Guapo; agosto y noviembre en Puerto Sotillo; agosto y noviembre en San José de Río Chico, julio y diciembre en Caucagua; Tapiapa, julio y noviembre; Araguaita agosto y diciembre; Carenero julio y octubre. Los meses puntas con un mayor volumen son los últimos meses del año; o sea que Barlovento, al igual que gran parte de la franja costanera norte del país, no tiene el mismo régimen de lluvias del resto del territorio nacional donde los meses indicados son de sequía. (Vila.op.cit, 1967).



2.4.4. EVAPORACIÓN

Los pocos datos que se tienen de la evaporación permiten decir que en Barlovento la evaporación es notoriamente inferior a la precipitación acuosa. (Vila. Op.cit, 1967).

En general, puede afirmarse que en los meses de más sequía se producen las medias mensuales más altas de evaporación; de aquí que la vegetación se agote rápidamente. En Barlovento, como se mencionó, la época de sequía no es muy notoria y los vientos de procedencia marina permiten que la humedad relativa se mantenga alta y por consiguiente, la evaporación sea baja. (Vila.op.cit, 1967).

www.bdigital.ula.ve

2.5. VEGETACIÓN.

Subsiste en las extensas tierras llanas de Barlovento parte de la vegetación dásica; especialmente en las zonas empantanadas no sometidas a actividades agrícolas. La actividad agrícola predominante en la zona es el cultivo de cacao y árboles frutales, lo que ha dado lugar al establecimiento de fábricas procesadoras de cacao. (Ayala Useche, Leopoldo.op.cit, 1982)

En la albufera Tacarigua y en las riveras de los caños y ríos costaneros, abundan los manglares; dando a este espejo de agua y a dichas corrientes un marco de verde oscuro. Existen tres tipos de mangle que se mezclan: el *mangle rojo*, que es el más abundante, el *mangle blanco* y el *mangle negro*. Este último es propio



de los suelos más secos; es decir de aquellos un tanto apartados del agua. (Ayala Useche.op.cit, 1982)

Entre las especies arbóreas está *la caoba, el saqui-saqui, el apamate, el mijao, el curarire, el pardillo*. (Ayala Useche.op.cit, 1982)

En el litoral arenoso crece *la batatilla playera*. Se trata de una planta rastrera cuyos tallos se extienden desde 20 metros sobre el suelo. Tierra adentro se haya la planta llamada "vidrio" que alcanza los 60 cm de altura. (Ayala Useche.op.cit, 1982).

www.bdigital.ula.ve

2.6. SUELOS

La zona constituida por la cuenca del bajo Tuy presenta suelos de gran calidad proyectando, de esta manera, grandes perspectivas para el desarrollo agrícola. En las riveras del Tuy y de sus afluentes, los suelos son de riveras primarias y terrazas. Suelen estar intensamente cultivados y sería recomendable estudiar la rotación de cultivos. (Ayala Useche.op.cit, 1982).

La región presenta suelos aluvionales recientes. Amplias zonas empantanadas. Su cultivo no es realizable, si previamente no se ejecutan obras de drenaje. Los suelos están cargados de valores orgánicos. No existe erosión. (Ayala Useche.op.cit, 1982)



2.7. GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio presenta relieve típico de montaña orientado en la misma dirección del patrón de fallas de la Victoria-Tácata y Charallave, resultando una morfología quebrada, accidentada con pendientes que pueden llegar al 70% en la vertiente sur de la Serranía del Litoral y un relieve de crestas menos agudas en la vertiente norte de la Serranía del Interior y alrededores de la Cuenca Media del Tuy. (Ayala Useche.op.cit, 1982).

El drenaje de sus cabeceras es permanente y se orienta preferentemente en dirección norte-sur, perpendicular a la Cordillera de La Costa. (Ayala Useche.op.cit, 1982)

Presenta un patrón dendrítico a sub-dendrítico pocas veces controlado por la foliación o clivaje, fallas o fracturas de las rocas, a excepción del sector comprendido entre las poblaciones del Consejo y Tácata, cuyos efectos geotectónicos de la Falla Normal Dextral de la Victoria, se han hecho sentir primero, cambiando la dirección norte-sur del curso del río Tuy y dirección oeste-este y en segundo lugar contribuyendo a la formación de un tipo de drenaje angular en este sector. (Ayala Useche.op.cit, 1982)

Los suelos son por lo general poco profundos, como consecuencia de la continúa erosión a que está sometida la Cordillera de la Costa. (Ayala Useche.op.cit, 1982).

En las vertientes presentan colores que van desde los rosados-rojizos hasta los amarillentos, como consecuencia de enriquecimiento de óxido de hierro. (Ayala Useche.op.cit, 1982)



El área de estudio está influenciado por varios sistemas de fallas entre ellos el de la Victoria. En la mayoría de los caso sirven de contacto entre las diferentes formaciones geológicas. (Ayala Useche.op.cit, 1982)

2.8. GEOLOGÍA

2.8.1. GEOLOGÍA HISTÓRICA

Durante el Cretáceo, el mar cubría todo el espacio que hoy ocupa el Estado Miranda. Desde el Cretáceo superior al Paleoceno, se produjeron cambios en el sector norte-central de Venezuela; sector que comprende las actuales tierras mirandinas. En esta época, el sector se convirtió en una zona de alta inestabilidad, ocurriendo grandes y recurrentes movimientos diastróficos que estaban acompañados con fenómenos ígneos. La zona se convirtió en un geosinclinal. Las actuales formaciones orográficas que constituyen la Cordillera del Caribe, Cordillera de la Costa y Serranía del Interior eran, en aquellos tiempos, unas masas hundidas en el geosinclinal. Estas masas estuvieron sometidas durante su hundimiento a compresiones y plegamientos, mientras seguían recibiendo materiales sedimentarios. (Vila.op.cit, 1967)

Las compresiones fueron lo suficientemente intensas como para provocar metamorfismo tanto de las rocas ígneas como de las sedimentarias. Al emerger mas tarde las montañas, se mostraron claramente de acuerdo con los materiales que constituían este metamorfismo. De aquí que aparezcan esquistos, cuarcitas mármoles y "greenschists". (Vila.op.cit, 1967)

CAPITULO II
Marco Referencial



Hasta fines del Cretáceo, persistió el geosinclinal; la actividad volcánica e ígnea en el mismo duró hasta bien entrado el Paleoceno.

Es posible que a fines del Cretáceo ya existiera la Cordillera de la Costa. (Vila.op.cit, 1967)

Del Eoceno Inferior a Medio; no se produjo sedimentación en la zona mirandina. La Cordillera de la Costa ya existía y hacia el Sur se extendían unas tierras más o menos llanas. (Vila.op.cit, 1967)

De nuevo, al inicio del Eoceno Superior, a lo menos parcialmente, la Cordillera de la Costa se hallaba de nuevo bajo el mar. Los movimientos que ocurrieron en el Eoceno Superior-Oligoceno debieron dar lugar a un nuevo levantamiento de la Cordillera de la Costa. Se debió tratar de un levantamiento corto. (Vila.op.cit, 1967)

Del Terciario Superior al Cuaternario las tierras mirandinas fueron tomando la fisonomía que hoy le conocemos. Los farallones de la costa norte son el resultado de un levantamiento del litoral; levantamiento que no terminó en el Plioceno y que en magnitud mucho menor, continúan en la actualidad. (Vila.op.cit, 1967)

Los procesos de erosión y los subsiguientes de sedimentación, formaron los suelos aluvionales que colmaron el Valle de Caracas, los Valles del Tuy, los pequeños valles costaneros del norte y lo que es más interesante, el relleno del Golfo de Barlovento. El cegamiento de este golfo ha permitido que el Estado Miranda cuente con una extensa región de suelos feraces. (Figuras II-3, II-4, II-5, II-6, II-7, II-8). (Vila.op.cit, 1967).

CAPITULO II
Marco Referencial



CIDIAT

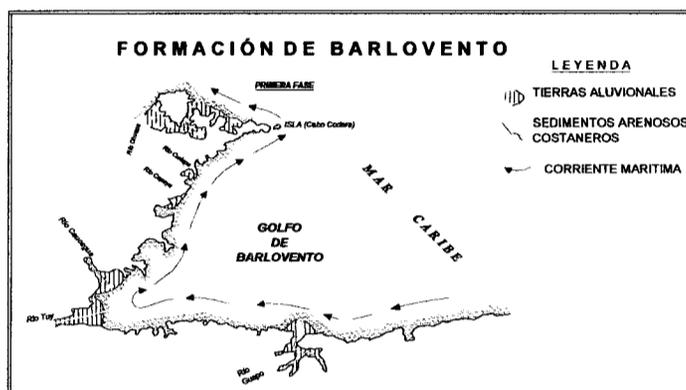


Figura II-3. Primera Fase de la formación del Golfo de Barlovento. (Tomada de Vila, Marco Aurelio, 1967)

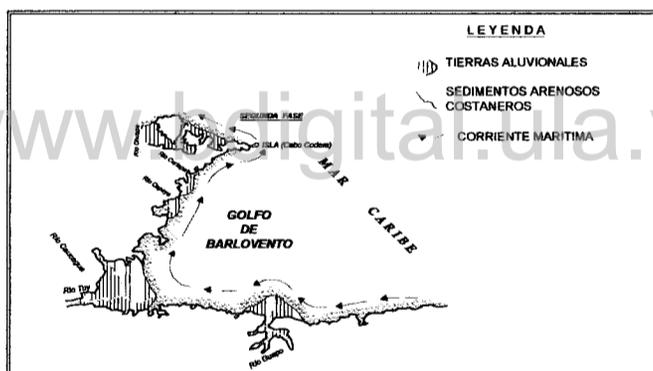


Figura II-4. Segunda fase de la formación del Golfo de Barlovento. (Tomada de Vila, Marco Aurelio, 1967)

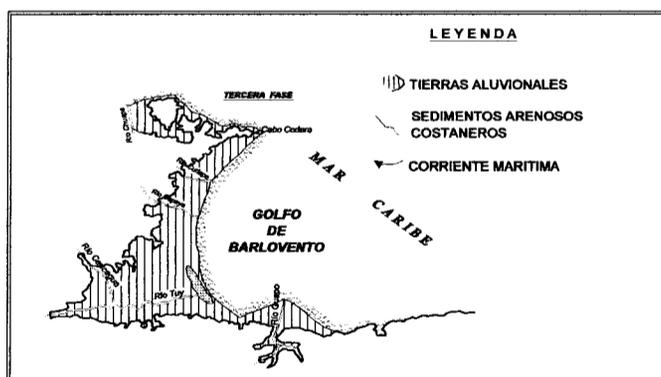


Figura II-5. Tercera fase de la formación del Golfo de Barlovento. (Tomada de Vila, Marco Aurelio, 1967)

CAPITULO II
Marco Referencial



CIDIAT

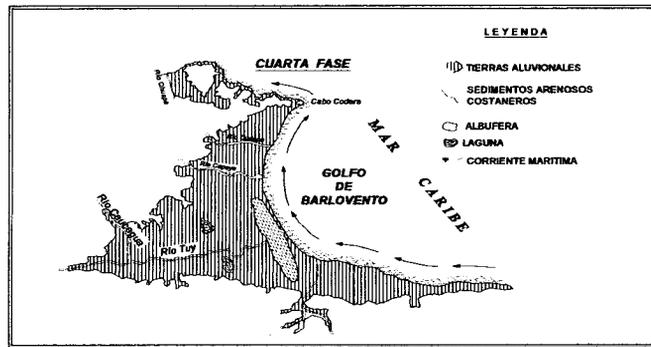


Figura II-6. Cuarta fase de la formación del Golfo de Barlovento. (Tomada de Vila, Marco Aurelio, 1967)

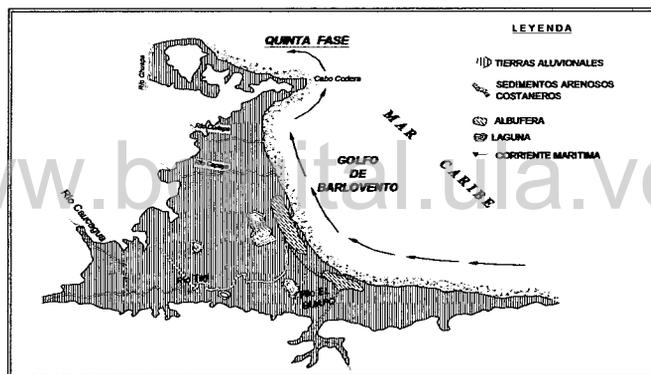


Figura II-7. Quinta fase de la formación del Golfo de Barlovento. (Tomada de Vila, Marco Aurelio, 1967)

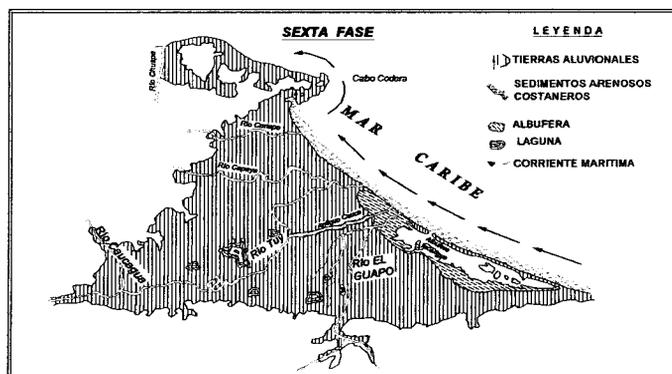


Figura II-8. Sexta fase de la formación del Golfo de Barlovento. (Tomada de Vila, Marco Aurelio, 1967)



2.8.2. GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se encuentra en la Cuenca del Bajo Tuy, desarrollada en la parte occidental de la extensa Cuenca del Tuy-Cariaco. (Vila.op.cit, 1967)

La Cuenca del Bajo Tuy, desde el punto de vista geológico, tiene un interés particular, por estar en contacto directo con el mar abierto, constituyendo así una cuenca marginal sujeta a la influencia de diferentes transgresiones y regresiones marinas, con facies fluviales en algunos sitios y marinas de aguas someras a profundas en otros. Además, en esta región las fajas tectónicas de la parte central de las Montañas Occidentales del Caribe se acuñan y desaparecen hacia el Mar Caribe o por debajo de la Cuenca del Bajo Tuy. (Vila.op.cit, 1967)

Aunque en la actualidad la cuenca de los Valles del Tuy y la cuenca de Barlovento se presentan separadas, en otras épocas geológicas estuvieron conectadas. Por el levantamiento ocurrido durante el Plioceno, ambas cuencas se hallan hoy separadas por una cuña de rocas metamórficas. En Barlovento, los sedimentos terciarios buzan de 10° a 15° hacia el sureste; lo cual es un resultado del levantamiento ya mencionado. Pequeñas fallas que existen en el sector han de tener relación con el levantamiento que se ha señalado. (Vila.op.cit, 1967)

La erosión y el transporte de los materiales por parte del Tuy y otros ríos durante el Cuaternario, formó la llanura barloventeña cuyos suelos no están aún, por amplios sectores, compactados. (Vila.op.cit, 1967)

CAPITULO II
Marco Referencial



La Serranía del Interior presenta una faja de pliegues escalonados y fracturas de tensión perpendiculares a los ejes de los mismos. En general puede decirse que esta serranía constituye un anticlinal con rumbo aproximado de N80°E y presenta un extenso plegamiento asimétrico. (Vila.op.cit, 1967)

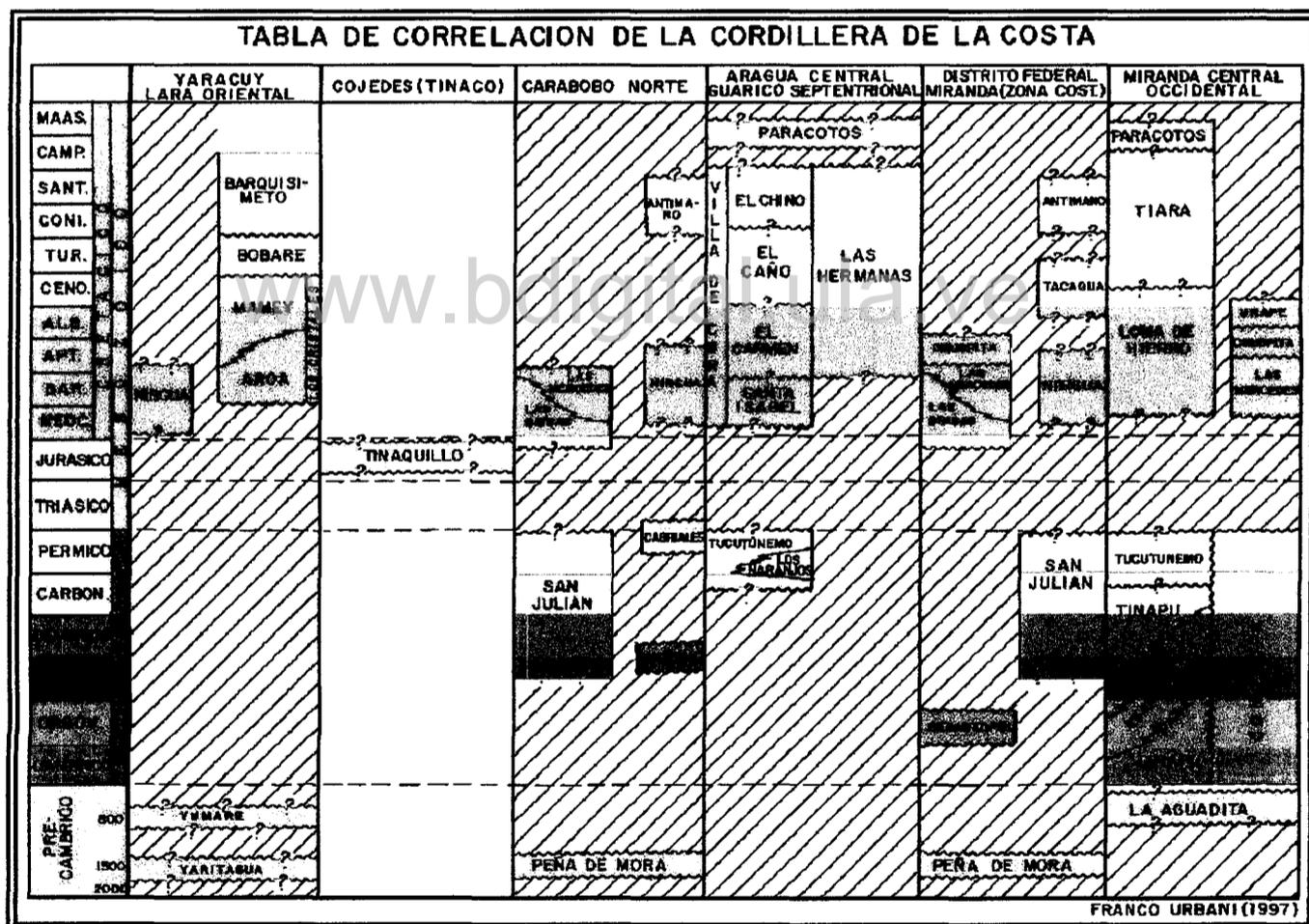


Figura II-9. Cuadro de correlación de la Cordillera de la Costa. (Tomado de Código Estratigráfico Venezolano, 1997).



✓ **FAJAS TECTÓNICAS.**

En la parte oeste y sur del área en estudio, estructuralmente se aprecia el límite oriental de las cuatro fajas tectónicas diferenciadas por Menéndez en la Cordillera de la Costa Central: 1) Faja Tectónica de la Cordillera de la Costa, 2) Faja Tectónica Caucagua- El Tinaco, 3) Faja Tectónica de Paracotos y 4) Faja Volcánica de Villa de Cura. (Figura II-11). (Alvarado, 1981)

• **FAJA TECTÓNICA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA:** La Faja Tectónica de la Cordillera de la Costa ocupa la parte septentrional del Macizo Central de la Cordillera, limitada al norte por el Caribe mientras que al sur coincide en gran extensión con la zona de fallas de La Victoria, que la separa de la Faja de Caucagua-El Tinaco. (González de Juana, op.cit, 1980).

Menéndez incluye dentro de esta faja las unidades siguientes: Complejo Basal de Sebastopol, formaciones Peña de Mora, Las Brisas, Antímano y Las Mercedes. (González de Juana, op.cit, 1980).

• **Complejo Basal De Sebastopol:** Dengo (1951), Smith (1952), Morgan (1969) y Whermann (1972) citados por González de Juana, coinciden en que el Complejo de Sebastopol es una unidad ígneo-metamórfica que constituye el basamento de la Cordillera de La Costa. La litología predominante consiste en gneis granítico de posible origen ígneo. (González de Juana, 1980).



• **Formación Las Brisas:** Esta formación ha sido definida como una secuencia de sedimentos metamorfozados que afloran en la región de Caracas. La localidad tipo se encuentra en el sitio llamado Las Brisas, unos 4 km al sur del Valle, en la carretera al dique de La Mariposa. Los afloramientos de esta unidad fueron extendidos (Urbani, 1972 y Aguaje, 1972 citados por González de Juana) hacia el este, entre Guatire y Cabo Codera. En esta región la litología distintiva consiste en esquistos cuarzo feldespático-micáceo, esquistos y gneises grafitosos con lentes, bloques y bandas de mármoles oscuros. Generalmente se encuentran capas de gneis microclino-calcáreo. (González de Juana, 1980).

En la actualidad existe la tendencia de considerar La Formación Peña de Mora como parte de la Formación Las Brisas (Urbani 1976, com.per) y de restringir el uso de Peña de Mora a la sección de "augengneis" considerada como facies dentro de la misma unidad. Sin embargo por lo arraigado del término en la literatura, estas unidades se describen separadamente hasta tanto no se acepte el cambio. (González de Juana, 1980).

• **Formación Antímamo:** Dengo (1951, p.63) citado por González de Juana, designó con este nombre una serie de mármoles intercalados con esquistos micáceos y "rocas verdes" expuestos al norte de Antímamo, Distrito Federal, que el mismo autor había incluido en la "Fase Zenda" de la Formación Las Brisas". Bellizzia y Rodríguez (1968) citados por González de Juana consideraron esta formación correspondiente al intervalo que separa las formaciones Las Brisas y Las Mercedes. Los mármoles consisten en un 90% de calcita con pequeñas cantidades de cuarzo, moscovita, pirita y grafito. Los



mármoles se presentan frecuentemente asociados con anfibolitas granatíferas , anfibolitas epidóticas y anfibolitas eclogíticas. (González de Juana, 1980).

- **Formación Peña de Mora:** (MZpm) de edad pre-Cretáceo, que aflora en la parte nor-oeste de la zona en estudio. Wehrmann (1972) citado por González de Juana amplió la acepción original definiéndola “como un complejo ígneo-metamórfico equivalente lateral, por lo menos en parte, de la Formación Las Brisas que prácticamente forma el núcleo de la cordillera de La Costa”. Esta formación se encuentra en contacto de falla hacia el sur con la Formación Las Brisas y hacia el norte con las formaciones Las Brisas y Las Mercedes y con las Capas de la Sabana del Mioceno-Plioceno. En general la unidad está constituida por gneises de grano fino a medio, augengneises gruesos y bandeados, algunas cuarcitas bandeadas, esquistos cuarzo-muscovíticos y ocasionalmente anfibolitas; en algunos lugares se observa desarrollo de mármoles delgados. (González de Juana, 1980).

- **Formación Las Mercedes:** .MESOZOICO (Jurásico - Cretácico): La localidad tipo de La Formación Las Mercedes se encuentra en la antigua hacienda las Mercedes al este de Caracas hoy Urb. Las Mercedes. Debido al crecimiento del urbanismo con la consecuente desaparición de los afloramientos de la localidad tipo, Wehrmann (1972) citado en el Código Estratigráfico de Venezuela, propone trasladar la sección de referencia a la carretera Petare-Santa Lucía, donde se expone la sección completa de la formación hasta su transición con la Formación Chuspita. Igualmente hay una sección bien expuesta en la autopista Caracas - Valencia, en el tramo Hoyo de la Puerta - Charallave. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

CAPITULO II
Marco Referencial



Aguerrevere y Zuloaga (*op. cit.*), la definen como esquistos principalmente calcáreos, de un tinte rosado, gris, con zonas blancas cuando frescas. Según Wehrmann (1972) y la revisión de González de Juana *et al.* (1980, p. 317) la litología predominante consiste en esquistos cuarzo - muscovítico - calcítico - grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado "Caliza de Los Colorados". Las rocas presentan buena foliación y grano de fino a medio, el color característico es el gris pardusco. (González de Juana, *op.cit.*, 1980).

Wehrmann (*op. cit.*), menciona metaconglomerados en su base, esquistos cloríticos y una sección en el tope, de filitas negras, poco metamorfizadas, con nódulos de mármol negro, de grano muy fino, similares a los de las formaciones La Luna y Querecual, sin hallar fósiles en ellos. Este mismo autor, indica que el tope de la formación se hace más cuarzoso y menos calcáreo en su transición hacia la Formación Chuspita. Seiders (*op. cit.*), menciona además, meta-areniscas puras, feldespáticas y cuarzosas, de estratificación de grano variable, a veces gradada. (González de Juana, *op.cit.*, 1980).

Característico de la formación, es la presencia de pirita, que al meteorizar, infunde una coloración rosada a rojo ladrillo a la roca. (González de Juana, *op.cit.*, 1980).

Muy poco se ha escrito sobre el ambiente en el cual se depositó la Formación Las Mercedes. Oxburgh (*op. cit.*), sugiere dos fuentes principales de sedimento: una meridional, suplidora de cuarzo puro, y una occidental (Complejo de El Tinaco), para el material cuarzo-feldespático más joven. Presenta un esquema transgresivo hacia el sur, sobre una plataforma somera, en la cual se depositaron lutitas



negras, con una facies oriental más arenosa. Talukdar y Loureiro (1982), sugieren un ambiente euxínico en una cuenca externa a un arco volcánico. La estructura finamente laminada de las calizas, indica la sedimentación en un ambiente pelágico, mientras que los escasos restos de fósiles hallados, indican lo contrario. (González de Juana, op.cit, 1980).

- **Formación Tacagua:** Con este nombre se ha definido (Dengo, 1951, p. 66) una secuencia de esquistos sericítico-epidóticos de color verde claro y grano grueso, cuyo material original fue posiblemente una secuencia de tobas volcánicas. Junto con estos esquistos se observan intercalaciones de esquistos cuarzo-grafitoso-calcáreos, que en algunos lugares han sido incluidos dentro de la Formación Las Mercedes. (González de Juana, op.cit, 1980).

Las rocas que componen esta unidad tienen su localidad tipo en el Valle de Tacagua, en las quebradas Topo y Tacagua. Según Dengo (1953, p.17) la mineralogía y relaciones de campo de la secuencia de rocas que integran esta unidad indican que se formaron a partir de tobas volcánicas o sedimentos compuestos principalmente por cenizas volcánicas. (González de Juana, op.cit, 1980).

- **FAJA TECTÓNICA DE CAUCAGUA-EL TINACO:** Se extiende desde la población de El Tinaco al oeste hasta la región de Barlovento al este, entre las fallas de Cupo y Santa Rosa. Las unidades descritas en la literatura como pertenecientes a ellas son el Complejo de El Tinaco y las Formaciones Las Placitas, Pilancones, Tucutunemo, Los Naranjos, Conoropa, Urape, Muraguata y Chuspita. La secuencia volcánico-sedimentaria expuesta dentro de esta faja



requiere estudios adicionales enfocados a determinar el origen, edad y relaciones de estas rocas, que no estén basados simplemente en relaciones estratigráficas aparentes y composición mineralógica similar. (González de Juana, op.cit, 1980).

Los estudios geoquímicos de las metavolcánicas presentes dentro de las diversas unidades deben orientarse a obtener los rangos de consanguinidad entre ellas y el tipo de serie o asociación a la cual pertenecen, dentro de la evolución de la Cordillera del Caribe. (González de Juana.op.cit, 1980)

- **Complejo de El Tinaco (Precámbrico Superior a Paleozoico Inferior):** Dentro de la Faja de Caucaagua-El Tinaco se encuentran un conjunto de gneises horbléndicos y rocas asociadas que "forman el basamento cristalino" y han sido denominadas Complejo de El Tinaco (Menéndez, 1965 p.424). La unidad se reconoce desde Caucaagua, estado Miranda hasta el Tinaco estado Cojedes y presenta buenos afloramientos entre las poblaciones de Tinaquillo, San Carlos y El Pao, estado Cojedes. (González de Juana, op.cit, 1980).

En el Complejo de El Tinaco Menéndez (1965, p.427) reconoció dos unidades metasedimentarias, que denominó Gneis de La Aguadita y Esquisto de Tinapú. Considera a la primera de probable origen volcánico sedimentaria intrusionada por cuatro plutones tronjemíticos con desarrollo de zonas migmatíticas. Se desconoce la base del Complejo de El Tinaco. Hacia el norte está cubierto por la Formación Las Placitas y hacia el sur está recubierto por la secuencia sobrecorrida volcánico sedimentaria de las formaciones Cojedes, Pilancones Y Querecual. (González de Juana, op.cit, 1980).



- ✓ **Gneis de La Aguadita: PRE-MESOZOICO (?)** Según Menéndez (1965, p.427) el Gneis de La Aguadita corresponde a la parte más antigua del Complejo de El Tinaco y consiste en una intercalación de gneises hornbléndicos, gneises biotíticos, anfibolitas y rocas cuarzo-plagioclásicas. El autor toma el nombre de la quebrada La Aguadita, Estado Cojejdes donde se encuentran buenos afloramientos de la unidad. (González de Juana, op.cit, 1980).

De acuerdo al Código Estratigráfico Venezolano. II (1997) La unidad es una alternancia de capas máficas y félsicas de 5 a 30 centímetros de espesor promedio, que alcanza raras veces hasta 1 metro; esta alternancia, de colores contrastantes, produce el aspecto bandeado del gneis. Las capas félsicas (rocas cuarzo-plagioclásicas) suelen ser más delgadas que las máficas, (gneis hornabléndico-cuarzo-oligoclásico y anfibolitas).

Se desconoce su base; en su tope la unidad es concordante y transicional con el Esquisto de Tinapú suprayacente. Localmente el Gneis de La Aguadita infrayace a las formaciones Cojedes, Querecual, Las Placitas, Pilancones y a las "rocas de Conoropa". (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

- ✓ **Esquisto de Tinapú: PRE-MESOZOICO (?)**: De acuerdo a Menéndez (1965, p.439) el nombre de Esquisto de Tinapú designa la secuencia de esquistos cuarzo-albítico-muscovíticos, esquistos cuarzo-albitico-cloríticos y metaconglomerados esquistosos suprayacentes al Gneis de



La Aguadita y restringidos a la parte norte del Complejo de El Tinaco. La unidad está bien expuesta en el río Tinapú, en el camino entre las Cañadas y La Guamita estado Cojedes. El esquistos cuarzo-albítico-muscovítico es el tipo más abundante de roca en la unidad; constituye el 70% de la misma y se intercala con esquistos albítico-cuarzo-cloríticos. Los esquistos muscovíticos son de color gris verdoso y forman capas de hasta 4 metros de espesor. Un bandeamiento definido por variaciones en el tamaño del grano es probable herencia de la roca sedimentaria original. Comúnmente los esquistos muscovíticos se hacen conglomeráticos y pasan gradualmente a conglomerados esquistosos. Los esquistos cloríticos constituyen alrededor del 30% de la unidad, son de color verde oscuro y forman capas delgadas de 10 a 50 centímetros de espesor. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

✓ **Rocas ígneas del Complejo de El Tinaco.**

Trondhjemitas. La parte sur del Complejo de El Tinaco, denominada por Menéndez (1965, p.497) zona de inyección, se encuentra intrusionada por cuatro plutones de trondhjemita bordeados por una ancha zona en la que los paragneises están invadidos por "sills" y diques de trondhjemita. Los plutones fueron denominados, de oeste a este, plutones La Gloria, Tinatepo, Carrizal y Las Carpas, de acuerdo al lugar donde afloran. Un suelo arenoso residual de color claro caracteriza las áreas donde se encuentran los plutones. (González de Juana, 1980).



Hornblenditas y dioritas hornblendicas: Al norte de la falla de Tinapú se encuentran cuerpos de hornblendita dentro del Gneis de la Aguadita y el Esquisto de Tinapú, se encuentran aflorando en forma de taponos o en cuerpos concordantes con la foliación de la roca caja. (González de Juana, 1980).

- **Formación Tucutunemo PALEOZOICO TARDIO:** Shagam (1960), utilizó este nombre para designar una secuencia de rocas metasedimentarias constituida por filita carbonácea con intercalaciones arenosas y limosas, que aparecen en contacto de falla con la Formación Paracotos, y cuyo contacto con otras formaciones cretácicas del área se desconoce, sugiriendo además, que ella representa la unidad más joven del Grupo Caracas. Es posible encontrar la Formación Tucutunemo en la región de Los Teques-Cúa Estado Miranda. La localidad tipo de esta unidad se encuentra ubicada en el río Tucutunemo y colinas adyacentes al este de Villa de Cura, estado Aragua. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

De acuerdo a la descripción original dada por Shagam (*op. cit.*), esta unidad consiste principalmente en filitas carbonáceas arenosas que varían a meta areniscas y limolitas cuarzo feldespáticas, encontrándose también cantidades menores de areniscas de grano grueso (asperones) y conglomerados cuarzo-calcáreos. Una zona discontinua pero prominente de caliza cristalina negra, de grano fino, asociada a un conglomerado calcáreo, se ubica cerca de la parte superior de la secuencia y cerca de la base de la misma, aparecen algunas capas delgadas de toba básica afanítica de color verde. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).



• **Miembro Los Naranjos:** este nombre fue introducido en la literatura por MacLachlan et. al. (1960, p.677) para designar una secuencia de rocas metavolcánicas que afloran en la parte inferior de la Formación Tucutunemo, en la región de Aragua. Los afloramientos de rocas de esta unidad se extienden por los estados Miranda central, Aragua central y Cojedes norcentral. El Miembro Los Naranjos consiste en metalavas macizas de color verde claro o verde azulado más oscuro en las rocas más afaníticas. (González de Juana, 1980).

• **Formación Chuspita CRETACICO TEMPRANO:** Seiders (1965) introduce este nombre para designar una secuencia de meta-areniscas conglomeráticas y meta-grauvacas, con filitas y mármoles oscuros, que afloran en la parte central del Estado Miranda, considerándola como la unidad superior del Grupo Caracas. Asuaje (1972) cartografía la unidad hacia el este y encuentra una localidad con amonites, que son estudiados posteriormente por Macsotay (1972). La formación aflora en el Río Chuspita, Estado Miranda. Consiste de meta-areniscas puras, las cuales constituyen el 45% de la unidad, con filitas oscuras (50%) y mármoles (5%). Las meta-areniscas son de color gris claro a gris oscuro, localmente grafitosas y micáceas, pero cuyo constituyente principal es el cuarzo, con cantidad mucho menor de feldespato. Presentan estratificación gradada, principalmente en las capas de menos de 1 m de espesor, mientras que en las capas más gruesas, se hacen conglomeráticas con fragmentos líticos como guijarros y peñas de hasta 25 cm de diámetro, constituidos por filitas, mármoles y meta-arenisca calcárea. Las filitas de color gris oscuro son calcáreas y grafitosas. Los mármoles (calcíticos) se presentan en dos tipos: uno de tipo litográfico formando capas delgadas de color gris oscuro a negro, con vetas de calcita,



mientras que el otro tipo es argiláceo. La foliación de los mármoles oscurece la estratificación original. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

- **Formación Urape. (Cretácico):** El término Formación Urape fue introducido por Seiders (1965), para designar un conjunto de filitas, metaareniscas y metaconglomerados, (mármoles y ftanita) expuestos al noreste de Caucagua, estado Miranda; así mismo la ubica dentro de sus "Formaciones post-grupo Caracas". Asuaje (1972, resumen) mencionó la unidad, y Urbani (1972, 1982) comentó su contenido de fósiles. La localidad tipo de la formación es la quebrada Urape, a unos 9 km al noreste de Caucagua, en el distrito Zamora del estado Miranda. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

La Formación Urape se compone de lutita y lutita filítica (60%), areniscas (25%), conglomerados (5%), calizas (5%), metavolcánicas ferromagnesianas (5%), y proporciones menores de ftanita y argilita (Seiders, *op. cit.*). Las filitas son de color gris oscuro a negro, no calcáreas, localmente limolíticas y arenosas. Sus componentes minerales son sericita y clorita, en una matriz cuarzo-feldespática de grano muy fino. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

- **Formación Muraguata:** Aparece por encima de la Formación Urape en la quebrada Muraguata al noreste de Caucagua y aflora además en el río Merecure y la quebrada Aragüita al noreste de Santa Lucía, ambas localidades en el Estado Miranda. La principal litología de esta unidad se compone de filitas oscuras calcáreas y no calcáreas; así como también filitas verdes, mármoles grafitosos muy foliados, metaareniscas feldespáticas y rocas metavolcánicas. (González de Juana, 1980).



• **Rocas de Conoropa:** Seiders (1965) designó con este nombre informal a la secuencia de rocas metavolcánicas de bajo grado y metasedimentos argiláceos y calcáreos, intercalados con metaconglomerados y metareniscas que afloran en una angosta faja entre las poblaciones de Caucagua y Santa Teresa, Estado Miranda. Las volcánicas se consideran equivalentes al miembro Los Naranjos y a la Formación Las Placitas. (González de Juana, 1980).

• **Formación Las Placitas:** Se encuentra en una amplia zona al norte del río Tinapú en la parte central del área El Tinaco-El Pao, parte norte-central del Estado Cojedes. La litología predominante consiste en filitas y mármoles negros, carbonáceos, metaftanita estratificada, metatobas anctinolíticas y cantidades menores de metalavas básicas, metaconglomerados y metareniscas. (González de Juana, 1980).

• **Formación Pilancones:** Aparece en el norte de El Pao, Estado Cojedes, que consiste en una unidad de lavas basálticas almohadilladas, diabasas augíticas de grano fino y brechas de flujo aparentemente concordante con la Formación Cojedes y discordantes con rocas más antiguas del Complejo de El Tinaco. (González de Juana, 1980).

• **FAJA TECTÓNICA DE PARACOTOS:** Está ubicada entre las fajas de Caucagua-El Tinaco y de Villa de Cura. Se extiende en forma continua desde El Tinaco al Oeste hasta la región de Miranda oriental y es una faja angosta, desplazada repetidamente por fallas transcurrentes NO-SE. Su límite norte



coincide con la falla de Santa Rosa y al sur limita con el corrimiento de Agua Fría. (González de Juana, 1980).

- **Formación Paracotos CRETACICO (Maastrichtiense)** La Formación Paracotos, en el sentido restringido que propone Shagam (1960, p. 632), aflora en una faja este-oeste entre las fallas de Santa Rosa al norte y de Agua Fría al sur en los estados Miranda, Aragua, Guárico, Carabobo y Cojedes. Los autores del texto "Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas" consideran que dentro de esta faja parece aflorar un conjunto de litologías de orígenes y edades diferentes, más bien que una unidad formacional, por lo que se sugiere una investigación detallada de campo que pueda corroborar esta idea. Según Shagam (1960, p. 672) el tipo principal de roca de esta formación es una filita de color azul grisáceo oscuro, afanítica, foliada, que meteoriza a un material arcilloso gris claro a amarillento. Se componen de cuarzo en cristales diminutos, fragmentos de volcánicas y hojuelas de mica blanca. Dentro de esta secuencia se encuentran capas delgadas de una roca limolítica de aspecto macizo y color negro con cubos visibles de pirita, compuesta de granos microscópicos de cuarzo. Se observan también capas delgadas de areniscas de color gris oscuro, macizas, compuestas de granos angulares de cuarzo, con inclusiones de circón y turmalina. (González de Juana. op.cit, 1980).

Las calizas asignadas a la Formación Paracotos son rocas microcristalinas de color verde muy claro a gris azulado, que se presentan en capas de forma lenticular, generalmente de menos de 500 m de largo. El carácter predominante es la presencia de pequeños foraminíferos esféricos, no visibles megascópicamente. Las rocas conglomeráticas son de color gris verdoso con guijarros de hasta 50 cm



de diámetro pero en su mayoría de menor tamaño. (González de Juana. op.cit, 1980).

- **FAJA VOLCÁNICA DE VILLA DE CURA:** La Faja Volcánica de Villa de Cura aflora en la parte sur y sur-oeste del área de estudio, delimitada por la falla de Agua Fría o por la Cuenca en si del Bajo Tuy y al sur por una serie de fallas de corrimiento, de las cuales la más importante es la Cantagallo (Bellizia y Rodríguez, 1976, p. 3375).

-**Grupo de Villa de Cura:** Este nombre fue introducido en la literatura por Aguerreverre y Zuloaga (1937) para designar una asociación compleja de rocas que afloran en las cercanías de Villa de Cura, Estado Aragua. Smith (1953, p. 52) y posteriormente Shagam (1960, p. 589) encontraron que la secuencia original incluía unidades cartografiables separadas de edades distintas Basándose en la abundancia relativa de tipos de rocas, Shagam (1960, p. 589) dividió el Grupo de Villa de Cura en cuatro formaciones que de mas antigua a mas jóvenes son: El Caño, El Chino, El Carmen y Santa Isabel.- (González de Juana, 1980).

- **La Formación El Caño:** La sección tipo se localiza en la quebrada El Caño, afluente del río Pao, Estado Aragua. Corresponde a la unidad más antigua del Grupo Villa de Cura y está compuesta principalmente de metatobas afaníticas finamente laminadas, filitas tobáceas, conglomerados volcánicos, metalavas y sills hipabisales y se extiende a lo largo de la Serranía del Interior en los estados Carabobo, Aragua, Miranda y Guárico.. El contacto inferior es de falla con la Formación Paracotos y el contacto superior es concordante con la Formación El Chino. (González de Juana, 1980).



- **La Formación El Chino:** La sección tipo se encuentra en la quebrada El Chino, Estado Aragua. Consiste en una secuencia de metatobas no laminadas, metalavas basálticas, filitas grafitosas, esquistos y granofels clorítico-cuarzo-albíticos y metaftanitas. (González de Juana, 1980).

- **Formación El Carmen:** Esta unidad toma su nombre de la hacienda El Carmen, entre Villa de Cura y San Juan de Los Morros y se extiende por los estados Aragua, Miranda y Carabobo. Su contacto con la Formación El Chino es transicional. Consta principalmente de una sucesión de metalavas básicas interestratificadas con metatobas afaníticas, brechas de flujo y metatobas cristalinas. Las metalavas son ricas en piroxenos y se presentan en afloramientos continuos de espesores entre los 5 y 25 m. (González de Juana, 1980).

- **Formación Santa Isabel:** Shagam (1960) considera esta unidad como la parte superior de Villa de Cura. La localidad tipo se encuentra en la hacienda Santa Isabel, unos 15 Km al noroeste de San Juan de Los Morros en el Estado Guárico. La litología típica en Aragua es la granulita cuarzo-albítica, termino utilizado por Shagam (1969, p. 192) para describir un granofels compuesto predominantemente de cuarzo y albita no maclada; a medida que aumenta el contenido de minerales secundarios, estas rocas pasan a esquistos cloríticos. (González de Juana. op.cit, 1980).

Piburn (1968, p.193) indica la presencia de conglomerados volcánicos no muy abundantes, de color verde oscuro con fragmentos muy angulares de hasta 20 cm de diámetro en una matriz de grano fino. El resto de la litología está compuesta



por Granofels, esquistos cuarzo-albíticos, filitas, esquistos clorítico-crosíticos, metatobas y metaftanitas. (González de Juana. op.cit, 1980).

2.8.3. GEOLOGÍA LOCAL

Durante el Mio-Plioceno en la depresión subsidente del río Tuy se sedimentó una compleja interdigitación de facies fluvio-costeras, marino costeras y marinas abiertas. Estas últimas contienen faunas planctónicas indicativas del Mioceno superior al Plioceno. (Alvarado, 1981).

✓ SECUENCIA SEDIMENTARIA DE LA CUENCA DEL BAJO TUY

La secuencia de los sedimentos que afloran en la Cuenca del Bajo Tuy, esta representada por material que varía de fino a grueso, correspondiente a las formaciones Carenero, Cumaca, Aramina y Mamporal del Terciario Superior a Cuaternario. Los sedimentos más jóvenes son del aluvión reciente. (Alvarado, 1981).

- **Formación Aramina (Mio-Plioceno):** En la cuenca inferior del río Tuy en la región de Barlovento aflora una secuencia de lutitas arcillosas intercaladas con areniscas y algunas calizas, que reflejan una gran variación de ambientes en una zona costero-litoral. La facies menos marina se conoce como **Formación Cumaca** y la facies de mar abierto como **Formación Carenero**. La Formación Aramina comienza con un conglomerado basal de 50 a 60 m de



espesor con estratificación gruesa. Sobre este paquete hay una sección interestratificada de areniscas, conglomerados y calizas impuras, a la que siguen lutitas de color gris verdoso dominante y areniscas. La formación descansa discordantemente sobre las rocas metamórficas de la Cordillera de La Costa y está recubierta discordantemente por las formaciones Caucagua y Mamporal del Pleistoceno. (González de Juana.op.cit, 1980)

En la sección de la Quebrada La Cumaca afloran lutitas de color gris verdoso, marrón chocolate o negras, en capas masivas no laminadas y ocasionalmente calcáreas. Las lutitas se interestratifican con areniscas y limolitas. En la región de Carenero la Formación Aramina es más lutítica; las lutitas son de color gris verdoso que meteorizan a color crema, fosilíferas, calcáreas en las que se intercalan capas arenosas a conglomeráticas y bancos calcáreos coquinoides. (González de Juana. op.cit, 1980).

Formación Caucagua: TERCIARIO (Plioceno) - CUATERNARIO (Pleistoceno):
La Formación Caucagua aflora a lo largo de los valles del bajo Tuy. González de Juana *et al.* (op. cit.) designan la localidad tipo en los cortes de carretera Caucagua-Tapipa al este de Caucagua, distrito Acevedo del estado Miranda (Hoja 6947, 1:100.000, Cartografía Nacional). (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

Patrick y Urbani (inéditos en González de Juana *et al.*, op. cit.), describieron a la Formación Caucagua, como una secuencia de conglomerados y arcillas de color pardo rojizo, caracterizadas por: 1) un 50% de lutitas de color canela a marrón amarillento, gris a rojo, pobremente estratificadas en capa delgadas a masivas,



limosas a arenáceas, con guijarros diseminados de cuarzo y fragmentos de rocas metamórficas, y algunas capas ligeramente carbonáceas; 2) 5% de areniscas rojo oscuro a marrón, marrón amarillento a marrón oscuro, en capas delgadas a masivas, irregulares, friables a ligeramente endurecidas, arcillosa a conglomeráticas, a veces carbonáceas; 3) 25% de conglomerado rojo oscuro a marrón amarillento, con estratificación delgada a masiva lenticular, friable a levemente endurecida, con cantos de cuarzo y rocas metamórficas, en una matriz arcillosa; gradan frecuentemente a arenas. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).

- **Formación Mamporal (Qm) CUATERNARIO (Pleistoceno):** La Formación Mamporal (Patrick, 1959, p.93) es una secuencia de sedimentos continentales poco consolidados, mal estratificados, en posición horizontal, que aflora en la región del bajo Tuy. Los afloramientos típicos se encuentran a lo largo de la carretera Tacarigua de Mamporal-Río Chico hasta el Río Tuy y en la carretera de Curiepe. (González de Juana. op.cit, 1980).

La Formación consiste en partes aproximadamente iguales de lentes de arcillas, areniscas y conglomerados ligeramente consolidados y pobremente estratificados. Los colores típicos de la formación son rojizos, amarillos y grises; las arcillas generalmente son moteadas y los sedimentos clásticos gruesos son ferruginosos. Las arcillas son finamente arenosas; las areniscas son de granos angulares y subangulares de tamaño variable, cementados con arcilla; los conglomerados contienen una mezcla heterogénea de fragmentos subangulares a subredondeados, del tamaño de guijas y peñas, de rocas ígneas y metamórficas, areniscas y cuarzo y ocasionalmente calizas, en una matriz arcillo-arenosa. (Código Estratigráfico de Venezuela, 1997).



- **Aluvión Reciente:** El relleno de sedimentos aluvionales recientes producto de la erosión, cubre toda la parte oriental de la Cuenca del Bajo Tuy, que es la zona de menor cota del área en estudio, en cambio en la parte occidental se encuentran aluviones solo en el borde de los ríos que drenan la región. La litología del aluvión es predominantemente arcillosa, con intercalaciones de gravas y arenas no consolidadas. Posiblemente esta particularidad de la litología del aluvión, sea una de las razones para que en el área de desarrollo de estos sedimentos, con frecuencia se encuentren zonas inundables y pantanosas. (Alvarado. op.cit, 1981).

En la costa occidental de la Cuenca del Bajo Tuy, donde desemboca el Río Tuy, se aprecia un incipiente desarrollo deltáico. (Alvarado. op.cit, 1981).

CAPITULO II
Marco Referencial

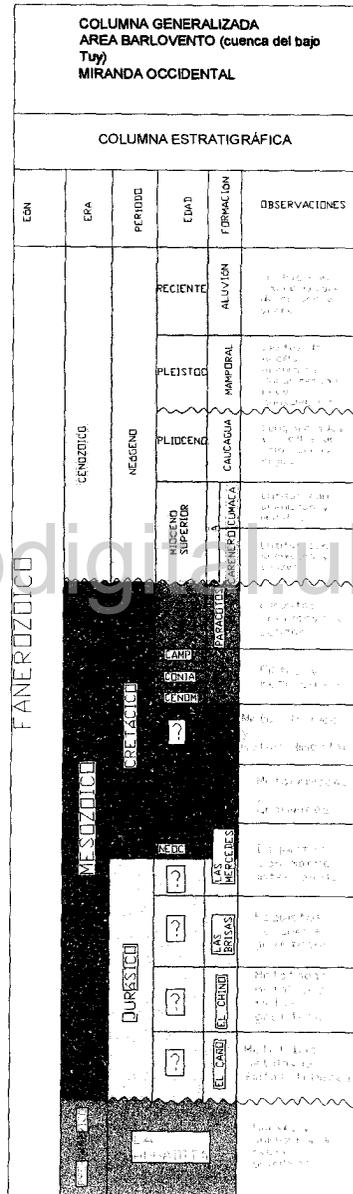


Figura II-10. Columna estratigráfica de la región de Barlovento



CAPÍTULO III

Bases teóricas.

- **Hidrogeología.**
- **Métodos de estudio.**
- **Aguas subterráneas.**
- **Propiedades del agua subterránea.**
- **Ciclo del agua.**
- **Tipos de acuíferos.**
- **Parámetros hidrogeológicos.**
- **Contaminación salina.**



CAPÍTULO III

BASES TEÓRICAS

3.1. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

3.1.1. HIDROGEOLOGÍA

www.bdigital.ula.ve

La **hidrogeología** es una rama de las ciencias geológicas que estudia las aguas subterráneas en lo relacionado con su circulación, sus condicionamientos geológicos y su captación, así su definición dice *«La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación»* (Mijailov, L. 1985. citado en <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrogeolog%C3%ADa>)

El agua subterránea es el agua que circula en la zona saturada de los acuíferos y que es posible de captar por obras de ingeniería (pozos, drenes).

La metodología hidrogeológica es la disciplina que contempla los métodos y procedimientos del estudio de las condiciones hidrogeológicas, del descubrimiento



de los yacimientos de aguas subterráneas y de la evaluación de sus recursos, reservas, régimen, calidad y particularidades del movimiento de dichas aguas; con el fin de resolver diversas tareas de la economía nacional como el suministro de agua, riego, avenamiento, protección a la naturaleza y aprovechamiento racional de sus recursos.

El conjunto de investigaciones hidrogeológicas que han de realizarse debe proporcionar una base segura para la ejecución de las estimaciones y pronósticos cuantitativos del recurso hídrico subterráneo.

Actualmente los estudios hidrogeológicos son de especial interés no solo para la provisión de agua a la población sino también para entender el ciclo vital de ciertos elementos químicos, así como también para evaluar el ciclo de las sustancias contaminantes, su movilidad, dispersión y la manera en que afectan al medio ambiente, por lo que esta especialidad se ha convertido en una ciencia básica para la evaluación de sistemas ambientales complejos. El abordaje de las cuestiones hidrogeológicas abarcan: la evaluación de las condiciones climáticas de una región, su régimen pluviométrico, la composición química del agua, las características de las rocas como permeabilidad, porosidad, fisuración, su composición química, los rasgos geológicos y geotectónicos, es así que la investigación hidrogeológica implica, entre otras, tres temáticas principales:

1. El estudio de las relaciones entre la geología y las aguas subterráneas.
2. El estudio de los procesos que rigen los movimientos de las aguas subterráneas en el interior de las rocas y de los sedimentos.



3. El estudio de la química de las aguas subterráneas (hidroquímica e hidrogeoquímica).

3.1.2. MÉTODOS DE ESTUDIO

Para evaluar y comprender el comportamiento del acuífero en el área de estudio, es importante obtener la mayor cantidad de datos sobre la forma de ocurrencia del agua subterránea (acuíferos libres, confinados o semiconfinados); profundidades del nivel del agua subterránea; espesores de los materiales y su litología, química de las aguas, parámetros hidráulicos y otros datos técnicos de relevancia. Por lo tanto es necesario realizar los siguientes estudios:

- **. Estudios geológicos:**

La geología desde el punto de vista de ciencia básica estudia la composición de la tierra y sus procesos geodinámicos internos y externos con la finalidad de comprender la historia del planeta.

Los estudios geológicos se van desarrollando en dos campos: a) el campo de la aplicación del conocimiento geológico a la explotación de los recursos minerales (minerales, agua, petróleo) y b) aplicación de ese conocimiento al equilibrio de las relaciones entre las actividades humanas, inclusive la explotación minera, y el medio ambiente.



La geología es la base científica para la explotación de los recursos naturales y para la búsqueda de soluciones a problemas ambientales.

El conocimiento geológico se obtiene partiendo del contexto regional hacia el contexto local, para una mejor visión y análisis integral de la situación. Para estudios hidrogeológicos es preciso conocer la litología de las formaciones y sus características. La geología clásica utiliza observación de campo, toma de muestras de rocas y suelos, medidas de indicadores de estructura y se debe completar con la información colectada durante perforaciones, sondeos, trabajos de geofísica y/o estudios de sensores remotos. Los cortes geológicos aportan información relevante sobre las estructuras profundas de las diferentes capas de terrenos y especialmente para el volumen de los acuíferos.

El método de muestreo de material de perforación (cutting) permite una descripción del material atravesado, estimación de salinidad midiendo la conductividad eléctrica del lodo de perforación. El análisis granulométrico de las arenas acuíferas es muy importante porque además de proporcionar datos de parámetros hidráulicos estimados, brinda información para el diseño del pozo (selección adecuada de la abertura de la rejilla o ranura y el diámetro de la grava a colocar en el espacio anular pared-tubería) con el fin de evitar el arrastre arenas, los cuales aparte de dañar las electrobombas, van obstruyendo la tubería.

Los estudios de sensores remotos (fotos aéreas, imágenes de satélites y fotos de vuelos a baja altura) demuestran ser una herramienta importante para obtener informaciones de indicadores para la búsqueda de las aguas subterráneas. Estos permiten elaborar una serie de mapas que guían a la elaboración final de un mapa



integrado. Así como los sistemas ópticos los sensores remotos (fotografías aéreas como imágenes de satélites) pueden observar la superficie de la tierra. Las fotos aéreas tienen la ventaja de una visión de conjunto sobre el área de trabajo. Las unidades morfológicas pueden ser bien identificadas con las fotografías aéreas. Las imágenes de satélites son un buen complemento de las fotos aéreas debido a que dan una información adicional sobre el tipo y el estado en determinado tiempo de la vegetación por medio de los colores. Por lo tanto, una imagen cubre un área mayor que una foto aérea y da una visión general instantánea. Las interpretaciones tienen que ser comprobadas con verificaciones de campo, para obtenerse elementos confirmativos debido al posible potencial de agua subterránea en las diferentes áreas de estudio.

En resumen, los estudios geológicos (estratigrafía, sedimentología, análisis estructural, petrología, geoquímica) permitirán definir la naturaleza y características de las formaciones presentes, los límites del acuífero o de los acuíferos y su volumen aproximativo; la calidad de las formaciones (permeables, semipermeables, calidad geoquímica) y la presencia de varias capas. Permiten establecer mapas de facies, estructurales en isohypses (igual altitud) del techo y base del acuífero, curvas isopacas (igual espesor). Esta información constituye la base de los estudios hidrogeológicos.

- **. Caracterización hidrodinámica del acuífero:**

Para completar los estudios geológicos y confirmar hipótesis de trabajo es necesario definir la dinámica del acuífero. El estudio de la hidrodinámica permite identificar y clasificar los tipos de acuíferos, precisar la dinámica del agua,



establecer modelos de flujos subterráneos, precisar las interconexiones con los medios adyacentes, y respuesta del acuífero a incitaciones exteriores. La definición de la calidad y estudio del uso de las aguas para los diversos fines (abastecimiento humano, industrial, agricultura u otros usos) brinda herramientas para la protección adecuada de los acuíferos.

Para establecer las características hidrodinámicas del acuífero es necesario establecer mapas piezométricas (nivel del agua en el acuífero). Por eso es indispensable iniciar el trabajo de campo con el censo de los pozos existentes, los cuales deben estar georeferenciados (datos x, y, z). La posición del nivel del agua dentro de cada pozo permitirá establecer mapas de isopiezas freáticas. Es necesario tener suficientes puntos de medición y verificar que en cada pozo se puede medir el nivel natural del agua en el acuífero y no su nivel dinámico. La superficie piezométrica representa el límite superior del acuífero, el cual varía en el tiempo y el espacio. Por esto es necesario tener una red de medición la mas densa posible y efectuar el monitoreo varias veces al año para tener una idea de la dinámica del acuífero y su evolución temporal bajo efectos de explotación de las aguas o cambios naturales (sequías, movimientos de terreno,...). El monitoreo de los niveles piezométricos permite conocer el sentido del flujo y la interconexión y límites de acuíferos

El conjunto de las técnicas (geología, geofísica, balance hídrico, hidroquímica e isótopos, etc.) permite definir las relaciones entre las capas, entre acuíferos ríos/lagos, tasa de recarga y descarga, tiempo de residencia, direcciones de flujo y variaciones de la recarga y el cálculo de los coeficientes de permeabilidad (K), la



transmisividad (T) y la difusividad del acuífero. El caudal (Q) del acuífero se puede definir a partir de los mapas piezométricos o de la sección total o elemental. La velocidad efectiva de escurrentía (V_e), velocidad de filtración se obtienen por cálculos a partir de la información previamente obtenida y por la cual los estudios hidrogeológicos descritos son indispensables. Los trazadores naturales o artificiales pueden ayudar a definir estos parámetros.

Los ensayos de terreno como los ensayos de acuíferos y pruebas de bombeo son pruebas que consisten en modificar el comportamiento hidrodinámico del conjunto acuífero/obra de captación en respuesta a una impulsión creada por un bombeo a caudal constante. El ensayo de acuífero permite determinar las características del conjunto acuífero/obra de captación para permitir la definición del equipo técnico que se va a instalar en el pozo. Las pruebas de bombeo permiten la medida in-situ de los parámetros hidrodinámicos del acuífero como Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento. Estos ensayos permiten el estudio de las características particulares de los acuíferos como las condiciones a los límites, estructura, heterogeneidad, goteo etc. y permiten la observación directa de los efectos de la explotación del acuífero (descenso de nivel en función de los caudales bombeados) y estimación de la reserva de agua subterránea.

Todos estos parámetros nos brindan las llaves para desenvolver un modelo conceptual.

Basándose sobre la información colectada se plantea una red de monitoreo de densidad y frecuencia de muestreo dependiendo de los fines de estudio, como así también el sistema operativo y los procesos para su mantenimiento.

3.1.3. DISTRIBUCIÓN GLOBAL DEL AGUA.

Para una descripción detallada de donde se encuentra el agua de la Tierra, se puede observar el gráfico de barras de abajo (figura III-1). Se puede ver, que del total de agua de la Tierra, 1,386 millones de kilómetros cúbicos (332.5 millones de millas cúbicas), alrededor de un 96 por ciento, es agua salada. Del agua dulce total, un 68 por ciento está confinada en los glaciares y la nieve. Un 30 por ciento del agua dulce está en el suelo. Las fuentes superficiales de agua dulce, como lagos y ríos, solamente corresponden a unos 93,100 kilómetros cúbicos (22,300 millas cúbicas), lo que representa un 1/700 del uno por ciento del total del agua. A pesar de esto, los ríos y lagos son la principal fuente de agua que la población usa a diario.

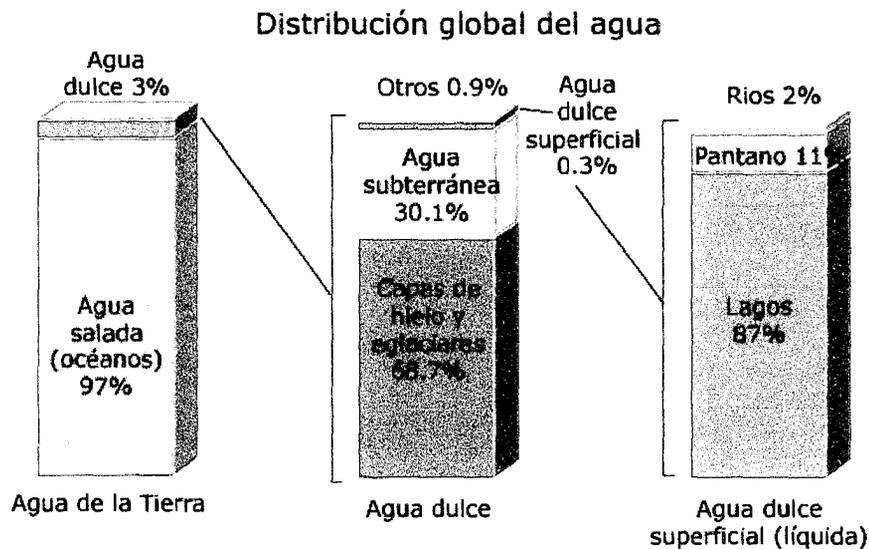




Figura.III-1. Distribución Global del agua. (Tomado de Carrero, 2005)

3.1.4. AGUAS SUBTERRÁNEAS

El agua subterránea es el agua que está presente en el subsuelo, la cual se almacena en los poros de las rocas, fisuras, fracturas o cavernas.

El agua subterránea ocupa una parte muy pequeña del ciclo completo, pero no por ello menos importante.

3.1.5. PROCEDENCIA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Elas proceden de la precipitación y la condensación, excepto otras como las aguas connatas o fósiles (sedimentarias) y las juveniles (magmáticas).

- **Aguas de precipitación:** Las aguas de precipitación debidas al ciclo del agua, se originan principalmente en la superficie de los mares que poseen 365 millones de kilómetros cúbicos de agua y el 73% de la superficie de la Tierra. Por otro lado el aporte calorífico de la radiación solar permite convertir en vapor de dos a tres litros de agua por metro cuadrado y por día, por lo que el agua evaporada sobre la Tierra en un día alcanza a 10^{12} m^3 .

Bajo la acción de la radiación solar el agua de mares y continentes se transforma parcialmente en vapor que se eleva en la atmósfera y que posee en el aire una presión parcial que está condicionada, principalmente, por la temperatura de las superficies generadoras.



El aire ascendente se descomprime progresivamente, cayendo la temperatura a causa de la distensión en 1 °C por cada 100 metros de ascenso. Resulta de ello que, por esta simple descompresión la temperatura disminuye lo suficiente para que la cantidad de agua contenida en el aire se convierta en excedente. También a veces, las variaciones de presión atmosférica en un lugar determinado provocan precipitaciones sin que varíe la altitud de la masa de aire, cuando no corrientes de aire frío que encuentran corrientes de aire cálido fuertemente cargado de vapor de agua.

- **Lluvias artificiales:** Conviene además para provocar la formación de masas líquidas o sólidas la presencia de núcleos de condensación en la atmósfera. No es raro encontrar a gran altitud nubes sobresaturadas de vapor de agua que, bajo una acción local de condensación, pueden precipitar enormes cantidades de agua o de hielo. Este es el principio de las lluvias artificiales en donde decenas de kilogramos de gas carbónico solidificado aportadas desde un avión dentro de ciertas nubes sobresaturadas son suficientes para obtener una precipitación considerable.

- **Las aguas de condensación:** Para muchos hidrólogos la condensación del vapor de agua en el interior del suelo desempeña una función poco importante en la formación de las aguas subterráneas, incluso consideran que los rocíos internos no deben intervenir en los caudales. Pero esta participación, la de las aguas de condensación internas y externas presenta características diferentes e importantes según se trate de un terreno abundantemente permeable (calizas fisuradas, por ejemplo) o de un terreno de escasa permeabilidad (arenas) o compuesto de capas porosas impregnadas de arcilla coloidal cuya naturaleza



permite la fijación de agua, incluso cuando el aire superficial no alcanza un 100% de humedad.

El aire exterior más o menos cargado de vapor de agua, pero conteniendo a menudo una gran parte de la totalidad del vapor que podría evaporar a una temperatura determinada, cuando penetra el suelo, puede encontrar en verano una temperatura inferior a la que posee en superficie. Si el enfriamiento es suficiente la temperatura alcanzada corresponde a un contenido máximo en vapor de agua por metro cúbico, menor que el del aire, dándose la condensación interna del vapor excedente.

También las nieblas en las regiones húmedas y los rocíos en las regiones secas y cálidas donde las noches son frías, desempeñan un papel en la alimentación en agua de los terrenos superficiales. Cuando los terrenos por su naturaleza permiten a bastante profundidad la circulación del aire, se provoca el aporte de agua interna, generalmente por condensación y no por adsorción. En los macizos fisurados, numerosos metros cúbicos de aire aportan en las zonas superficiales y profundas un agua de condensación que conviene tener en cuenta.

Cuando la permeabilidad de la roca es grande como en los terrenos fisurados de las calizas, se establecen a veces circulaciones de aire profundas de gran intensidad, a causa del gradiente térmico entre orificios interconectados con salidas a diferente altitud. Entre verano e invierno o entre día y noche se invierte el flujo de la corriente de aire, pues la presión motriz en uno u otro sentido está dada por la diferencia de masa para igual sección de las columnas de aire interior y exterior. En invierno el aire de las cavidades será por lo general más cálido y menos denso que el del exterior, dándose un flujo ascendente; en verano será lo contrario.



• **Otros orígenes de las aguas subterráneas:** Después de los dos principales e indiscutibles procesos de formación de las aguas subterráneas que se acaban de señalar conviene señalar algunos otros.

Entre las aguas termales están las aguas juveniles que se habrán formado en profundidad sin haber estado antes en superficie. Estas representan el residuo de la consolidación de los magmas eruptivos próximos a la superficie, cuya exhalación sería una solución hidratada caliente, conteniendo gases a alta presión que contribuirían al rápido ascenso de las aguas.

Se ha calculado que una intrusión magmática potente de 1000 metros, conteniendo en peso un 5% de agua y enfriándose lentamente, producirá durante un período de un millón de años un caudal de 23,8 litros de agua juvenil por minuto y por kilómetro cuadrado de superficie de la tierra.

Existen también las aguas llamadas fósiles que se encuentran actualmente en los pozos artesianos del Sahara, en regiones donde prácticamente no llueve, estas aguas, se habrían infiltrado y conservado desde largo tiempo dentro de los sedimentos. Puede también suponerse que su origen fuera debido a fenómenos de condensación vinculados con variaciones de temperatura y con variaciones de presión atmosférica.

Entre las aguas profundas se encuentran las aguas geotermales, cuyo origen no presenta ningún carácter hipotético. Las aguas superficiales que descienden, con la profundidad se recalientan y reascienden rápidamente a favor de accidentes tectónicos. A veces, esas aguas, atravesando a temperaturas relativamente elevada



unos terrenos que ellas son susceptibles de atacar, se cargan con diferentes sales; son las aguas termales que se diferencian de las aguas subterráneas propiamente dichas por unas temperaturas y unas propiedades químicas características.

Los primeros 50 cm del volumen de tierra almacenan más humedad que la almacenada por la atmósfera sobre la misma porción de terreno. Después de las fuertes precipitaciones es posible, de existir bosques, que la cobertura vegetal retenga el agua y le permita al suelo abastecerse. De esta manera por la absorción del terreno, el tiempo de concentración de las aguas lluvias sobre las vaguadas de los ríos, se dilata ostensiblemente.

No existe agua subterránea a más de 16 km de profundidad porque allí las rocas fluyen debido a la presión; a 6 km es escasa, pues los poros son pequeños y los intersticios no siempre están intercomunicados, razón por la cual no se establece el flujo; a 600 m de profundidad el agua ya resulta susceptible de recuperarse.

Se denomina agua freática el agua subterránea de la capa más cercana a la superficie, lo suficientemente próxima a ésta, para que sea posible hallarla con un pozo ordinario y extraerla manualmente, lo que supone una profundidad máxima de 30 metros.

3.1.6. PROPIEDADES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

- **Temperatura:** Las aguas subterráneas gozan por lo general, de una constancia de temperatura que las aguas de circulación superficial no pueden



poseer nunca, sometidas como están a evaporaciones, intercambios térmicos con el aire exterior y el terreno de superficie, radiación solar etc.

En las aguas de capas (porosidad primaria) tienen temperaturas que varían mucho con la extensión y penetración de la capa en el suelo. Si no hay influencia térmica de aguas superficiales, un agua de capa que circule muy lentamente por un estrato impermeable situado a 100 m de profundidad poseerá una temperatura superior en dos o tres grados a otra que se encuentre en un terreno compacto situado solamente a 30 m abajo de la superficie, según la ley del gradiente geotérmico.

En promedio por cada dos grados de latitud que nos alejemos del ecuador la temperatura disminuye 1 °C y por cada 150 m, en altitud, la variación de la temperatura es de 1 °C.

En las aguas de fisuras anchas (calizas y sistemas de porosidad secundaria), por la alta permeabilidad de los sistemas, las aguas perdidas o abismadas imponen rápidamente su temperatura a las paredes de las galerías subterráneas por las que circulan. Saliendo al aire libre por las resurgencias estas aguas siguen por lo general las fluctuaciones térmicas observadas en el nivel de las aguas perdidas. No ocurre lo mismo en el caso de las emergencias. El agua que circula por la superficie de las calizas penetra en pequeñas cantidades por una infinidad de fisuras cuya función térmica sobre el agua es importante.

- **La radiactividad.** Otra característica es la radiactividad de las aguas subterráneas, fenómeno no exclusivo de las aguas termales. Se agrega que



no son tampoco las aguas de origen más profundo las que poseen siempre mayor radiactividad.

- **La turbidez y transparencia.** Estas propiedades de las aguas de circulación varían en muchas ocasiones con su caudal. Las aguas de capas, contrariamente permanecen transparentes casi siempre por la filtración del sistema. Las de calizas presentan características intermedias entre las aguas de circulación y las de capas, dependiendo de la evolución del terreno calcáreo.

Si el color es, por regla general, muy débil, salvo cuando están cargadas con sales de hierro, el sabor de unas aguas depende de las sales y de los gases en suspensión o solución. Y el olor de las no termales, resulta, por lo general, inodoro cuando son potables o fétido, similar al del hidrógeno sulfurado, cuando proceden de charcas por la descomposición de material orgánico.

- **Composición.** Desde el punto de vista químico cada fuente tiene una composición que depende de la constitución de las zonas subterráneas atravesadas y que le cede o con las que ha intercambiado sustancias.

Las sales alcalinas son muy frecuentes, el cloruro de sodio se encuentra casi siempre y en cantidades generalmente aceptable para la alimentación humana. Los sulfatos alcalinos son más raros. El carbonato de calcio, con el sulfato de calcio es el elemento mineral más importante de las aguas subterráneas.

La dureza del agua por la presencia de sales alcalino terrosas, como las de calcio y magnesio, se modifica en las diferentes regiones.



El hierro existe a menudo en las aguas subterráneas pero es inestable bajo la forma de bicarbonato ferroso. El manganeso sigue de cerca al hierro, eliminándose con menor facilidad.

El plomo y los nitratos bastantes infrecuentes, indican habitualmente contaminación.

Desde el punto de vista bacteriológico las aguas de resurgencia (fisuras) siempre son sospechosas en su aspecto biológico, las aguas de exurgencias (fisuras) pueden ser buenas pero conviene vigilarlas siempre. Las aguas de pozos (capas) deben estar bajo vigilancia y las de fuentes (capas) resultan buenas por lo general.

www.bdigital.ula.ve

3.1.7. SUSTANCIAS QUE SE ENCUENTRAN DISUELTAS EN UN AGUA NATURAL SUBTERRANEA. IONES FUNDAMENTALES Y MENORES

En un agua subterránea natural, la mayoría de las sustancias disueltas se encuentran en estado iónico. Unos cuantos de estos iones se encuentran presentes casi siempre y su suma representa casi la totalidad de los iones presentes; estos son los iones fundamentales.

Estos iones fundamentales son:



TABLA III.1. IONES PRESENTES EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

Aniones	Cationes
Cloro Cl^-	Sodio Na^+
Sulfato SO_4^-	Calcio Ca^{++}
Bicarbonato CO_3H^-	Magnesio Mg^{++}

Es frecuente que los aniones nitrato (NO_3^-) y carbonato (CO_3^-) y el catión potasio (K^+) se consideren dentro del grupo de iones fundamentales aun cuando en general su proporción es pequeña. Otras veces se incluye además el ion ferroso (Fe^{++}).

Entre los gases deben considerarse como fundamentales el anhídrido carbónico (CO_2) y el oxígeno disuelto (O_2), aunque no es frecuente que se analicen en aguas subterráneas.

Entre las sustancias disueltas poco ionizadas o en estado coloidal son importantes los ácidos y aniones derivados de la sílice (SiO_2).

El resto de iones y sustancias disueltas se encuentran por lo general en cantidades notablemente más pequeñas que los anteriores y se llaman iones menores a aquellos que se encuentran habitualmente formando menos del 1% del contenido iónico total y elementos traza a aquellos que aunque presentes están por lo general en cantidades difícilmente medibles por medios químicos usuales.



Los iones menores más importantes son, además de los ya citados NO_3^- , CO_3^- , K^+ y Fe^{++} , el NO_2^- , F^- , NH_4^+ y Sr^{++} . Suelen estar en concentraciones entre 0.01 y 10 ppm. En concentraciones entre 0.0001 y 0.1 ppm, suelen estar los iones menores:

Aniones: Br^- , S^- , PO_4^{-3} , BO_3H_2^- , NO_2^- , OH^- , I^- , etc.

Cationes: Fe^{+++} , Mn^{++} , NH_4^+ , H^+ , Al^{+++} , etc.

Los iones metálicos derivados del As, Sb, Cr, Pb, Cu, Zn, Ba, V, Hg, U, etc., a veces están en cantidades medibles, pero en general son elementos traza. El resto de posibles iones están casi siempre en cantidades menores que 0.0001 ppm.

Las aguas subterráneas llamadas dulces contienen como máximo 1000 o quizá 2000 ppm de sustancias disueltas; si el contenido es mayor, por ejemplo hasta 5000 ppm se llaman aguas salobres y hasta 40000 aguas saladas. No es raro encontrar aguas que superen los 40000 ppm de sustancias disueltas llegando a veces hasta 300000 ppm. A estas aguas se les llama salmueras y están asociadas con frecuencia a depósitos salinos, aguas de yacimientos petrolíferos o bien aguas muy antiguas situadas a gran profundidad.

3.1.8. DINÁMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

El nivel freático no es una superficie plana ni horizontal, trata de seguir la forma del relieve aunque en forma mucho menos pronunciada. Debido a ello el agua freática



está muy comúnmente en movimiento, bajo el NAF, en la zona de saturación, fluye el agua. El flujo es laminar si la porosidad es primaria y las partículas de suelo resultan finas; en caso contrario puede llegar a ser turbulento. Se inicia el flujo donde el nivel freático es alto y su descarga se produce donde el NAF es bajo, generalmente por las vaguadas.

3.1.9. RESUMEN DEL CICLO DEL AGUA

En la atmósfera, con la ayuda del aire y del Sol, el vapor de agua se convierte en humedad, niebla, neblina, rocío, escarcha y nubes. Y como nieve sobre las montañas, o como lluvia o granizo en los valles, se escurre, desliza o se filtra en la tierra, donde la recogen los ríos, y de los ríos va al mar. El mar retiene la sal del agua que recogió del suelo, la tierra y las rocas que se encontraban en los lugares por donde pasa el río, la envía a la atmósfera, pura y evaporada. De la atmósfera, el agua cae como lluvia. Al encontrar grietas en las rocas y en el suelo, el agua penetra hacia adentro de la tierra, formando los ríos subterráneos que llenan los pozos, a veces sale en pequeñas cascadas o manantiales. A todo este proceso se le llama el Ciclo del agua, o ciclo Hidrológico. (Figura III-2)

El agua que tomamos ahora es la misma que se ha estado usando durante millones de años. Se ha conservado casi sin cambio tanto en cantidad como en tipo desde que se formó la Tierra. El agua se mantiene en tres estados: como líquido, gas (vapor) o sólido (hielo), se recicla constantemente, es decir, se limpia y se renueva trabajando en equipo con el sol, la tierra y el aire, para mantener el



equilibrio en la Naturaleza, La interminable circulación del agua en la tierra se llama el ciclo hidrológico.

Aunque el agua está en movimiento constante, se almacena temporalmente en los océanos, lagos, ríos, arroyos, cuencas, y en el subsuelo. Nos referimos a estas fuentes como aguas superficiales, aguas subterráneas.

El sol calienta el agua superficial de la Tierra, produciendo la evaporación que la convierte en gas. Este vapor de agua se eleva hacia la atmósfera donde se enfría, produciéndose la condensación. Así se forman pequeñas gotas, que se juntan y crecen hasta que se vuelven demasiado pesadas y regresan a la tierra como precipitación en forma de lluvia.

A medida que cae la lluvia, parte de ella se evapora directamente hacia la atmósfera o es interceptada por los seres vivos. La que sobra se mete a la tierra a través de un proceso que se llama infiltración, formando las napas subterráneas. Si la precipitación continúa cayendo a la tierra hasta que ésta se satura, el agua excedente entonces pasa a formar parte de las aguas superficiales.

Tanto las aguas superficiales como las aguas subterráneas finalmente van a dar al océano o lagos, donde comienza el ciclo nuevamente.

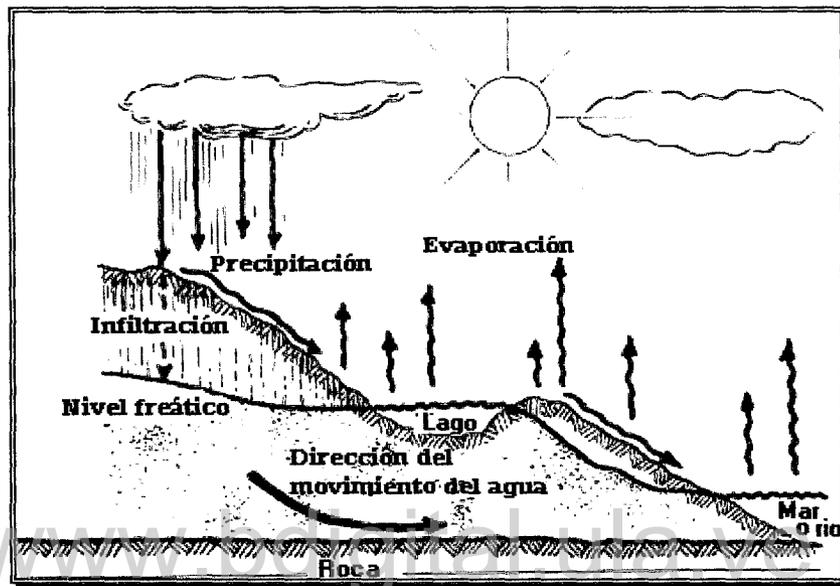


Figura III-2. Ciclo del agua. (Tomado de <http://water.usgs.gov/gotita/earthgwaquifer.html>)

3.1.10. CLASIFICACIÓN DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS SEGÚN SU COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.

- **ACUIFERO:** (del latín fero, llevar). Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad.

Ejemplos: Arenas, gravas. También granito u otra roca completa con una fracturación importante.



- **ACUÍCLUDO:** (del latín cludo, encerrar). Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que no permite que el agua circule a través de ella.

Ejemplos: Limos, arcillas. Un m³ de arcillas contiene mas agua que el mismo volumen de arenas, pero el agua está atrapada, no puede salir por gravedad, y por tanto no podrá circular en el subsuelo ni en condiciones naturales ni hacia un pozo que esté bombeando.

- **ACUITARDO:** (del latín tardo, retardar impedir). Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable pero que el agua circula a través de ella con dificultad.

Evidentemente se trata de un concepto intermedio entre los dos anteriores.

- **ACUÍFUGO:** (del latín fugo, rechazar, auyentar). Formación geológica que no contiene agua porque no permite que circule a través de ella.

Ejemplo: granito o esquisto inalterados y no fracturados.

De esas cuatro denominaciones, es la menos utilizada.



3.1.11. TIPOS DE ACUÍFEROS.

Las clasificaciones de los acuíferos pueden variar según el factor que se tome en cuenta para hacerlas. De este modo se pueden clasificar los acuíferos según los materiales litológicos que los constituyan, o según el factor de la presión hidrostática del agua encerrada en los mismos, lo cual se traduce en unas circunstancias prácticas muy útiles al hablar de captaciones de esa agua.

✓ SEGÚN LOS MATERIALES LITOLÓGICOS QUE LO CONSTITUYEN.

• **Detríticos:** Los Acuíferos Detríticos son aquellos en los que el agua circula a través de los poros (huecos) que existen entre los granos de un volumen de arena y grava.

Este tipo de acuíferos son característicos en zonas cercanas a montañas compuestas por granitos y rocas similares. Un ejemplo característico es el Acuífero de Madrid. Este se formó por la erosión del actual Sistema Central.

En el Dibujo esta marcado en amarillo y azul. El color amarillo es la parte de la arena que no contiene agua. El color azul representa la arena que contiene agua. Se puede observar la depresión que el pozo produce al extraer el agua.

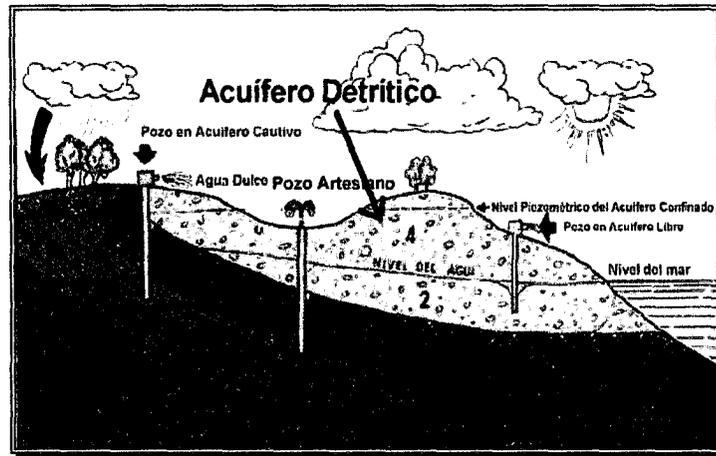


Figura III-3. Acuífero detrítico (Tomada de <http://www.fortunecity.com/campus/chemistry/195/hidro/detriti.htm>)

- **Fisurados y/o Karstificados.** Los Acuíferos fisurados y/o kárstificados son aquellos en los que el agua circula a través de las fisuras y las grietas que hay entre las rocas.

Son los tipos de acuíferos más conocidos por todos. Las cuevas de estalactitas son un ejemplo muy conocido de este tipo de Acuíferos que son los Karstificados. A través de estas cuevas circula el agua siendo muchas veces auténticos ríos

En el dibujo aparece (en color azul) un Acuífero Kárstico.

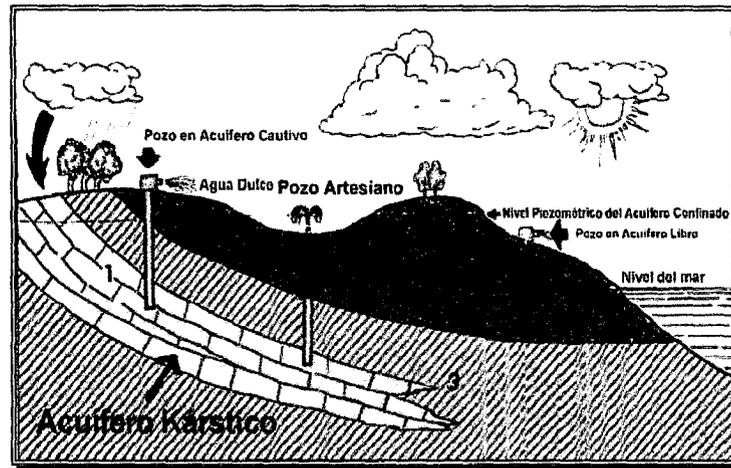


Figura III-4. Acuífero fisurado y/o karstificados. (Tomada de <http://www.fortunecity.com/campus/chemistry/195/hidro/detriti.htm>)

✓ **DE ACUERDO A LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA.**

- a) Acuíferos libres, freáticos o no confinados.
- b) Acuíferos confinados o artesianos
- c) Acuíferos semiconfinados (leaky aquifers)
- d) Acuíferos semilibres.

- **Los acuíferos libres:** son aquellos en que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y



el nivel a que ella se eleva, respecto a otro de referencia, nivel freático. Está formado en general por un estrato permeable parcialmente saturado de agua que yace sobre otro estrato impermeable o relativamente impermeable. En la mayoría de los casos existe solamente un nivel freático, pero en algunos casos, a causa de la presencia de acuicierres o acuitardos de pequeñas dimensiones relativas, pueden existir acuíferos que se denominan acuíferos colgados con niveles freáticos adicionales.

En algunos acuíferos libres compuestos de partículas finas el drenaje por gravedad de los poros con frecuencia puede que no sea instantáneo y, en ese caso, el acuífero entrega el agua un cierto tiempo después de que el nivel freático baja en el mismo. A este tipo de acuífero se les denomina libre con entrega retardada.

En los pozos perforados en este tipo de acuífero, el agua se eleva hasta el nivel freático.

- **Los acuíferos confinados o artesianos:** son formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua, confinadas entre dos capas o estratos impermeables o prácticamente impermeables (una inferior y otra superior). En estos acuíferos, el agua está sometida, en general, a una presión mayor que la atmosférica y al perforar un pozo en ellos, el agua se eleva por encima de la parte superior (techo) del acuífero hasta un nivel que se denomina nivel piezométrico. La superficie imaginaria que representa la carga piezométrica en los distintos puntos del acuífero se conoce como superficie piezométrica. En algunos casos, la superficie piezométrica puede estar por encima del nivel del



terreno natural, por lo que un pozo perforado en el lugar fluirá solo, como si fuera un manantial. Los acuíferos confinados se nombran también artesianos, a causa de que en la región francesa de Artois fue el primer lugar donde se perforaron pozos profundos en acuíferos confinados, alrededor del año 1750. Originalmente, el término artesiano se aplicaba solamente a los pozos fluyentes, pero en la actualidad, la palabra se aplica a cualquier pozo perforado en un acuífero confinado.

- **Los acuíferos semiconfinados:** son acuíferos completamente saturados sometidos a presión que están limitados en su parte superior por una capa semipermeable (acuitardo) y en su parte inferior por una capa impermeable (acuicierre o acuífugo) o también por otro acuitardo. En este tipo de acuífero, la disminución de la carga piezométrica originada por el bombeo, por ejemplo, inducirá un flujo vertical del agua contenida en el acuitardo, que actuará como recarga del acuífero. Las características del acuitardo confinante en un acuífero semiconfinado son tales que puede ignorarse la componente horizontal del flujo en el acuitardo.

- **Los acuíferos semilibres:** representan una situación intermedia entre un acuífero libre y uno semiconfinado. En este caso, la capa confinante superior es un estrato semipermeable o acuitardo, de características tales que la componente horizontal del flujo no puede ignorarse.



Kruseman y De Ridder (citados por Carrero, 2005), partiendo de considerar los acuíferos apoyados en una capa impermeable, especifican que el tipo de acuífero queda determinado por el carácter de la capa confinante superior y presentan el cuadro que aparece en la tabla 3.2 como instrumento para caracterizar los acuíferos.

TABLA III-2.
CARACTERIZACIÓN DE LOS ACUÍFEROS

Capa Superior	Tipo de Acuífero
Impermeable (acuicierre)	Confinado
Semipermeable (acuitardo) en que puede ignorarse la componente horizontal del flujo	Semiconfinado
Semipermeable (acuitardo), menos permeable que la parte principal del acuífero, en que hay que tomar en cuenta la componente horizontal del flujo	Semilibre
Igual que la parte principal del acuífero	Libre



3.1.12. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

✓ POROSIDAD

La porosidad es una de las características esenciales de las rocas en lo que se refiere a sus propiedades acuíferas. Y se define como la fracción de volumen total de la roca no ocupada por el esqueleto mineral de la misma.

- **La porosidad total, “ Φ_t ”:** está definida por la relación entre el volumen de poros que se hallan interconectados y el volumen total de la roca. Esta propiedad le permite a la roca tener capacidad para almacenar fluidos por medio de sus poros.

Este comportamiento se define mediante la ecuación:

$$\Phi_t (\%) = [V_p/V_t] * 100$$

Ecuación N° 1.

Donde:

Φ_t = Porosidad total

V_p = Volumen poroso

V_t = Volumen total de la roca



• **La porosidad eficaz, “ Φ_{ef} ”:** se diferencia de la anterior porque su valor expresa en términos porcentuales el volumen de agua movable a través de los espacios que se encuentran interconectados en la roca almacén. (Johnson 1967, Schoeller 1962 y Ward 1967).

$$\Phi_{ef} (\%) = [Vg/Vt] * 100$$

Ecuación N° 2.

Donde:

Φ_{ef} = Porosidad eficaz

Vg = Volumen ocupado por el agua

Vt = Volumen total de la roca

En la tabla III-3 se muestran los valores de las porosidades totales y eficaces para los diversos materiales.



TABLA III-3
POROSIDADES TOTALES Y EFICACES DE DIVERSOS MATERIALES SEGÚN
JOHNSON (1967), SCHOELLER /1962) Y WARD (1967).

Fuente: Carrero (2005).

Material		Porosidad Total (%)			Porosidad Eficaz (%)			
		Medi	Max	Min	Medi	Max	Min.	
Rocas masivas	Tipo	Descripción						
		Granito	0.3	4	0.2	<0.2	0.5	0
		Caliza masiva	8	15	0.5	<0.5	1	0
		Dolomia	5	10	2	<0.5	1	0
	Arenisca	15	25	3	10	20	0	
Rocas Metamórficas			0.5	5	0.2	<0.5	2	0
Rocas Volcánicas		Piroclastos y tobas	30	50	10	<5	20	0
		Escorias	25	80	10	20	50	1
		Pumitas	85	90	50	<5	20	0
		Basaltos densos, fonolitas	2	5	0.1	<1	2	0.1
		Basaltos vacuolares	12	30	5	5	10	1
Rocas sedimentarias sueltas		Aluviones	25	40	20	20	35	5
		Dunas	35	40	30	25	30	10
		Gravas	30	40	25	20	35	10
		Loess	45	55	40	<5	10	0.1
		Arenas	35	45	20	25	35	10
		Depósitos glaciares	25	35	15	15	30	5
		Limos	40	50	35	10	20	2
		Arcillas sin compactar	45	60	40	2	10	0
		Suelos superiores	50	60	30	10	20	1



PERMEABILIDAD

La permeabilidad es una propiedad que indica la capacidad que tiene una roca para conducir un fluido a través de sus poros interconectados. (Johnson 1967, Schoeller 1962 y Ward 1967 citados por Carrero, 2005). Una de las posibles formas para determinarla es utilizando correlaciones entre porosidad y permeabilidad, a pesar de que estos resultados son muchas veces cuestionados en rocas poco o nada consolidadas. La relación estadística compleja entre porosidad y permeabilidad puede decirse, en general, que consiste en que las rocas mas porosas (grano de tamaño uniforme) tiene una mayor permeabilidad que las menos porosas, y aunque la porosidad puede ser alta en algunas rocas de grano fino, la reducción en el tamaño de los poros trae como resultado una disminución en la capacidad de flujo dentro de las rocas. En consecuencia, la permeabilidad disminuye. De igual manera, en otras formaciones como las calizas las cuales se componen de roca densa interrumpidas por fisuras muy pequeñas o por fracturas de gran extensión, la porosidad en tales formaciones puede ser baja, pero la permeabilidad de una fractura puede ser muy grande. En consecuencia, las calizas fracturadas pueden exhibir una porosidad baja conjuntamente con una permeabilidad extremadamente alta.

Técnicamente, el coeficiente de permeabilidad de Darcy, K , es el volumen de agua libre que percola durante la unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de una sección total del acuífero bajo un gradiente hidráulico igual a la unidad, a la temperatura de 20 °C.



Evidentemente, la Permeabilidad K depende de las condiciones del suelo y de las características del fluido tales como:

- Forma, tamaño y disposición de los granos.
- Viscosidad y densidad del fluido.

Según la fórmula de Darcy, la permeabilidad viene dada por:

$$K = Q / (I * A)$$

Ecuación N° 3.

Donde: www.bdigital.ula.ve

K = Permeabilidad (m/día)

Q = Caudal (m³/día)

I = Gradiente Hidráulico (adimensional)

A = Superficie de la sección de flujo (m²)

En la tabla III-4 se observa la comparación de los valores de permeabilidad con la clarificación cualitativa del acuífero y el tipo de materiales que lo componen.



TABLA III-4
CLASIFICACIÓN DE TERRENOS POR LA PERMEABILIDAD SEGÚN
JOHNSON (1967), SCHOELLER (1962) Y WARD (1967)

Fuente: Carrero (2005)

Permeabilidad (m/día)	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3
Clasificación	Impermeable		Poco Permeable		Algo Permeable		Permeable		Muy Permeable	
Clasificación del Acuífero	Acuícludo		Acuícludo		Acuífero Pobre		Acuífero Regular Bueno		Acuífero Excelente	
Tipo de Material	Arcilla Compacta		Limo Arenoso		Arena fina		Arena Limpia			
	Pizarra		limo		Arena limosa		Grava y Arena		Grava Limpia	
	Granito		Arcilla Arenosa		Caliza Fracturada		Arena Fina			

✓ **TRANSMISIVIDAD**

Se define como el producto de la permeabilidad por el espesor del acuífero. Por tanto, la transmisividad es el caudal del flujo de agua bajo un gradiente hidráulico unitario a través de una sección de anchura unitaria y altura igual al espesor del acuífero. Se representa como T y tiene dimensiones de L^2/T que indica longitud al cuadrado sobre el tiempo ($m^2/día$).

Se expresa como:



$$T = K * e$$

Ecuación N° 4.

Donde:

T = Transmisividad.

K = Permeabilidad o Conductividad Hidraulica.

e = Espesor Saturado del Acuífero.

✓ **COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO**

El coeficiente de almacenamiento se expresa como el volumen de agua de una columna vertical del acuífero, que tiene como base la unidad de área y como altura el espesor medio del acuífero, libera por expansión del agua y compactación de la matriz sólida cuando la carga hidráulica disminuye en una unidad. (Jegat y Amisial, 1984).

El coeficiente de almacenamiento es, como la porosidad eficaz, adimensional (volumen/volumen), y los valores que presentan son muchos mas bajos en los confinados perfectos que en los semiconfinados. Se tendrá que los valores típicos son:

Acuíferos libres: 0.3 a 0.01 ($3 \cdot 10^{-1}$ a 10^{-2})

Acuíferos semiconfinados: 10^{-3} a 10^{-4}



Acuíferos confinados: 10^{-4} a 10^{-5} .

✓ **GRADIENTE HIDRÁULICO**

El gradiente hidráulico. *I*. es un número adimensional que representa la pérdida de carga por unidad de longitud. Es decir. Que es la pendiente de la superficie piezométrica si se acepta que los hilillos sobre la misma vertical son paralelos entre ellos.

El gradiente hidráulico se calcula a partir de los niveles piezométricos mediante la siguiente ecuación:

www.bdigital.ula.ve

$$I = (H_1 - H_2) / L$$

Ecuación N° 5

Donde:

I = Gradiente hidráulico

H_1 = Nivel piezométrico en la parte superior (m).

H_2 = Nivel piezométrico en la parte inferior (m).

L = Distancia entre los puntos H_1 y H_2 (m).



✓ **BALANCE HÍDRICO**

Desde el punto de vista hidrogeológico. El balance hídrico tiene como finalidad, determinar el volumen de agua proveniente de la precipitación, la cual recarga a los acuíferos por efecto de la infiltración directa. Los factores que juegan un importante papel en el balance hídrico son aquellos que constituyen los gastos y las entradas del fluido. De acuerdo a esto, se tiene la ecuación:

$$P = ETR + Esc + I$$

Ecuación N° 6.

www.bdigital.ula.ve

Donde:

P = Precipitación media anual (mm).

ETR = Evapotranspiración real media anual (mm).

Esc = Escorrentía superficial media anual (mm).

I = Infiltración eficaz al manto acuífero (mm).

✓ **PRECIPITACIÓN**

Es la caída del agua, en forma líquida o sólida desde las nubes. La precipitación, es agua liberada desde las nubes en forma de lluvia, aguanieve, nieve o granizo.



Es el principal proceso por el cual el agua retorna a la tierra. La mayor parte de la precipitación cae como lluvia.

✓ **INFILTRACIÓN**

Es el movimiento descendente del agua desde la superficie de la tierra hacia el suelo o las rocas porosas.

El agua subterránea comienza como precipitación, una porción del agua que cae como precipitación y se infiltra hacia el suelo subsuperficial y hacia las rocas. La cantidad infiltrada depende de un gran número de factores.

www.bdigital.ula.ve

Parte del agua que se infiltra, permanece en las capas más superficiales del suelo y puede volver a entrar a un curso de agua debido a que se filtra hacia el mismo. Otra parte del agua puede infiltrarse a mayor profundidad, recargando así los acuíferos subterráneos. Si los acuíferos son lo suficientemente poroso y poco profundos, como para permitir que el agua se mueva libremente a través de ella.

3.1.13. RESERVAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las reservas representan el volumen total de agua almacenada en el acuífero, es decir, liberable en el curso de un período determinado, o en un instante dado en una capa acuífera o en una roca almacén y que puede ser aprovechable. Las mismas están condicionadas en primer lugar por la estructura hidrogeológica, que da las dimensiones y después por la porosidad o el coeficiente de



almacenamiento, que expresa el volumen de agua libre en la roca almacén. Lara (1976), dice que en acuífero libre, las reservas estacionales están comprendidas entre los niveles máximos, medios y mínimos de la superficie freática y la base estructural del acuífero. Por su parte en un acuífero confinado, las reservas estacionales no existen porque la superficie freática se encuentra por encima del techo de la capa confinante existiendo únicamente las reservas permanentes que están definidas por el techo y la base estructural del acuífero.

Las reservas representan el volumen total de agua almacenado en el acuífero, es decir, liberable en el curso de un periodo determinado, o en un instante dado en una capa acuífera o en una roca almacén y que pueda ser aprovechable.

Las mismas están condicionadas en primer lugar por la estructura hidrogeológica, que da las dimensiones y después por la porosidad o rendimiento específico o el coeficiente de almacenamiento, que expresa el volumen de agua libre en la roca almacén.

Los datos dimensionales que determinan las reservas en aguas subterráneas son fijos, substrato y techo impermeable en los mantos cautivos, coeficiente de almacenamiento o variables, superficie piezométrica de los mantos libres.



3.1.14. CALIDAD DEL AGUA

Las características físicas y químicas de las aguas subterráneas dependen de varios factores. Los tres principales son: ambiente climático, ambiente geológico y la acción del hombre y contaminación.

En las rocas sedimentarias no consolidadas sus características litológicas dependen esencialmente de la roca madre de la que proceden. En las zonas permeables de las rocas no consolidadas suelen predominar rocas poco solubles, de tipo silíceo, y por consiguiente, en su paso por estos materiales el agua no suele aumentar mucho su contenido en sales totales disueltas. Cuando las aguas atraviesan zonas con mayor o menor contenido de limos y arcillas, se suelen producir fenómenos de absorción o cambios de bases.

Es muy raro que las aguas de los pozos ubicadas en estos materiales exijan mantenimiento bacteriológico, ya que suele ser suficiente un recorrido de unos pocos metros para que queden retenidos todos los organismos patógenos por las zonas de arenas finas o limos que en mayor o menor proporción, casi siempre existen.

Es relativamente frecuente que, de forma anárquica y prácticamente imprevisible, algunos pozos de zonas de aluviones contengan cantidades relativamente elevadas de los iones Fe^{+2} o Mn^{+2} . Una posible explicación de este fenómeno, puede ser que dichos iones sean movilizados por la existencia de zonas con bajo Ph y Eh, que a su vez, se deben acumulaciones orgánicas de restos orgánicos.



En los sistemas acuífero-río, la acción del hombre puede dar lugar a cambios en las características iniciales del agua de los pozos. Si el bombeo es intensivo, tanto los componentes químicos como la temperatura de las aguas del pozo, serán cada vez más similares a la del río.

Las aberturas a través de las cuales fluye el agua en el suelo por lo general son muy pequeñas, restringiendo considerablemente la velocidad del gasto, proporcionando al mismo tiempo una acción filtrante de las partículas que se encuentran en suspensión en el agua.

✓ **CALIDAD FÍSICA.**

El agua del subsuelo es generalmente clara, incolora, con poca o ninguna sustancia en suspensión y tiene una temperatura generalmente constante debido al lento proceso de percolación.

En contraste directo, las aguas superficiales, son generalmente turbias y con abundantes cantidades de materia en suspensión, así como también están sujetas a variaciones considerables de temperatura.

Desde el punto de vista físico el agua del subsuelo es, por lo tanto, mas fácilmente utilizable que el agua de superficie, ya que rara vez se requiere de tratamiento antes de utilizarse.



Las excepciones son las aguas del subsuelo que están conectadas hidráulicamente con aguas superficiales cercanas a través de aberturas grandes tales como fisuras y canales de disolución, así como los intersticios de algunas gravas, permitiendo la entrada de materia en suspensión en la capa acuífera. En tales casos también pueden ser notables los sabores y olores de la vegetación en descomposición.

✓ CALIDAD MICROBIOLÓGICA

Las aguas del subsuelo están generalmente exentas de organismos muy pequeños (microbios) que causan enfermedades y que están normalmente presentes en las aguas superficiales. Este es otro beneficio que resulta de la acción de filtración lenta al circular el agua a través del subsuelo. Además la falta de oxígeno y nutrimento en el agua del subsuelo la vuelve un medio inapropiado para que los organismos patógenos se desarrollen y se multipliquen.

Las excepciones a esta regla son, como ya se dijo, ocasionado por las fisuras y canales de disolución encontrados en algunas rocas consolidadas y en capas acuíferas de arena y grava poco profundas de donde se extrae el agua a proximidad de las fuentes de contaminación tales como retretes y fosas de excreta.



✓ **CALIDAD QUIMICA**

La calidad química de las aguas del subsuelo esta también considerablemente influenciada por su movimiento relativamente lento a través del subsuelo. Su grado lento de percolación a través de la tierra proporciona tiempo más que suficiente para que muchos de los minerales que forman la corteza de la tierra se incorporen a la solución.

El contenido de minerales en el agua se expresa en partes por millón (ppm) que significa el numero de partes por peso del mineral encontrado en un millón de partes de la solución (ver tabla III-5)

TABLA III-5. UNIDADES DE MEDICION DE LOS MINERALES PRESENTES EN EL AGUA.

FUENTE: CUSTODIO Y LLAMAS (1976)

<i>Unidad de medida</i>	<i>Equivalente en ppm</i>
mg por litro	1.00
Granos por galón americano	17.12
Granos por galón imperial	14.27
Grado francés	10.00
Grado alemán	17.80

Dentro de las principales sustancias y propiedades que se encuentran en el agua del subsuelo se tienen las siguientes: hierro, manganeso, cloruro, fluoruro, nitrato,



sulfato, dureza, sólidos totales disueltos, pH, y gases disueltos tales como oxígeno, sulfhídrico y dióxido de carbono.

- **El hierro y el manganeso** se consideran, usualmente, juntos a causa de sus semejanzas en el comportamiento químico y su presencia en el agua del subsuelo. El hierro y el manganeso, en las cantidades que usualmente se encuentran en el agua del subsuelo son indeseables porque su presencia es desagradable, aunque no amenaza la salud humana.

- **Los cloruros** se encuentran en concentraciones muy altas en el agua de mar, usualmente del orden de 20,000 mg/l de cloruro. Las capas acuíferas que contienen concentraciones grandes de cloruros son las de las costas con acceso directo al mar, o las que estuvieron comunicadas con el alguna vez en el pasado.

El agua con alto contenido de cloruro de sodio tiene un sabor desagradable y puede ser indeseable para ciertos propósitos agrícolas. El nivel al cual es notable el sabor varía de una persona a otra, pero generalmente es del orden 250 mg/l.

- **Los fluoruros**, como concentraciones en el agua del subsuelo, son generalmente pequeños y provienen principalmente de las rocas ígneas. Cuando se encuentran, en concentraciones menores de 1.0 mg/l generalmente el fluoruro disminuye la incidencia de la caries dental en los niños y es conveniente su presencia. Sin embargo las concentraciones excesivas provocan una coloración parda y picadura de los dientes llamada fluorosis dental.



• **El nitrato** en la aguas del subsuelo varia considerablemente y, a menudo no esta relacionado con las formaciones geológicas de la zona. Las concentraciones elevadas de nitrato se deben muy frecuentemente a la percolación de las aguas superficiales que contienen desperdicios humanos y/o animales y otros productos de desechos agrícolas en las capas acuíferas o al flujo directo de corrientes superficiales contaminadas hacia los pozos. Las concentraciones elevadas de nitrato en el agua producen un efecto conocido como **cianosis** (metemoglobinemia) en los niños. Esta afección que se caracteriza por una coloración azulosa de la piel, puede ser mortal. Por esta razón, el agua que contiene nitrato en exceso de 45 mg/l no debe usarse en la preparación de alimentos para niños menores de 6 meses de edad. Cabe destacar que al hervir este tipo de agua solamente se conseguirá aumentar la concentración de nitrato.

• **El sulfato** en el agua del subsuelo se deriva principalmente de la lixiviación de los depósitos naturales de sulfato de magnesio (sales de Epson) o de sulfato de sodio (sal de Glauber) las cuales, en cantidades suficientes, pueden producir efectos laxantes.

✓ **DUREZA.**

Es la propiedad del agua que se demuestra mejor por facilidad con la cual disuelve el jabón para producir espumas. Mientras mas alta es la dureza, mas jabón se requiere para producir espuma. La dureza del agua es producida por la presencia de calcio y magnesio. Las sales minerales productoras de iones de



calcio y magnesio pueden ser: bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio.

✓ CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

Es la habilidad de una determinada sustancia para conducir la corriente eléctrica. El agua químicamente pura ostenta una conductividad eléctrica muy baja, por lo tanto es un buen aislante. Sin embargo, con la adición de una pequeñísima cantidad de minerales disueltos, el agua se vuelve conductiva. Eso tiene lugar cuando el material disuelto se separa en iones que llevan sus cargas positivas y negativas. Cuanto mayor es la cantidad de iones, mayor será la conductividad de la solución.

La medida de la conductividad es el inverso de ohmios, la unidad para expresar la resistencia, y se escribe mhos. Los valores de la conductividad eléctrica específica de las aguas subterráneas se reportan en millonésimas de mhos o micromhos, y en decisiemens/cm (dS/cm). En las soluciones tan diluidas como la mayoría de las aguas subterráneas, la conductividad eléctrica varía directamente con la cantidad de minerales disueltos contenidos en el agua.

3.1.15. PROBLEMAS EN EL USO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La explotación incorrecta de las aguas subterráneas origina varios problemas. En muchas ocasiones la situación se agrava por el reconocimiento tardío de que se



está deteriorando el acuífero, porque como el agua subterránea no se ve, el problema puede tardar en hacerse evidente. Los principales problemas son:

a) *Por agotamiento del acuífero.* Un buen uso de las aguas subterráneas exige tener en cuenta que, en los lugares en que las precipitaciones son escasas, los acuíferos se van cargando de agua muy lentamente y si se consumen a un ritmo excesivamente rápido, se agotan. Cuando se produce explotación intensiva, sequía u otras causas que van disminuyendo el nivel del agua contenida en el acuífero se derivan problemas ecológicos.

Cuando los acuíferos se encuentran en la costa, al ir vaciándose de agua dulce, van siendo invadidos por agua salada (**intrusión**) y queda inutilizados para el uso humano.

b) *Por contaminación de las aguas subterráneas.* Se suelen distinguir dos tipos de procesos contaminantes de las aguas subterráneas: los "puntuales" que afectan a zonas muy localizadas, y los "difusos" que provocan contaminación dispersa en zonas amplias, en las que no es fácil identificar un foco principal.

3.1.16. CONTAMINACIÓN SALINA

En muchas áreas costeras, el recurso de las aguas subterráneas está siendo amenazado por la intrusión de agua de mar.



En las zonas costeras urbanizadas, los problemas creados por bombeo excesivo están agravados por un descenso del ritmo de recarga natural. A medida que aumentan las calles, los aparcamientos y los edificios que cubren la superficie, disminuye la infiltración en el suelo.

La contaminación de los acuíferos de agua dulce por agua salada constituye fundamentalmente un problema en las zonas costeras, pero también puede amenazar a zonas no costeras. Muchas rocas sedimentarias antiguas de origen marino se depositaron cuando el océano cubría lugares que ahora se encuentran bastante en el interior. En algunos casos, cantidades significativas de agua de mar quedaron atrapadas y todavía permanecen en la roca. Estos estratos a veces contienen cantidades de agua dulce y pueden ser bombeadas para su uso. Sin embargo, si el agua dulce se elimina más deprisa de lo que puede reponerse, el agua salada puede introducirse y dejar inutilizables los pozos.



CAPÍTULO IV

Metodología.

- **Recopilación de la información.**
- **Fase de campo.**
- **Procesamiento de la información.**

www.bdigital.ula.ve



CAPITULO IV

METODOLOGIA APLICADA

4.1. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA, CARTOGRÁFICA E HIDROGEOLÓGICA.

Durante esta etapa se procede a investigar todas las características geográficas, hidrogeológicas, geológicas, fisiográficas y topográficas del área de estudio; mediante la compilación de trabajos anteriores, textos hidrogeológicos, mapas cartográficos, mapa hidrogeológico, ortofotomapas y el inventario de pozos realizado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

Se recopiló la siguiente información:

- Inventario de pozos realizado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales que contiene la identificación de pozos, coordenadas UTM, cotas, niveles estáticos, pH, caudal, conductividad eléctrica, nivel dinámico, total de sólidos disueltos, litología, química y profundidad de perforación. Los pozos están identificados con un código de 10 caracteres (ej. MI6250001A) de los cuales los dos primeros se refieren al estado en donde se encuentran (MI = Miranda), los siguientes cuatro a la cuadrícula o sección extensa a la que pertenece el pozo (6250), los tres dígitos finales al número del pozo dentro de esa sección extensa y el último carácter señala la condición del pozo. La Base de datos de los pozos fue completada tomando algunos pozos del trabajo realizado por Jorge Alvarado; es importante mencionar que estos pozos se



encontraban en coordenadas geográficas las cuales fueron llevadas a UTM mediante la utilización del programa REGVEN diseñado por el Ingeniero Luis Mora del CIDIAT. Por otro lado, algunos datos de pozos se encontraban sin cota, la cual fue determinada mediante la utilización del programa **Google Eart**.

- Mapas cartográficos a escala 1:100.000, correspondientes a las hojas de cartografía nacional: Caucagua (6946), Higuero (6947) del Estado Miranda.

- Mapa geológico a escala 1:50.000, realizado por el Instituto de Geología y Minas

- Datos climatológicos (precipitación, evaporación y temperatura) obtenidos del Diagnóstico Hidrogeológico de la región de Barlovento realizado por Jorge Alvarado. (1982).

- Mapa hidrogeológico a escala 1:100.000 tomado del Diagnóstico Hidrogeológico de la región de Barlovento.

- Ortofotomapas comprados en el Instituto Geográfico Simón Bolívar y corresponden a las hojas 6947-II-NE, 6947-II-SE, 6947-II-SO, 6946-I-NE, 6946-I-SE, 6946-I-SO y 6946-I-NO a escala 1:25.000.

- Datos de pruebas de bombeo tomadas del trabajo "Plan de Emergencia y Estudio de Prefactibilidad para el Sistema Barloventos para los Sistemas de agua de Barlovento" realizadas por TAHAL C.A. para HIDROVEN.

- Se examinaron también tesis de grado de la escuela de Ingeniería Geológica.



4.1.2. FASE DE CAMPO.

La fase de campo para este estudio enmarca la verificación de algunos parámetros geológicos. Con la ayuda del mapa geológico y de la bibliografía se procedió a la búsqueda de las formaciones geológicas aflorantes en la región y la realización de un levantamiento de campo con GPS. De esta manera fueron encontradas las secciones tipos de las formaciones Caucagua y Mamporal así como también algunas de las formaciones de la Cordillera de la Costa.

www.bdigital.ula.ve



Figura IV-1. Formación Caucagua.

Coordenadas U.TM: Este 789421,881. Norte 1135173,67

Orientación: NO-SE

Descripción: Se observan sedimentos continentales rojizos a pardo oscuros.



Figura IV-2. Formación Mamporal.

Coordenadas U.T.M: Este .821335, 526 Norte 1140687,72

Orientación: SO – NE.

Descripción: La foto muestra la presencia de sedimentos conglomeráticos rojizos intercalados con capas de arcillas de color verde claro.



Figura IV-3. Formación Urape.

Coordenadas U.T.M. Este .780867, 061 Norte 1144038,62

Orientación: SE – NO.

Descripción: En la foto se observa un corte de carretera de aproximadamente 11 metros de espesor y una litología conformada por filitas de color gris oscuro.



FiguraIV-4. Formación Urape. Medición de la foliación.

Coordenadas U.T.M: Este .780867, 061 Norte 1144038,62

Orientación: SE – NO.

Descripción: Se observan capas de filitas de color gris que meteorizan a pardo.

4.1.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.

A partir de la información obtenida en las etapas anteriores y con los datos actualizados se procederá a realizar una base de datos con la que se realizarán los mapas temáticos, utilizando los respectivos paquetes computarizados.



✓ **ESTUDIO FOTOGEOLOGICO.**

Debido a la gran extensión geográfica del área en estudio se necesita de la utilización de numerosas fotos aéreas para realizar un análisis fotogeológico detallado. Con la finalidad de cumplir con este objetivo y de aplicar una técnica similar, pero que no muestra tanto detalle, se utilizaron 7 ortofotomapas a escala 1:25.000 correspondientes a las hojas 6947-II-NE, 6947-II-SE, 6947-II-SO, 6946-I-NE, 6946-I-SE, 6946-I-SO y 6946-I-NO; efectuados por el Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional.

El ortofotomapa es una herramienta generada aplicando técnicas de rectificación digital de imágenes a partir del modelo digital del terreno y reproducida sobre películas mediante procesos de fotomecánica digital. La planimetría ortofotográfica fue realizada a partir de fotografía aérea en color, a escala 1:60.000, elaborada en febrero de 1994, misión 0304184.

La composición ortofotográfica permite hacer una interpretación enfocada a una mejor comprensión del comportamiento del acuífero y apreciar los aspectos geomorfológicos más resaltantes.

✓ **ELABORACIÓN DEL MAPA GEOLOGICO**

Este mapa se realizó en el programa AutoCad 2006 a partir del mapa hidrogeológico proporcionado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales a escala 1:100 000, elaborado en 1981. Se reconoció la existencia de las Formaciones aflorantes a través, de la etapa de campo, y de la revisión de los ortofotomapas que cubren el área de estudio. (Anexo II)

✓ **MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL.**

El primer paso para la elaboración del modelo hidrogeológico conceptual lo constituyo la realización del mapa del área de estudio a partir del mapa cartográfico base. Para la realización de este mapa se procedió a escanear los mapas cartográficos y luego mediante el programa *Auto Cad 2006* se digitalizaron todas las curvas de nivel, principales carreteras y poblados, así como también el drenaje que constituye la zona. (Figura IV-5).

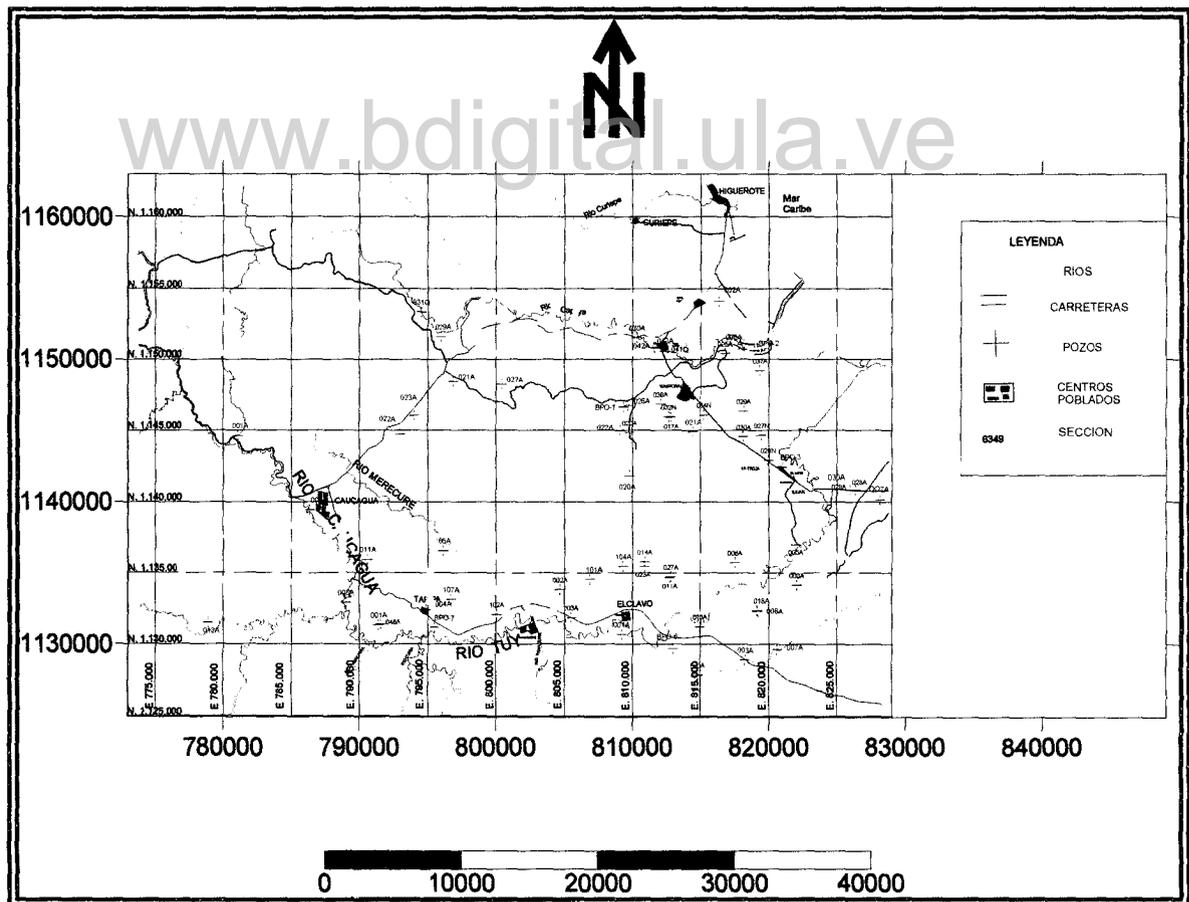


Figura IV-5. Mapa del área de estudio con la ubicación de pozos.



Posteriormente se cargan todas las curvas de nivel a través de la herramienta **Ezysurf** utilizando el comando **utilities** y luego la opción **Write xyz to file**; seguidamente en **Auto Cad** se le da un nombre y una extensión **.dat** (Figura IV-6). De esta manera, se ha creado una base de datos de las curvas, las cuales quedan guardadas como un **Worksheet** que es una hoja de cálculo proporcionada por el programa **Golden Software Surfer 8.0**. La tabla IV-1 muestra una parte de esta información

Tabla IV.1 Base de datos parcial para la elaboración del modelo 3D

Identificación	X	Y	Z
1	801074.56	1151036	102
2	801001.81	1151654	102
3	777556.31	1148173	202
4	777896.19	1148013.13	202
5	778086.13	1148028.13	202
6	777991.19	1147888.13	202
7	777896.19	1147743.25	202
8	777726.25	1147728.38	202
9	777516.31	1147733.25	202
10	777394.81	1147582.63	202

Luego con esta base de datos y la utilización del menú **Grid** se procede a realizar el variograma en donde se ajusta el modelo teórico al experimental.

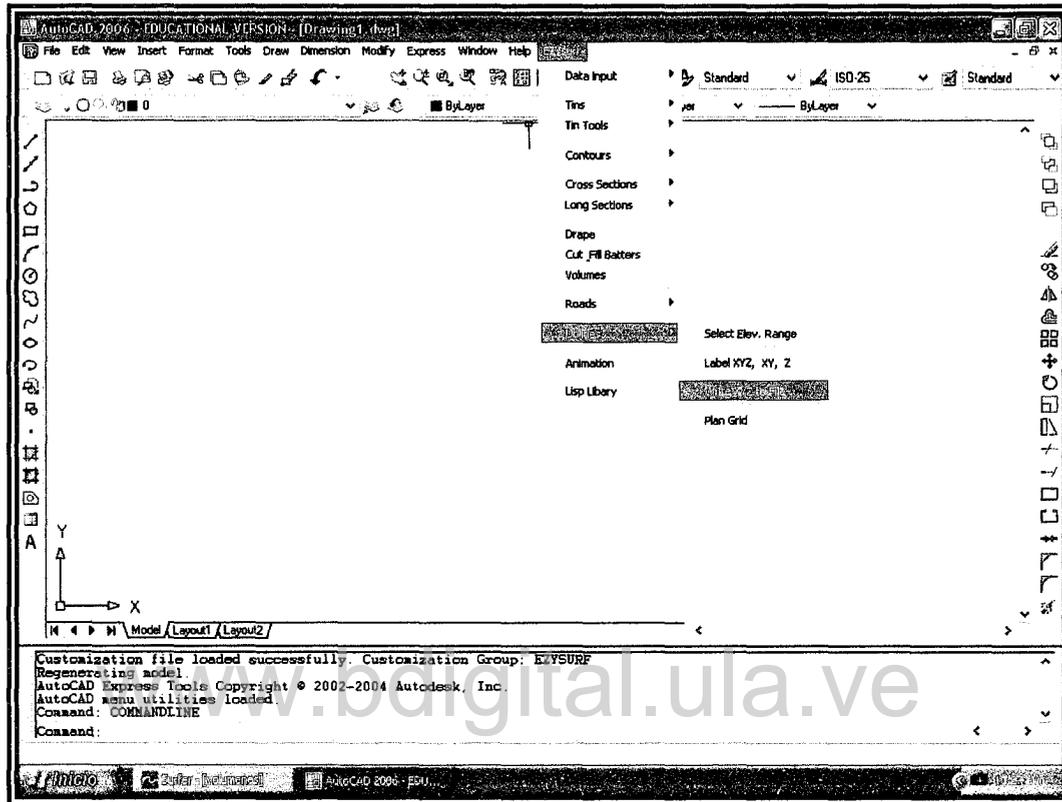


Figura IV-6. Cargado de datos con Ezysurf en AutoCad 2006.

Como la base de datos generada en la digitalización del mapa era muy grande (243 000 datos) se observó que el variograma no corre, entonces se hizo necesario reducir la base de datos utilizando el programa **SALTA** creado por el Ingeniero Luís Mora del CIDIAT, dicho programa elimina aleatoriamente datos, reduciendo la base a 60 000 datos.

Se realiza un variograma con la nueva base de datos y con el menú Grid del programa Surfer 8.0.

Luego de asignada toda la base de datos se procede a cargar el variograma y a la creación de la superficie del terreno en un modelo tridimensional; esto a través del menú **Grid** con el comando **Data**. El método utilizado para la elaboración del modelo es el Kriging. (Figura IV-7).

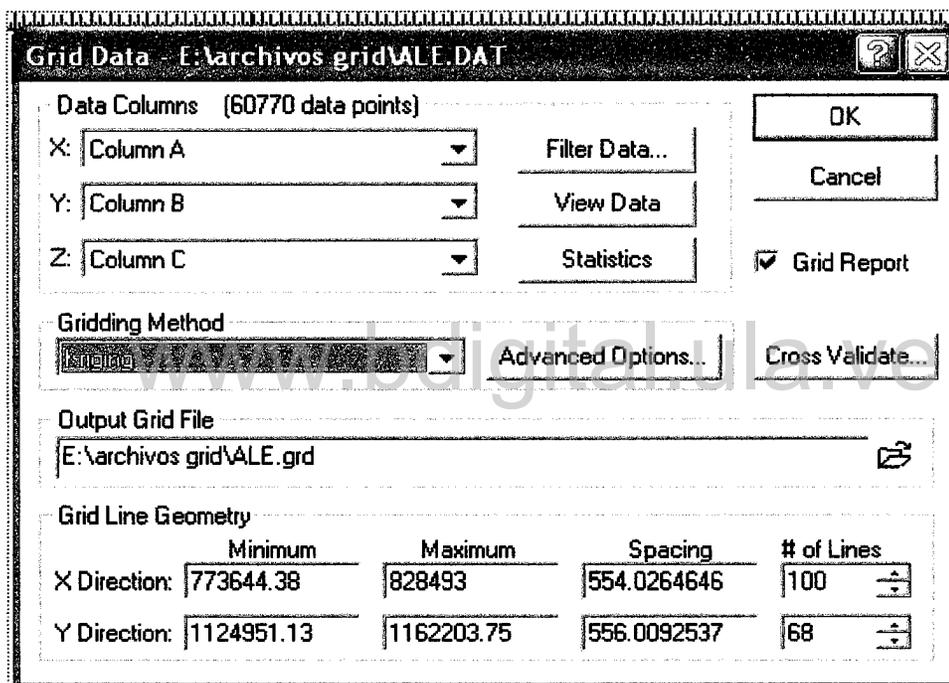


Figura IV-7. Cargado de la base de datos para el modelo del terreno.

Para ver el modelo del terreno se va al menú **Map**, en el comando **Surface**, se carga el archivo *.grd creado en el paso anterior y finalmente, de esta manera, se genera el modelo tridimensional del terreno. (Figura IV-8).

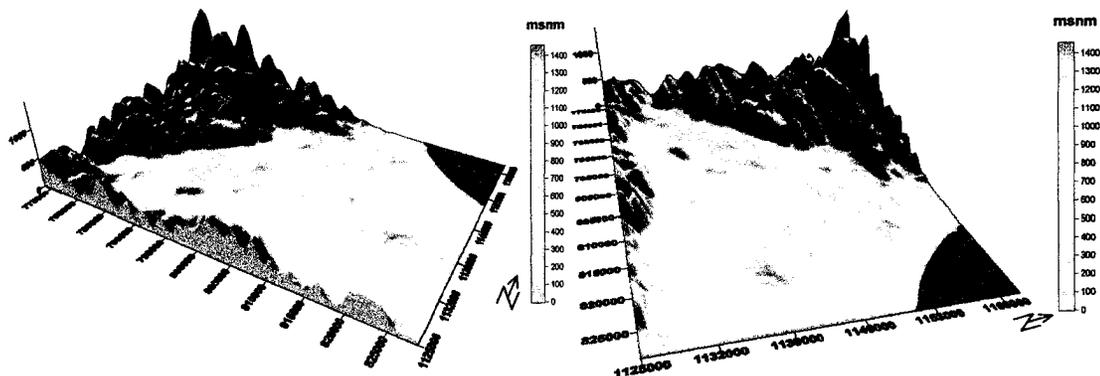


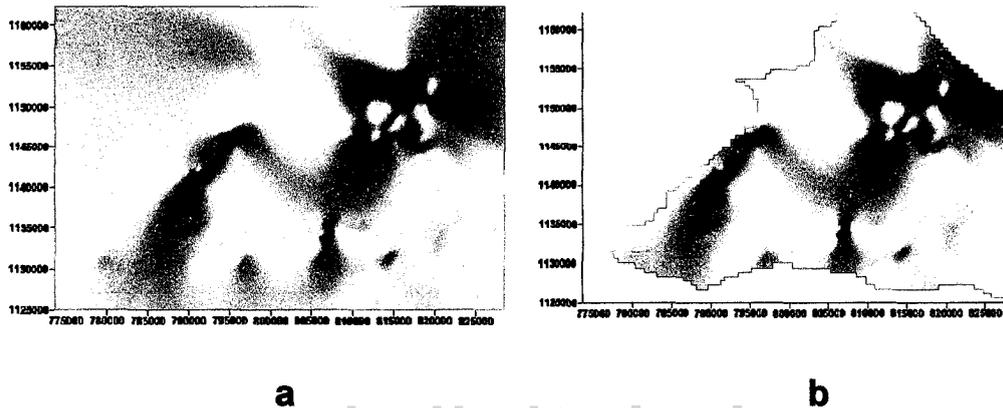
Figura IV-8. Modelo tridimensional del terreno.

Es posible observar en la Figura IV-8, el programa genera un mallado en forma rectangular (Grid Line Geometry), el cual puede ser modificado según las necesidades del estudio. Para la creación de los diferentes mapas de contornos de este estudio se utilizó el mallado que se observa en la Figura IV-7.

- **Blanqueo de mapas.**

Debido a que el área de estudio no siempre es rectangular y que los acuíferos se encuentran en formaciones geológicas recientes, fue necesaria la aplicación de una técnica que delimitara toda el área de interés, eliminando las partes donde se encuentra el macizo rocoso y el Mar Caribe. Para ello se utilizó la técnica conocida como blanqueo de mapas del programa **Surfer 8.0**. El procedimiento es el siguiente: Con el mapa de contorno creado y la utilización del menú **Map** comando **Digitize** se delimita todo el área de interés mediante un polígono; se guardan estos datos como un archivo **.bln**. Posteriormente con el menú **Grid** comando **Blank** se abre el Grid original del mapa de contorno, luego el programa muestra una ventana de diálogo en donde se busca el

archivo **bln** creado anteriormente, se carga y se le da un nombre de salida al nuevo grid blanqueado, el cual es cargado con el comando **Surface** o como un **Contour Map**. (Figuras IV-9.a y IV-9.b).



Figuras IV-9. a). Vista de un mapa sin blanquear. b) Vista de un mapa blanqueado.

✓ **PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN LITOLÓGICA.**

Para la realización de las secciones estratigráficas, se tomaron los datos de 29 pozos con información litológica existentes en el inventario de pozos realizado por el MARN. Posteriormente se generó una base de datos con la identificación de cada pozo, las coordenadas y la información litológica.

Estos pozos fueron ubicados en el mapa del área de estudio con la finalidad de observar en qué zonas existe la mayor cantidad de información litológica y trazar la dirección de las secciones. (Figura IV-10).

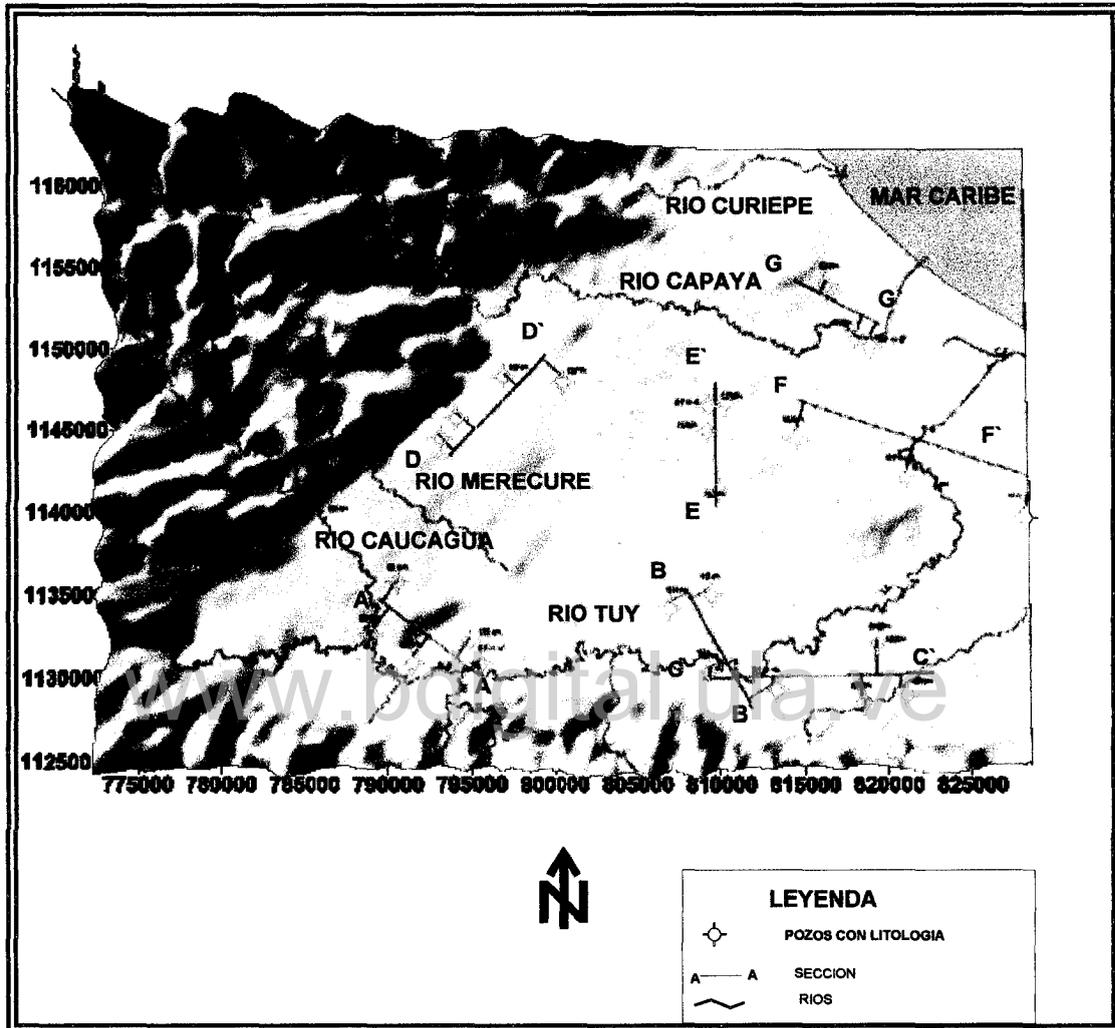


Figura IV-10. Ubicación de secciones estratigráficas.

Cabe destacar, que los datos de litología que se encontraban en el inventario, presentaban gran variabilidad en cuanto a su descripción, es por ello que fue necesario depurar dicha base de datos, para facilitar su manejo en la construcción de las secciones estratigráficas. Para depurar la base de datos se tomaron las gravas y arenas como capas permeables y las arcillas como capas impermeables.



Finalmente, en el programa **AutoCad 2006**, se dibujaron los pozos a partir de la base de datos depurada. Fue necesario exagerar la escala vertical con respecto de la horizontal para mejor visualización de las correlaciones y por la gran distancia existente entre pozos que dificultan la realización de las secciones transversales.

En la construcción de las secciones transversales se le asignó el color amarillo a las capas permeables y el color marrón a las capas impermeables.

✓ **GENERACIÓN DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO**

CONCEPTUAL.

www.bdigital.ula.ve

- **Creación de la base de datos.**

A partir de las secciones transversales, se obtuvo la información necesaria para la construcción del modelo hidrogeológico conceptual; consistió en realizar el conteo del número de capas existentes, para luego efectuar una base de datos que contiene: identificación del pozo, coordenada Este (X), coordenada Norte (Y) y la elevación de la capa (Z); esta última se obtuvo restando a la cota del terreno la profundidad a la que se hallaba cada capa. (Anexo I). Como es posible observar en las secciones transversales, todas las capas no presentan continuidad, es por ello que en la elaboración de la base de datos se le sumó 1 metro, como espesor ficticio, a la elevación de la capa anterior para hacerlas continuas en capas consecutivas.

- **Modelado de las capas.**

Luego de generada la base de datos, se proceden a crear los mapas de contornos y superficies 3D de todas las capas (Figuras IV-11 y IV-12), asignándoseles como se hizo en las secciones transversales, el color amarillo a las arenas y el color marrón a las arcillas.

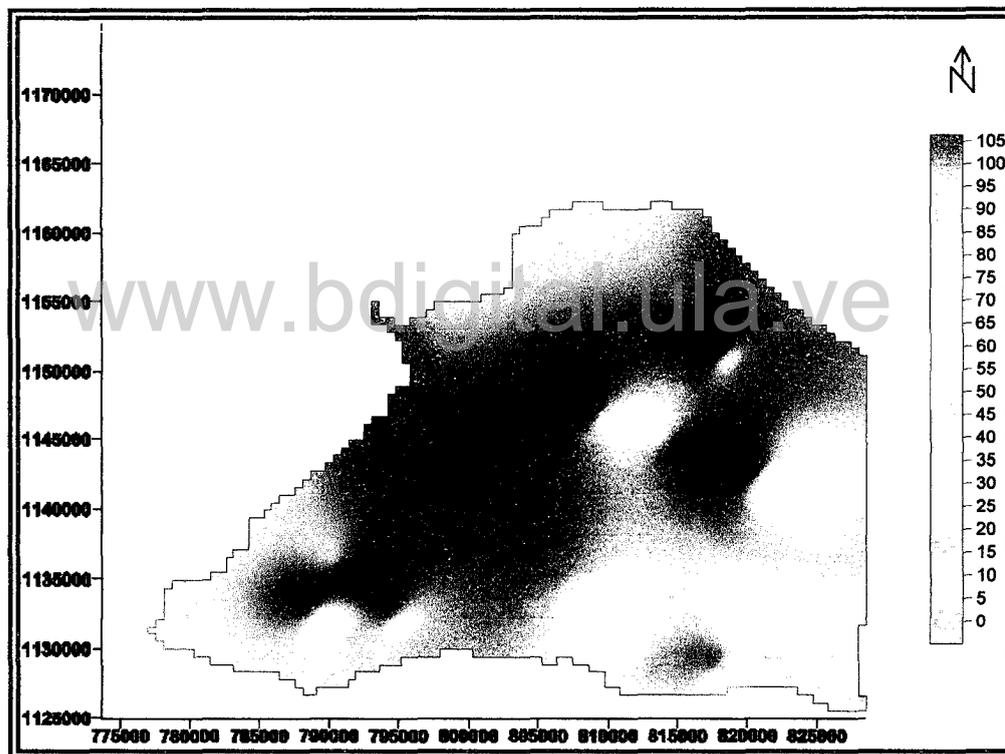


Figura IV-11. Superficie 3D de la capa 1.

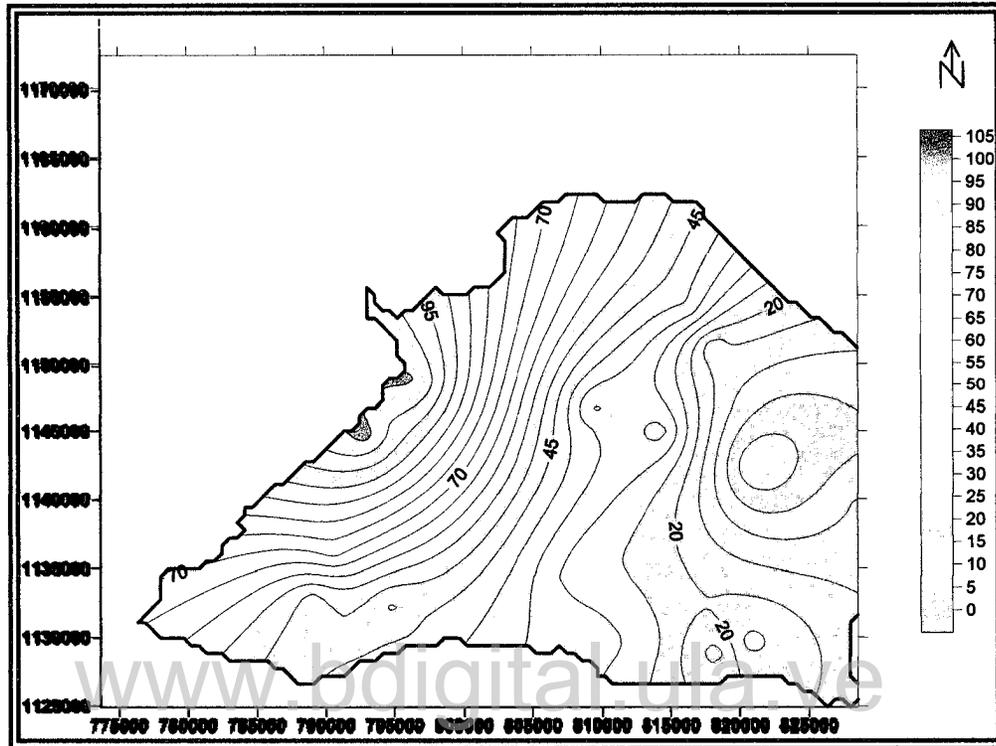


Figura IV-12. Mapa de contorno de la capa 1.

Teniendo todas las superficies 3D de las capas, se superponen entre si utilizando el comando **Overlay Maps**; de esta manera es posible visualizar el modelo de capas permeables e impermeables.

Una vez obtenido el Modelo Hidrogeológico Conceptual se construye una superficie 3D del nivel freático a la cual se le asignó el color azul. Esta superficie igualmente se superpone al modelo. (Figura IV-13).

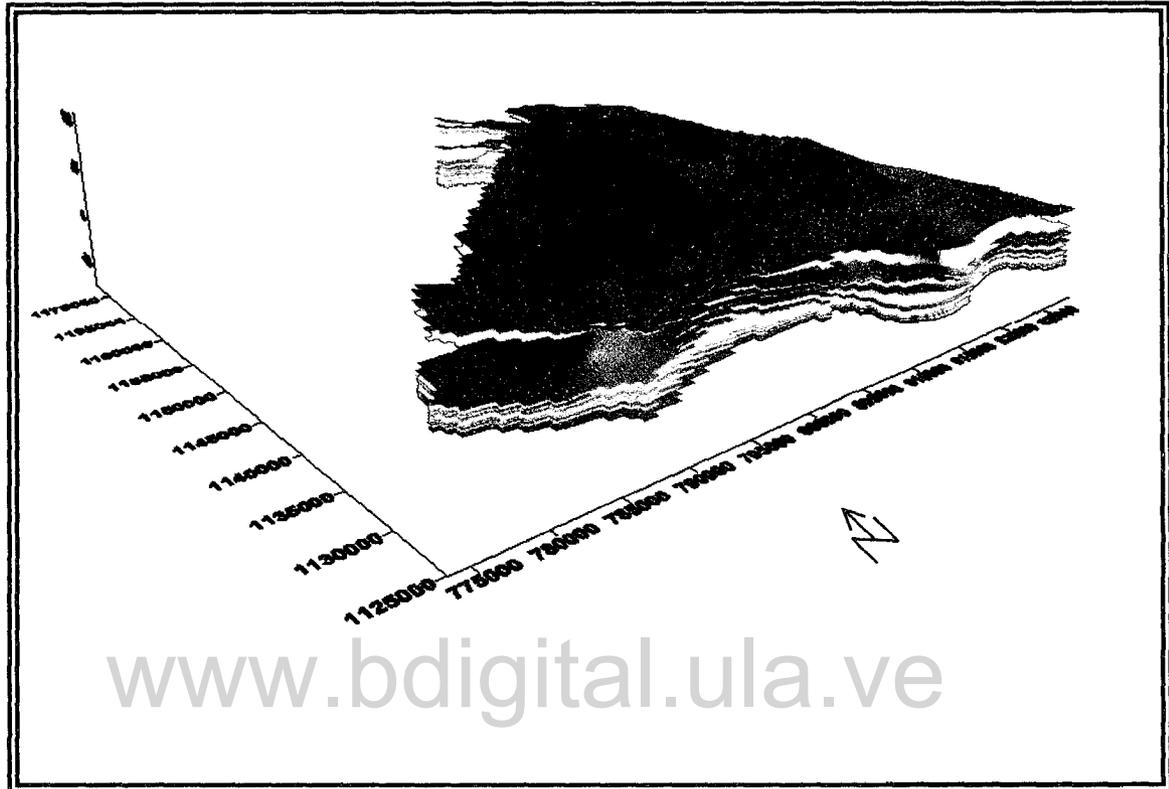


Figura IV-13. Modelo Hidrogeológico con la superficie del nivel freático sobrepuesta.

✓ **CÁLCULO DE RESERVAS PERMANENTES PERMEABLES.**

Como es posible observar en la Figura IV-13 el nivel freático sobrepasa algunas de las capas del Modelo Hidrogeológico, específicamente las primeras cinco capas. Para realizar el cálculo de las reservas permeables se debe hacer solo en las zonas saturadas, considerándose las primeras cinco capas como zonas parcialmente saturadas.

El programa **Golden Software Surfer 8.0** permite realizar el cálculo de volúmenes existentes entre capas a través del comando **Volume**. Pero antes

de realizar el cálculo fue necesario corregir aquellas capas donde el nivel freático está por encima de ellas. La corrección consiste en hacer que los datos de las capas mayores o por encima del nivel freático, tengan igual elevación; es decir, que cuando se calcule el volumen entre capa y capa, en estos lugares sea igual a cero. Con el programa **Surfer** se realizó con el siguiente procedimiento: yendo al menú **Grid** comando **Math**, se abre el Grid del nivel freático, buscar el grid de la capa que se quiere corregir y se le da un nombre al grid de salida que corresponde a la nueva capa corregida. El programa pide que introduzca una función la cual para este caso se establece la condición **if** ($a < b$, a, b) (Figura IV-14)

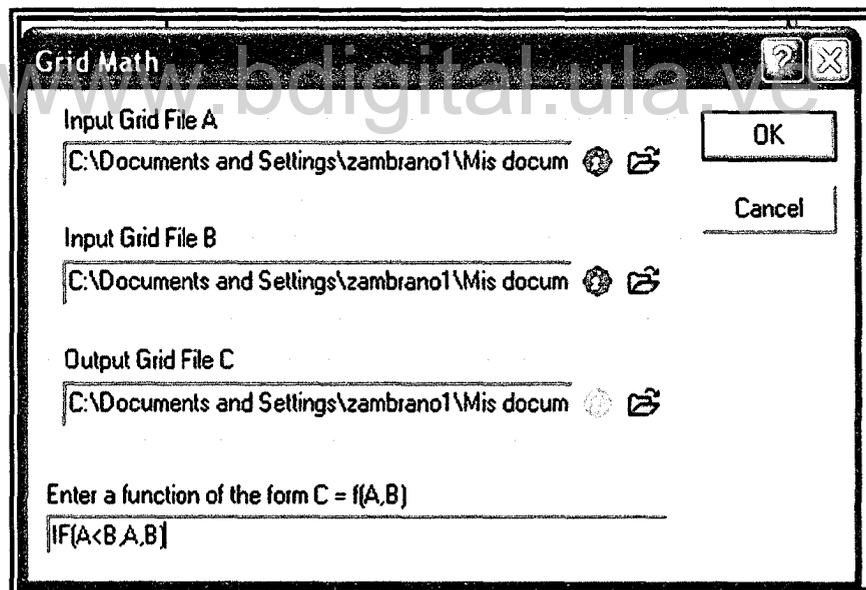


Figura IV-14. Generación del Grid de las capas corregidas en Surfer 8.0

Finalmente, es posible calcular el volumen entre capas permeables con el menú **Grid** comando **Volume**, se abre el tope de la capa permeable 1 se activa la casilla Grid File (Figura IV-15) y se abre la base de la misma capa permeable que vendría siendo el tope de la siguiente capa impermeable. El

programa genera un reporte el cual muestra el volumen calculado. (Figura IV-16).

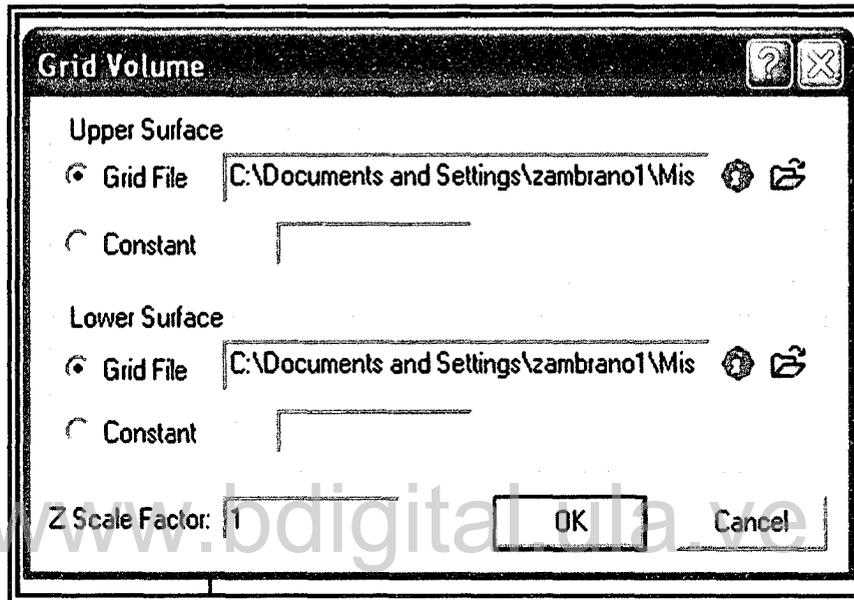


Figura IV-15. Cálculo del volumen en Surfer 8.0

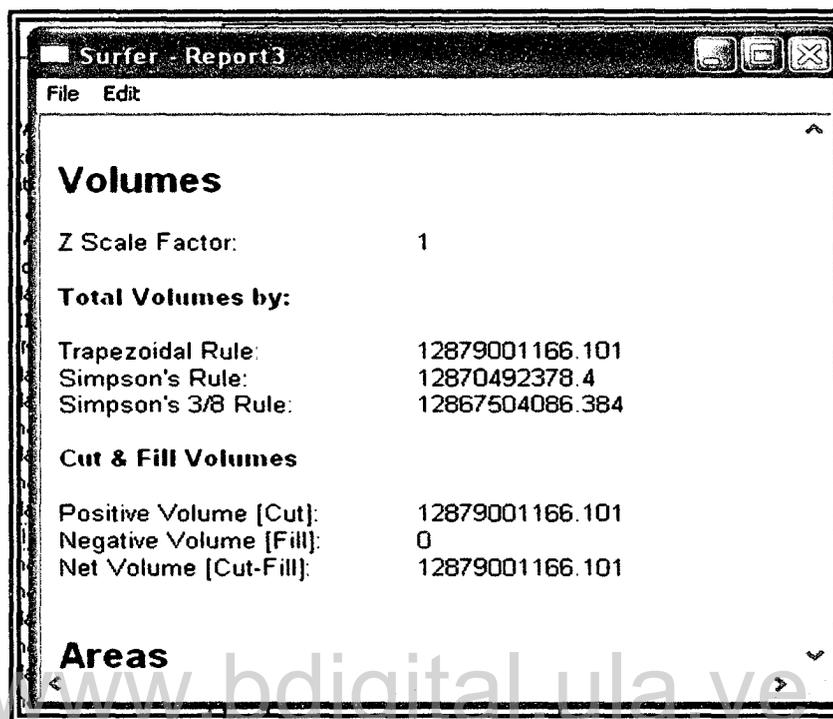


Figura IV-16. Reporte del volumen generado por Surfer8.0.

El valor del volumen que se toma para calcular el volumen total de capas permeables es el volumen neto; el volumen total vendría siendo la sumatoria de todos los volúmenes netos mostrados por todos los reportes.

Finalmente la reserva permanente se obtiene multiplicando el volumen permeable total saturado por la porosidad efectiva del material que constituye el acuífero. En este caso en particular, el acuífero está conformado por arenas, al cual le corresponde un valor de 20% como porosidad efectiva.

$$VRP = VPTS * \phi_c$$

Donde:

VRP = Volumen de reservas permanentes.



VPTS = Volumen permeable total saturado.

ϕ_c = Porosidad eficaz.

✓ **ELABORACION DEL MAPA DE ESPESOR SATURADO.**

Este mapa se elaboró a partir de la sumatoria de todas las capas saturadas que se encuentran en el modelo hidrogeológico conceptual obtenido anteriormente; es decir, se tomaron aquellas capas que se hallan por debajo del nivel freático. Para su creación se contó con la ayuda del programa **Surfer 8.0** y con el siguiente procedimiento:

Como primer paso se deben crear los **grid** correspondientes a los espesores existentes entre las capas permeables, que en este caso en particular es el espesor entre tope de la primera capa de arena con el tope de la siguiente capa de arcilla. Para ello se debe ir al menú **Grid** comando **Math**, aparece una ventana de diálogo en la que se selecciona el nombre del grid del tope de la primera arena y luego el tope de la arcilla sucesiva, se le da nombre al archivo o grid de salida y por último se le da la condición **C = A - B**. Este procedimiento se repite hasta completar todas las capas saturadas. (Figura IV-17).

En segundo lugar se deben sumar todos estos espesores para tener el espesor total saturado, para ello se va al menú **Grid** comando **Math** se selecciona el archivo de espesor número 1 y luego el archivo de espesor número 2, se le asigna un nombre al archivo de salida y se le da la condición **C = A + B**. Luego se va otra vez al menú **Grid** comando **Math** pero esta vez se utiliza el archivo de salida anterior con el archivo del espesor número 3, se le asigna la misma condición **C = A + B**. Este procedimiento se repite hasta tener como ultimo

archivo de salida la sumatoria de todos los espesores saturados y con este grid se realiza un mapa de contorno.

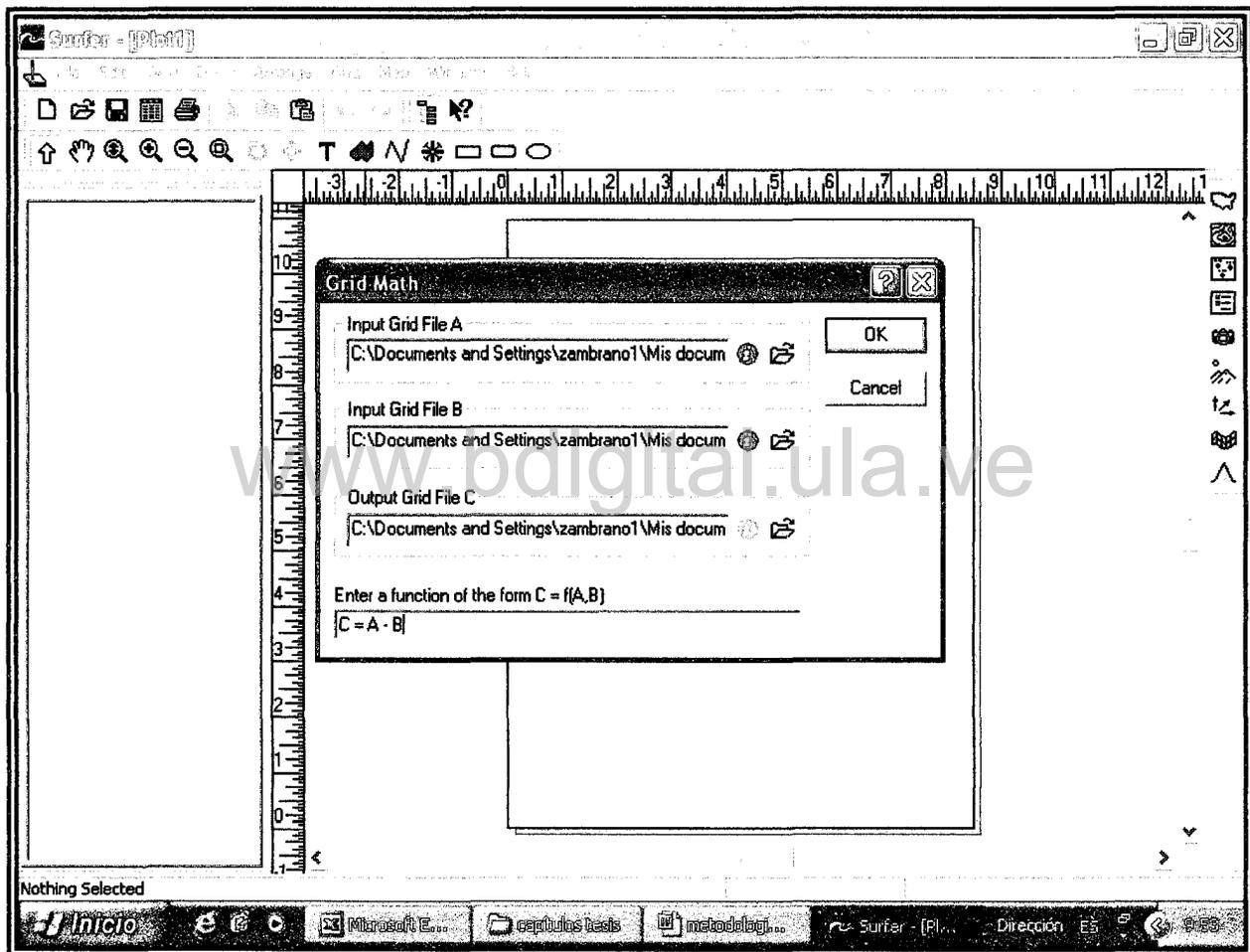


Figura IV-17. Creación del mapa de espesor saturado en Surfer 8.0.



✓ **ELABORACIÓN DE MAPAS PIEZOMÉTRICOS, PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE AGUA Y DE LÍNEAS DE FLUJO.**

En el programa Excel se realizó una base de datos con los pozos que contenían valores de nivel piezométrico y sus respectivas coordenadas UTM en donde el Este corresponde a la X en el sistema de coordenadas y el Norte corresponde a la Y. El nivel piezométrico fue calculado a partir de la fórmula:

$$NP = CT - H$$

Donde:

NP = Nivel piezométrico.

CT = Cota de terreno.

H = Distancia vertical medida desde la superficie del terreno hasta el nivel del agua.

De esta manera, se carga la base de datos creada en **Excel**, en el programa **Surfer 8.0**; con el menú **Grid** comando **data**. El método de mallado utilizado fue el de Mínima Curvatura, debido a la poca cantidad de pozos con que se disponía.

El mapa de contorno se obtiene abriendo el menú **Map**, con el comando **Contour Map** y por último se carga el grid blanqueado creado en el paso anterior. El programa genera un mapa de contorno el cual se modifica según criterio personal para su posterior presentación.

El mapa de profundidad del agua se realizó utilizando este mismo procedimiento pero con la base de datos inicial que se encontró en el inventario de pozos del MARN; es decir, sin realizar el cálculo con la ecuación anterior.

Por otro lado, el mapa de líneas de flujo se genera yendo al menú Map con el comando **Vector Map**, en la opción **New 1 grid Vector Map** y se carga el archivo de niveles piezométricos (Figura IV-18). Después de cargar el archivo el programa genera un mapa de vectores el cual indica la dirección del flujo.

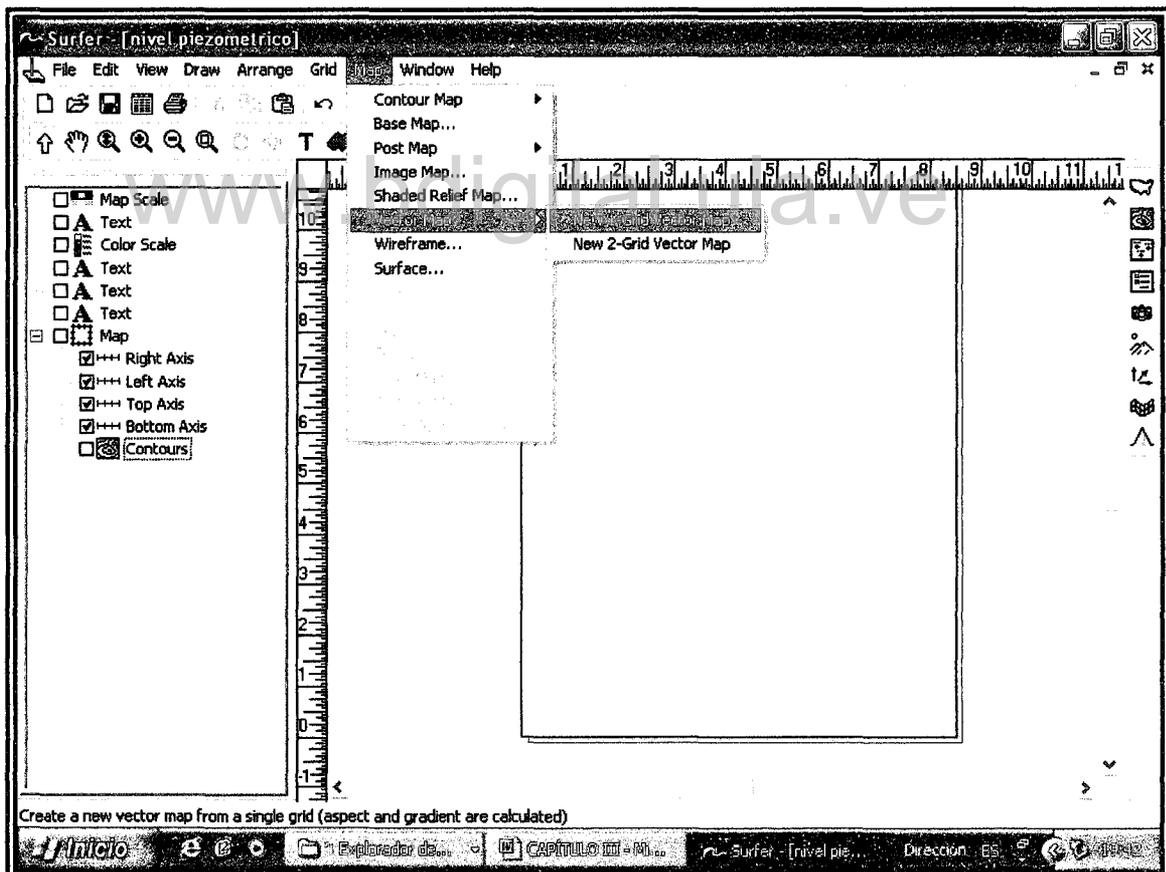


Figura IV-18. Creación del mapa de líneas de flujo en Surfer 8.0.



✓ **ELABORACION DEL MAPA DE CAUDAL.**

El mapa de caudal se realizó con la finalidad de visualizar, gráficamente en toda la superficie del área de estudio, los volúmenes de agua extraídos y así poder dar una idea de la intensidad de explotación en la zona. Para ello se utilizó la misma metodología del mapa de nivel piezométrico explicada en el apartado anterior. Se utilizaron datos de caudal de 93 pozos tomados del inventario del MARN. (Anexo I).

✓ **PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS.**

Se utilizaron las pruebas de bombeo realizadas a tres pozos ubicados en la zona de estudio. Los datos de las pruebas fueron tomadas de un trabajo realizado por la compañía TAHAL C.A. para HIDROCAPITAL en el año 2001. Estos pozos están ubicados en el sector La Madre Vieja al oeste de la zona de estudio (Figura V-17).

Debido a la escasez de datos de pruebas de bombeo no fue posible generar un mapa de Transmisividad para toda la región, por lo tanto se procedió a ubicar e un mapa los pozos que poseen dicha información.

Los valores de permeabilidad fueron calculados a través de la fórmula:

$$T = K * e$$

Despejando queda:

$$K = T / e$$



Donde

K = Permeabilidad

T = Transmisividad

E = Espesor saturado.

Los datos de espesor saturado se obtuvieron al ubicar los pozos con pruebas de bombeo sobre el mapa de espesor saturado e interpolando el valor correspondiente.

✓ **CÁLCULO DE LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO.**

Para la determinación de la recarga natural del acuífero o infiltración, se tomaron los datos del balance hídrico del Diagnóstico Hidrogeológico de la región de Barlovento (Anexo I), que muestra entre otros datos los de exceso así como también los de precipitación y evaporación, correspondientes a un período de 10 años. Sólo se tomaron los datos de siete estaciones pluviométricas que son las que se encuentran dentro de la zona de este estudio.

• **Mapa de Isoyetas.**

Con la finalidad de visualizar la precipitación en toda la zona de estudio se elaboró un mapa de contorno en el programa **Surfer 8.0** con el mismo procedimiento explicado anteriormente para la creación del mapa piezométrico, y a partir de los datos de precipitación que arrojaron las estaciones pluviométricas.



- **Recarga Natural del Acuífero.**

Se determinó la precipitación media de la cuenca por el método de los polígonos de Thiessen de la siguiente forma: teniendo las coordenadas geográficas de las estaciones pluviométricas primero fueron transformadas a UTM mediante la utilización del programa REGVEN, seguidamente se ubicaron en un mapa del área de la cuenca totalmente georeferenciado y blanqueado, posteriormente se procede a delimitar las diferentes áreas parciales con el programa *AutoCad* y utilizando el método de los polígonos de Thiessen.

Por último se calcula la precipitación media utilizando la fórmula:

$$P_m = \frac{\sum (A_i * P_i)}{A_{total}}$$

Para la determinación de la recarga o infiltración se necesitan conocer datos de excesos, en donde el Exceso = $P_m - ETR$, estos datos fueron tomados del balance hídrico (Anexo I); por otro lado se realiza una observación de algunas de las características fisiográficas del área de estudio donde se menciona que presenta suelos aluvionales recientes aptos para el cultivo lo que hace clasificarlos como suelos semipermeables con cobertura vegetal de cultivos y pendientes suaves de 5%. Con esto se procede a calcular el coeficiente de escorrentía (C_e) que aparece tabulado (Anexo I).

Para un suelo con las características mencionadas, el coeficiente de escorrentía es 0.45. Teniendo esto se calcula el escurrimiento con la fórmula:

$$E_{scurrimento} = C_e * Exceso$$



Finalmente la recarga o infiltración es:

$$\text{Infiltración} = \text{Exceso} - \text{Esguerrimiento}$$

✓ **CLASIFICACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS AGUAS.**

Para la clasificación geoquímica de las aguas se utilizaron diagramas basados en la presencia de iones (aniones y cationes) predominantes en las aguas. Entre los diagramas utilizados están el Diagrama Triangular de Piper y el de Wilcox.

Se utilizó la información química que se encontraba en el Diagnóstico Hidrogeológico de la región de Barlovento realizado por Alvarado, J. 1981 y se completó con datos de algunos pozos proporcionados por el MARN, para la realización de una base de datos con información química (Anexo I).

Esta base de datos fue creada en el programa Ground Water for Windows (GWW), utilizando el menú **Applications** comando **Chemistry** con la opción **samples**. Se despliega una ventana en donde se pueden introducir todos los datos correspondientes a la química del agua.

La base de datos fue dividida en dos zonas: zona 1 y zona 2. La zona 1 está conformada por los pozos que se encuentran en las secciones 6349 y 6350 de la hoja cartográfica 6947 (Higuerote) y la zona 2 corresponde a las secciones 6249 y 6250 de la hoja cartográfica 6946 (Caucagua). La selección de los grupos se realiza eligiendo en la barra de menú **Data**, opción **Make Data Group** y se seleccionan los pozos que se desean desplegar en el diagrama.



Posteriormente se generan los diagramas yendo a la barra de menú **Diagrams** y se elige el diagrama que se quiere construir.

✓ **ELABORACIÓN DE MAPAS CON INFORMACIÓN QUÍMICA**

La calidad del agua se determina en base a sus propiedades físico químicas, es por ello que es necesaria la elaboración de mapas que muestren las características químicas del agua. Entre estos mapas podemos mencionar los siguientes:

- Mapa de conductividad
- Mapa de sólidos disueltos
- Mapa de pH.

www.bdigital.ula.ve



CAPÍTULO V

Análisis de resultados.

- **Mapa geológico.**
- **Secciones
estratigráficas.**
- **Modelo hidrogeológico
conceptual.**
- **Reservas permanentes.**
- **Mapa de espesor
saturado.**
- **Mapa de caudales.**
- **Mapa piezométrico.**
- **Mapa de líneas de flujo.**
- **Recarga del acuífero**
- **Mapas con información
química**
- **Clasificación
geoquímica de las
aguas.**

CAPITULO V

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. MAPA DE UBICACIÓN DE POZOS.

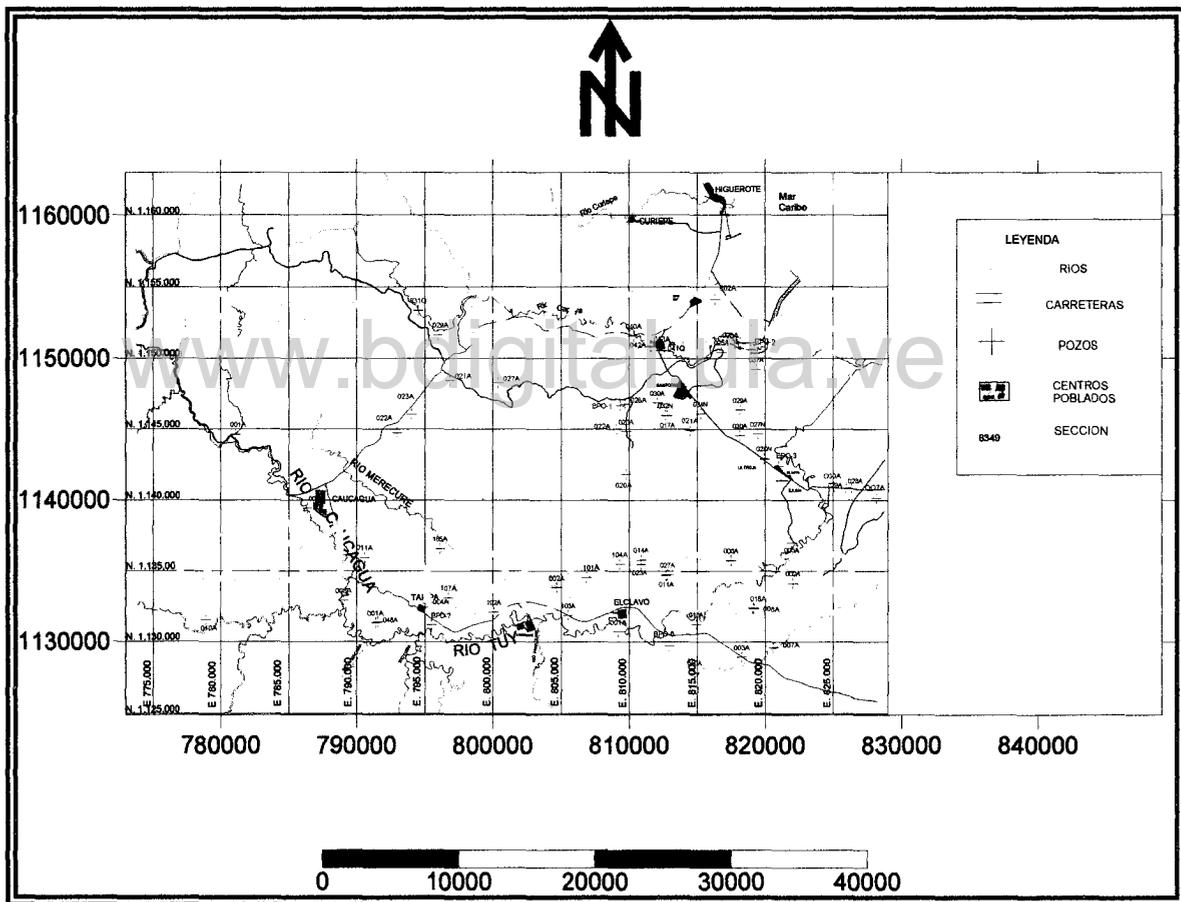


Figura V-1. Mapa de ubicación de pozos.

Este mapa muestra la ubicación de todos los pozos que se hallan dentro del área de estudio. Se puede observar que la mayor cantidad de pozos se encuentran hacia el centro del área y si se ve con detalle la escala del mapa,



se nota que entre los pozos existe una gran distancia, lo que constituye un problema al momento de realizar las interpretaciones en las correlaciones.

5.2. FASE DE CAMPO.

La presencia de las formaciones geológicas en el mapa geológico obtenido, fueron verificadas durante la etapa de campo.

✓ La sección tipo de la Formación Caucagua se encontró en la carretera Caucagua-Tapipa. Presenta un espesor aproximado de 7,4 metros. Se observan sedimentos conglomeráticos poco consolidados, areniscas de grano fino friables con color pardo amarillento que meteorizan de pardo oscuro a rojizo; esta coloración oscura o rojiza es debida a la presencia de óxidos de hierro. No se muestran bien estratificados por tanto no se pudo hacer mediciones de rumbo y buzamiento.

✓ La sección de la Formación Mamporal fue hallada en la Carretera Tacarigua de Mamporal-Río Chico. Se observaron sedimentos continentales friables, de color rojizo, de grano grueso a conglomeráticos embebidos en una matriz arcillosa, intercalados con capas de arcillas de color verde dispuestas en posición horizontal. La coloración predominantemente rojiza de la Formación es debida a la gran cantidad de óxidos de hierro que contiene.

✓ La Formación Urape se encontró aflorando en la carretera Caucagua hacia Caracas o en la región de Miranda occidental. La sección tiene un espesor de 11 metros. Presenta filitas y cuarcitas en capas finas

interestratificadas, de color gris que meteorizan a pardo. Se midió la dirección de la foliación obteniéndose un resultado de 18° SE.

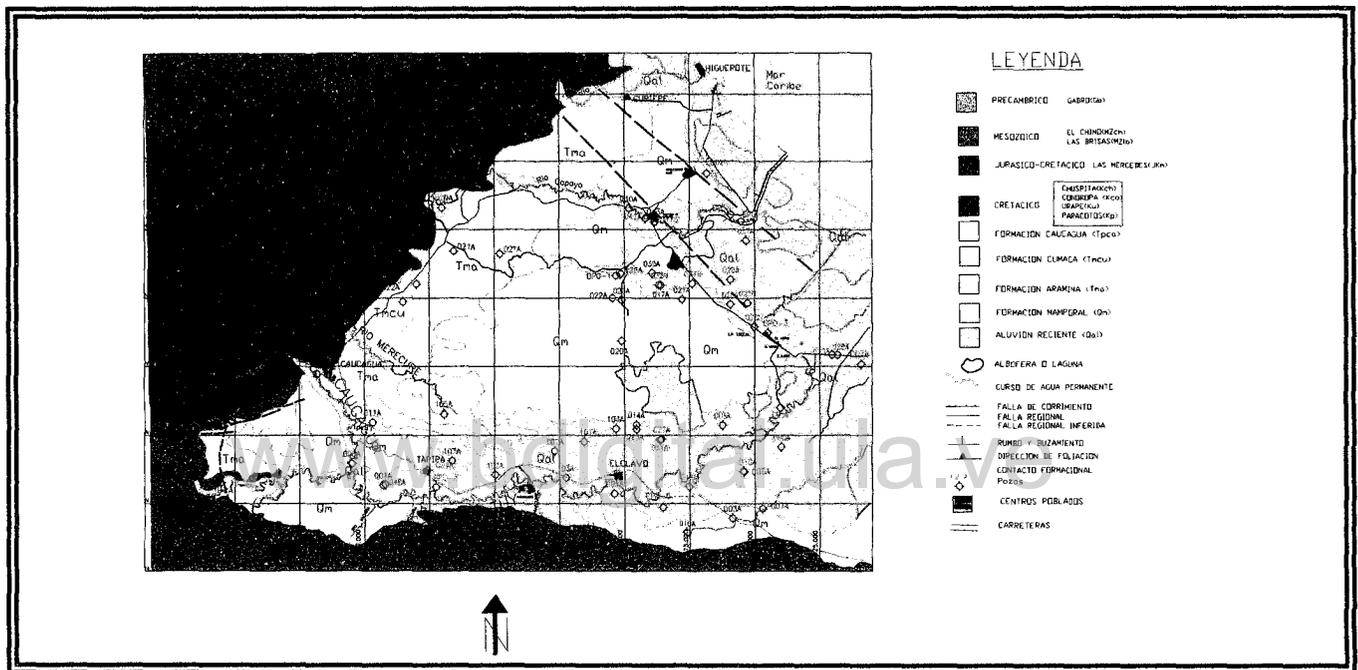


Figura V-2. Mapa Geológico del área de estudio. Modificado de Alvarado (1981).

5.3. ANALISIS DE LOS ORTOFOTOMAPAS.

El área en estudio representa una zona con suelos óptimos para la actividad agrícola, lo cual es completamente evidenciado por los amplios terrenos ocupados por vegetación. Entre los ríos presentes en la zona destaca la presencia del Río Tuy, cuyo cauce es perfectamente delineado en los ortofotomapas y que constituye la principal fuente de aporte de sedimentos. También se observa la presencia de otros ríos importantes como el Capaya y el



Panaquire. En cuanto al relieve se observan desde relieves abruptos con altas pendientes, pasando a pequeñas mesetas, y finalmente relieves con pendientes muy suaves. (Anexo II)

Hacia la parte sur del área de estudio (hojas 6946 1-SO Y 6946 1-SE), se identifica el contacto entre las rocas metamórficas de la Serranía del Interior y los sedimentos aluvionales de la cuenca del bajo Tuy; contacto evidenciado por un marcado cambio de relieve. Por otro lado, la zona montañosa (Serranía del Interior) presenta un drenaje dendrítico bien marcado el cual surge directamente al Río Tuy.

El Río Tuy describe una geometría meandriforme desplazándose en dirección oeste-este, dejando canales abandonados hacia sus márgenes. En la hoja 6946-I-SE, cerca de la población del Cumbo, el Río Tuy comienza a cambiar su dirección hacia el NE.

En la hoja 6946-I-NE (Figura V-3), hacia el oeste se observa un cambio litológico correspondiente al contacto entre los depósitos aluvionales recientes y las rocas de la Formación Mamporal que se caracterizan por tener un relieve mas elevado pero también de bajas pendientes. El Río Tuy vuelve a experimentar un cambio en su dirección pasando del noreste al noroeste; este cambio se asocia al control estructural ejercido por la Falla de La Victoria.

En la hoja 6946-I-NO se sigue observando el cambio litológico entre la Formación Mamporal y los depósitos aluvionales recientes; los cambios vegetacionales son evidentes, siendo la vegetación mucho más densa hacia las rocas de la formación Mamporal lo que manifiesta la presencia de material con granulometría mas compacta y uniforme, que a su vez forman pequeñas



terrazas. Mas hacia el oeste se pone en contacto la Formación Mamporal y la Formación Aramina, esta ultima caracterizada por tener relieves bastante suaves y con muy poca vegetación.

El Río Tuy en la hoja 6947-II-SO retoma de nuevo la dirección hacia el noreste, siguiendo las zonas de más baja pendiente. A pocos kilómetros de la costa el río cambia su geometría meandriforme por una rectilínea, provocada por la acción del hombre para fines civiles. Hacia el norte se tiene al Río Capaya con una geometría meandriforme y al igual que el Río Tuy su dirección va en sentido oeste-este desde las zonas montañosas buscando las zonas de bajas pendientes donde desemboca en el Mar Caribe. Este río también es alineado a pocos kilómetros de la costa, y a sus alrededores se desarrolla una intensa actividad agrícola y turística. El Río Capaya no realiza un aporte de carga de sedimentos importante hacia la costa, ya que no se ven indicios de la formación de un delta.

El carácter antropico aumenta en la zona perteneciente a las hojas 6947-II-SE Y 6947-II-NE, recalca la presencia de uno de los poblados mas grandes del área como lo es Higuero. Es posible observar la existencia de abundante material aluvional, el cual es aprovechado con fines agrícolas.

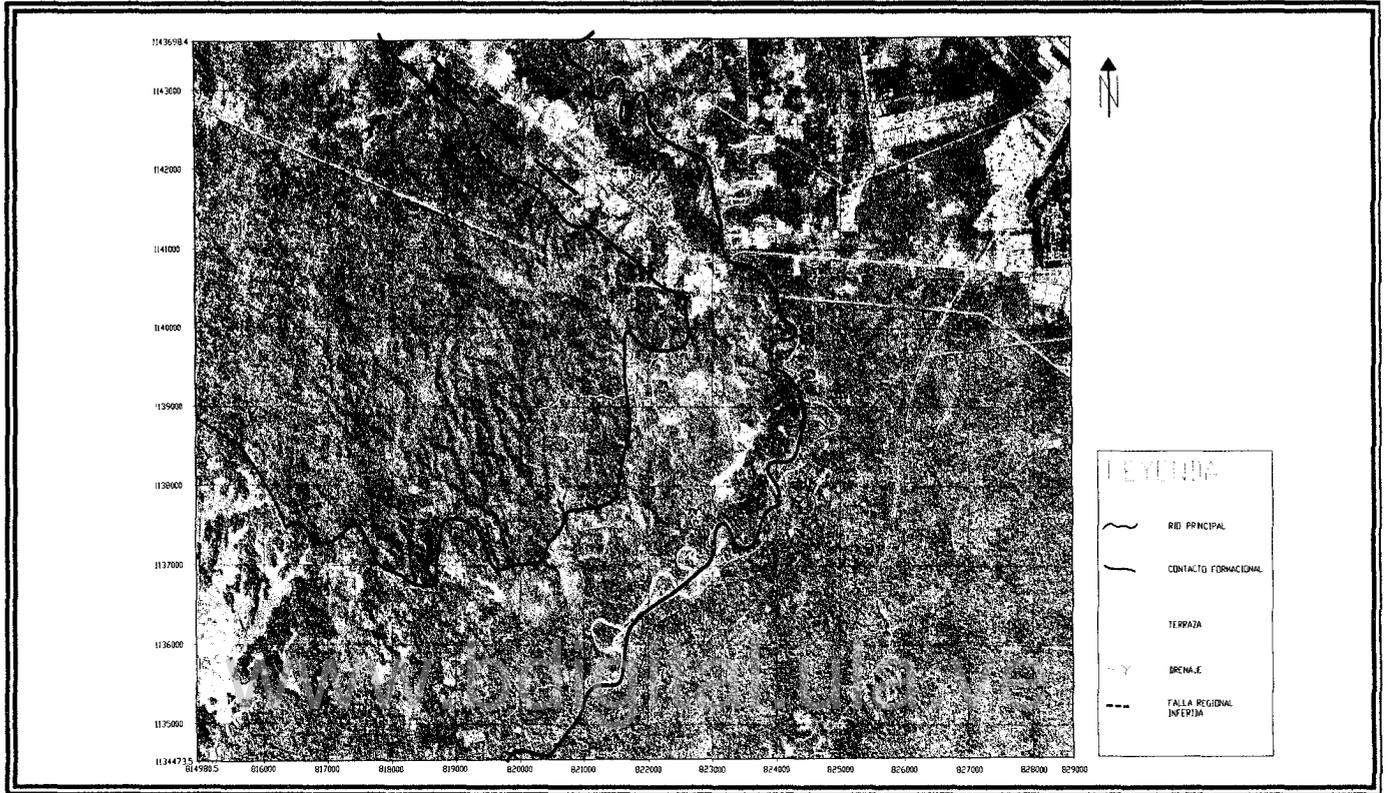


Figura V-3. Ortofotomapa 6946-I-NE representativo del área de estudio.

5.4. MAPA DE UBICACIÓN DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS.

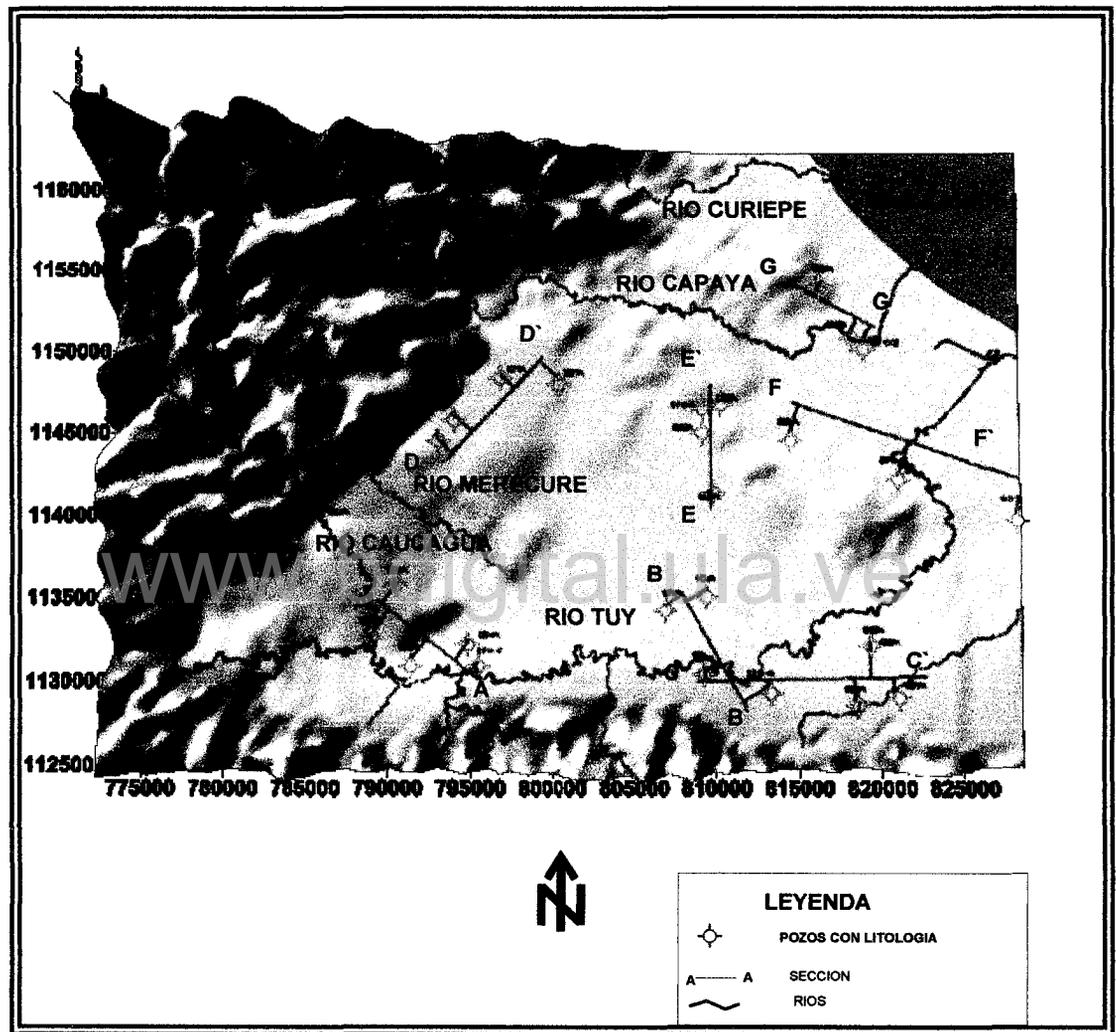


Figura V-4. Mapa de ubicación de secciones estratigráficas.



5.5. ANÁLISIS DE LAS SECCIONES ESTRATIGRAFICAS.

5.5.1. Sección estratigráfica A-A'

Ubicada al sur-este del área de estudio. Comprende los pozos MI6251011A, MI6251008A, MI6251001A, MI6250004A Y BPO07. Los pozos se sitúan hacia la margen izquierda del curso del Río Tuy sobre el aluvión reciente, a excepción del pozo MI6251008A que se ubica en la margen izquierda del Río Caucagua cerca del punto de unión con el Río Tuy. Esta sección se caracteriza por presentar grandes espesores de arena con una gran continuidad lateral, representando excelentes condiciones para la acumulación de agua.; por otra parte las arcillas presentan una buena continuidad hacia la parte superior de la sección, aumentando su presencia hacia el sur-este donde se presentan en forma de lentes, una parte del acuífero en esta zona tiene un comportamiento libre. (Figura V-5).

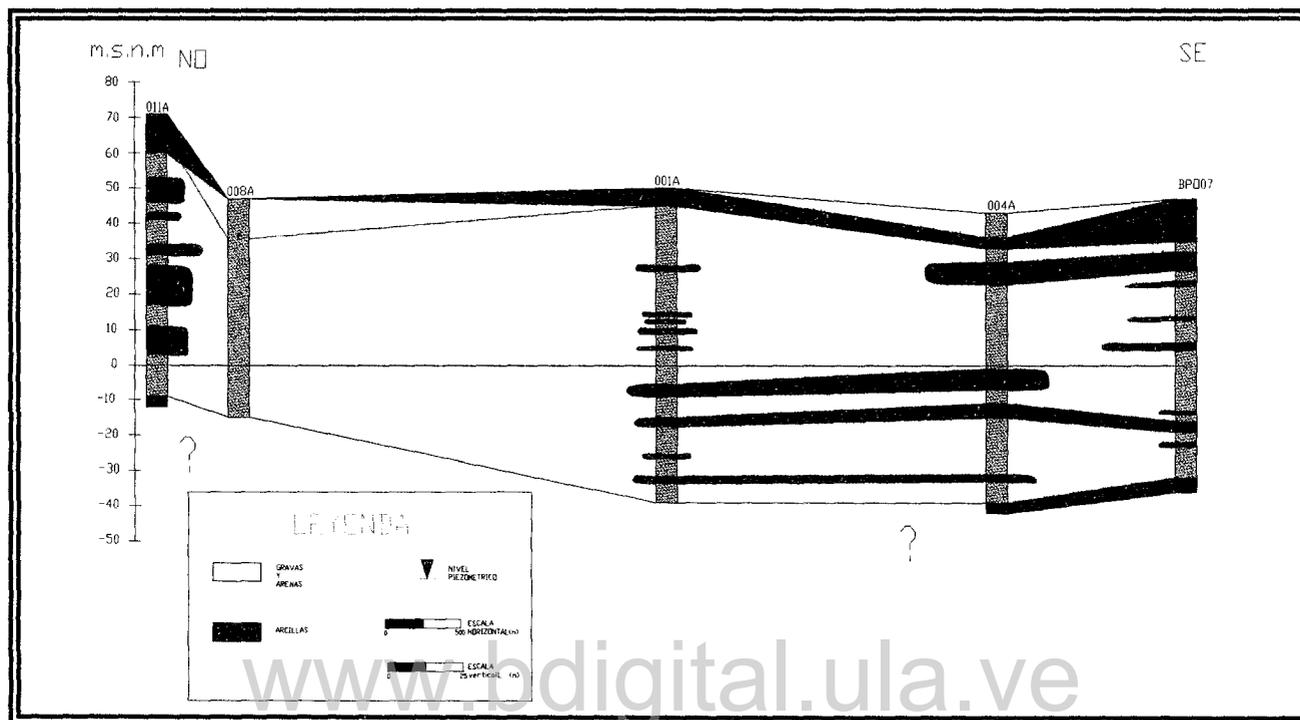


Figura V-5. Sección estratigráfica A-A'.

5.5.2. Sección estratigráfica B-B'.

Ubicada hacia el sur del área de estudio, hacia la margen derecha del Río Tuy, comprende los pozos MI6249008A, MI6250001A, BPO-06, MI6249003A, MI6249007A. El material impermeable (arcillas) es el que representa los mayores espesores en toda sección. El material permeable (arenas) presenta un buen espesor entre los pozos MI6251001A Y BPO-06 que representa buenas condiciones para la acumulación de agua. También destaca hacia la parte inferior de la sección una capa de arena cuya extensión lateral solo es comprobable hasta el pozo BPO-06, ya que hacia la parte oeste el pozo MI6251001A, no muestra suficiente información litológica en profundidad. La

presencia de la capa arcilla superficial permite preservar el agua subterránea de la acción de agentes contaminantes provenientes de las aguas superficiales Cabe destacar, que tanto en esta como en todas las secciones estratigráficas trazadas en el área de estudio no se pudo representar el basamento debido a la poca profundidad de los pozos con información litológica. Se puede observar en las cercanías del pozo BPO-06 pequeños lentes de arenas que podrían tener un comportamiento de acuífero colgado. (Figura V-6).

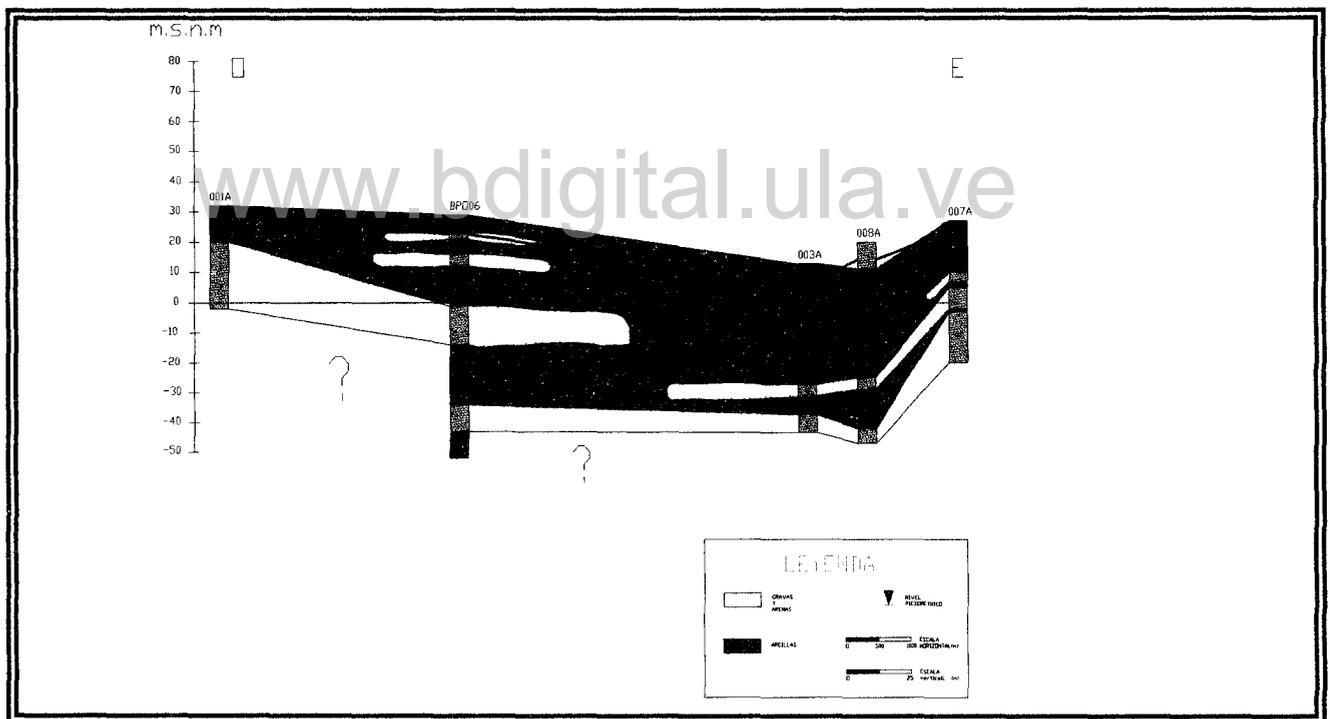


Figura V-6. Sección estratigráfica B-B'.

5.5.3. Sección estratigráfica C-C'.

Ubicada en la parte sur del área de estudio, atraviesa de forma transversal al Río Tuy. Comprende los pozos MI6250001A, MI6250101A, MI6250104A y



BPO-06. El acuífero esta confinado en toda la sección por una capa de material impermeable de gran extensión lateral que además protege el agua subterránea de los agentes contaminantes en superficie. Destacan dos importantes capas de material permeable, las cuales se encuentran por debajo del nivel freático reuniendo así, buenas condiciones para la acumulación de agua debido a su espesor y excelente continuidad en toda la sección. La primera se halla en la parte media de la sección en medio de dos capas de material impermeable de gran espesor, hacia los extremos de esta capa es común la interdigitación con algunas capas de arcillas. La segunda capa de material permeable se halla en la parte inferior de la sección aunque su espesor es menor que la primera. Hacia la parte media de la sección el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. (Figura V-7).

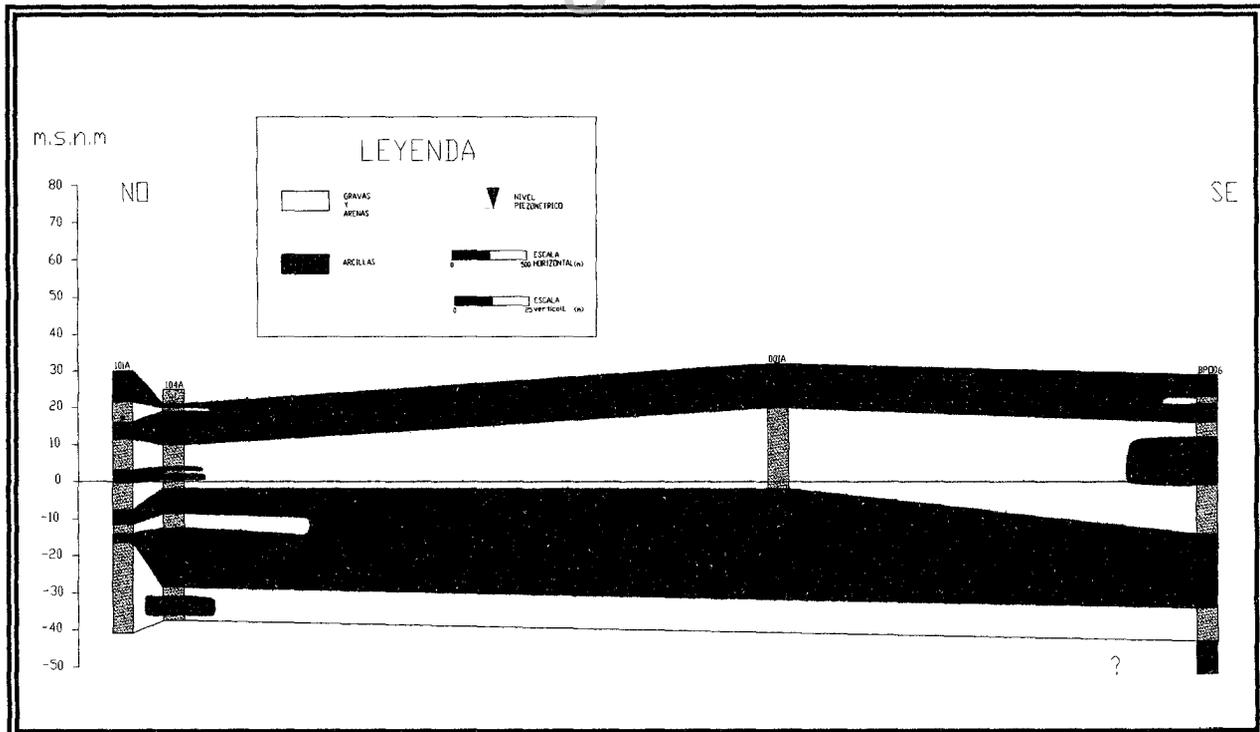


Figura V-7. Sección estratigráfica C-C'.



5.5.4. Sección estratigráfica D-D'.

Ubicada hacia el Noroeste del área de estudio, comprende los pozos MI6350021A, MI6350022A, MI6350023A, estos pozos son los de mayor cota entre los pozos con información litológica. La sección en general representa altos volúmenes de material impermeable. Entre los pozos MI6350021A y MI6350023A se observa una capa de material permeable en donde su mayor parte se encuentra por debajo del nivel piezométrico; esta capa representa un buen reservorio de aguas subterráneas. Entre los pozos MI6350023A y MI6350023A se observan algunos intervalos arenosos cuya continuidad lateral no es posible determinar debido a la poca información litológica del pozo MI6350021A. Presenta un comportamiento de acuífero confinado hacia el SO y un comportamiento de acuífero libre hacia el NE. (Figura V-8).

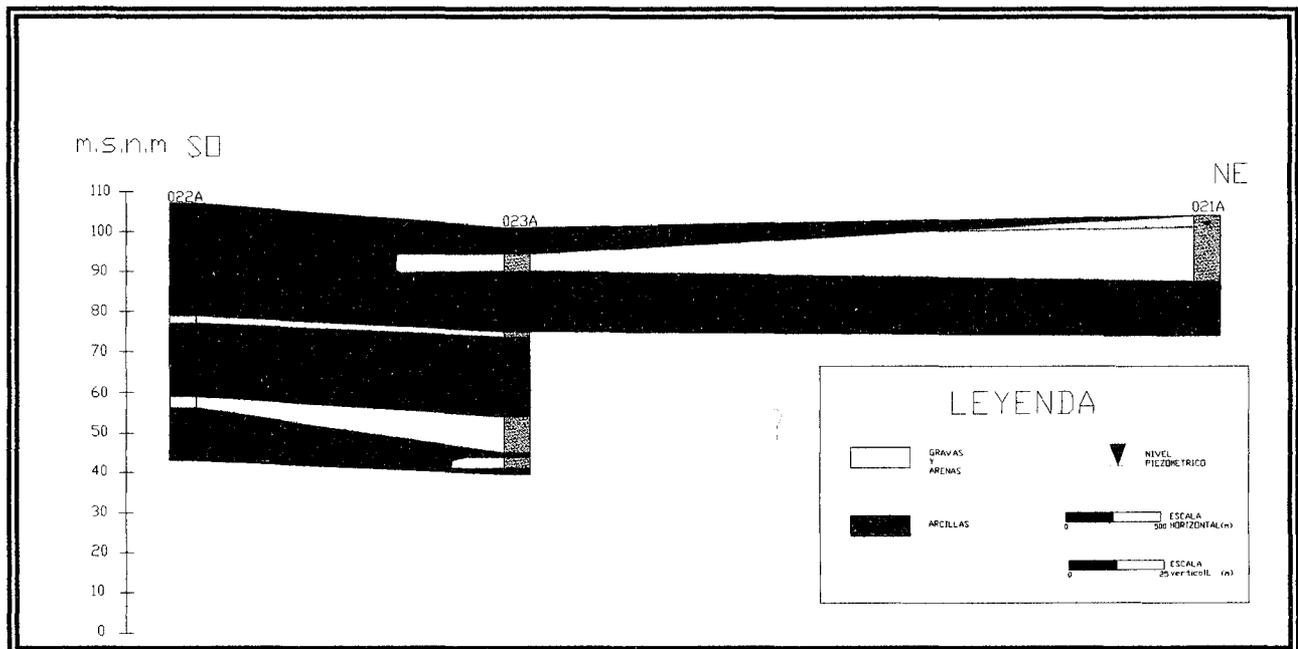


Figura V-8. Sección estratigráfica D-D'.



5.5.5. Sección estratigráfica E-E'.

Ubicada en la parte central del área estudio. Comprende los pozos BPO-01, MI6349022A, MI6350020A. Es evidente el dominio del material impermeable a lo largo de toda la sección, esto refleja una energía de depositación muy baja en la parte central de la cuenca. Destaca una capa permeable (arena) con continuidad lateral en toda la sección y algunos lentes de arena en el pozo BPO-01 que por debajo del nivel freático reúnen buenas condiciones para la acumulación de agua, pero con espesores de acuíferos muy pequeños manteniendo un comportamiento libre; sin embargo la recarga vertical puede verse mermada por la presencia de 10-15 m de arcilla que impiden su rápida recuperación, por tal motivo, se puede resumir que la explotación intensiva en este sector puede ocasionar grandes problemas en las reservas acuíferas. (Figura V-9).

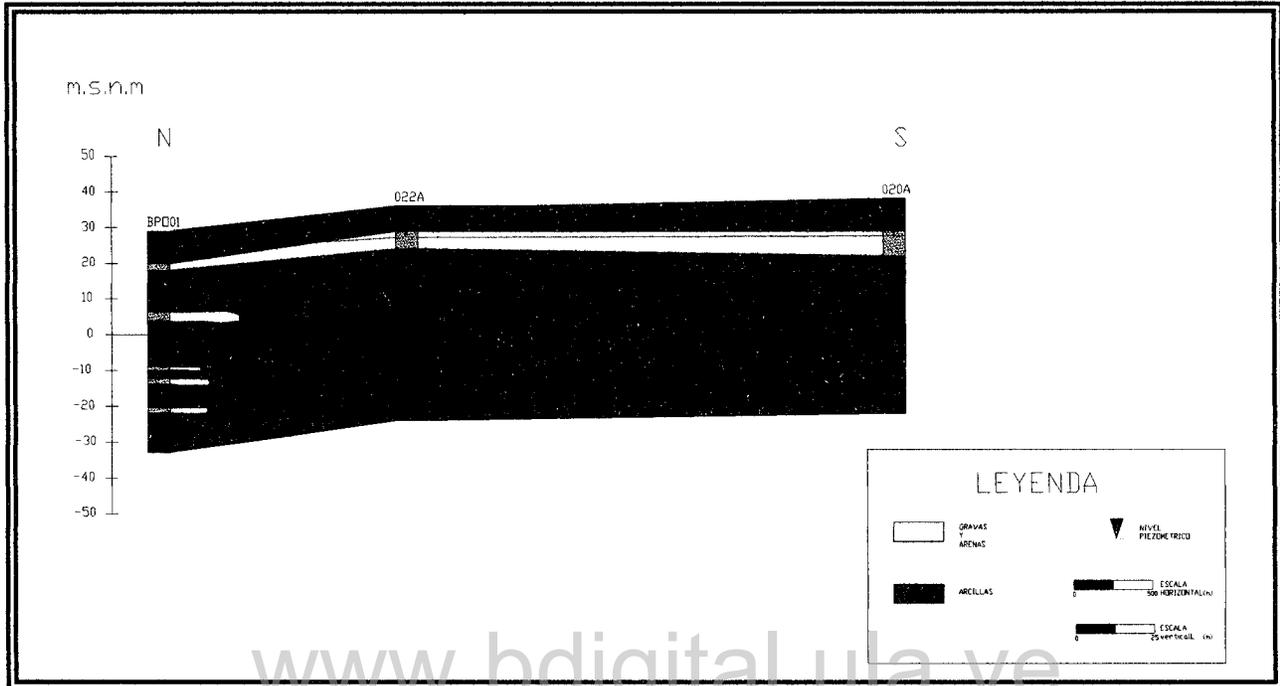
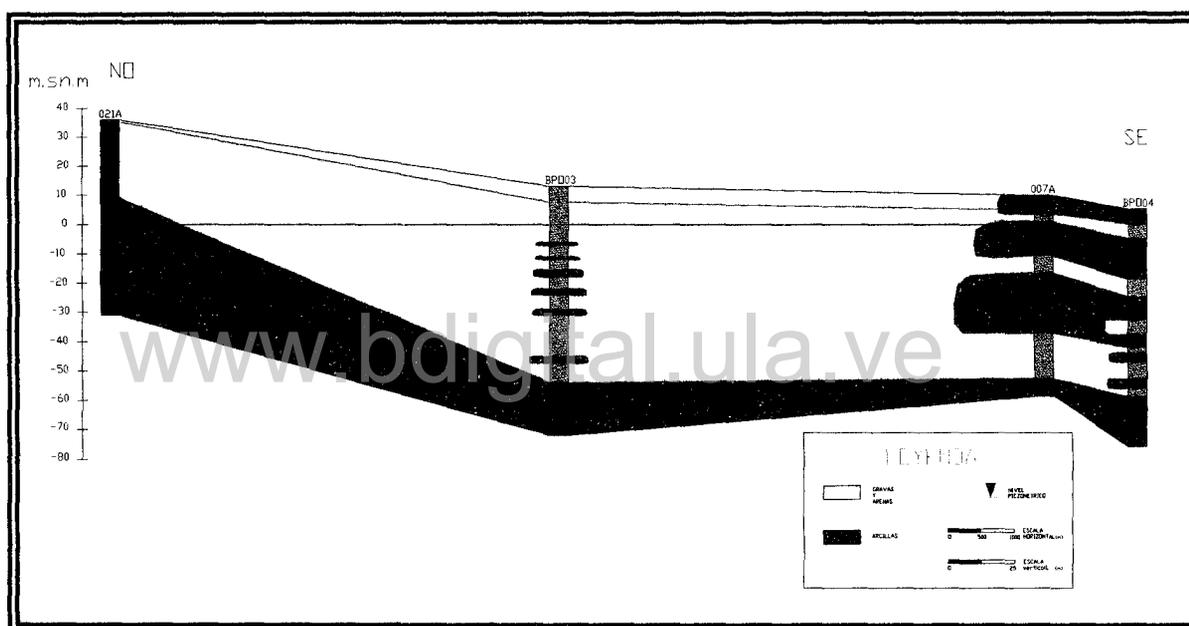


Figura V-9. Sección estratigráfica E-E'.

5.5.6. Sección estratigráfica F-F'.

Ubicada al Noreste del área de estudio. Comprende los pozos BPO-04, BPO-03, MI6349021A, MI6248007A. La sección atraviesa el cauce del Río Tuy. En los pozos ubicados hacia la margen derecha del Río Tuy (MI6349021A y BPO-04), Se caracterizan por presentar abundante material impermeable (arcilla), intercalado con capas de material permeable (arenas), esta condición se va perdiendo a medida que se avanza hacia la margen izquierda del Río Tuy donde el material permeable es dominante. En la parte central de la sección se observan los mayores espesores de arena, con algunas intercalaciones menores de lentes de arcilla, constituyendo una zona excelente para la acumulación de agua. Mas hacia el noroeste y alejado de los márgenes del Río Tuy en le pozo MI6349021A, los espesores de arena disminuyen mientras que

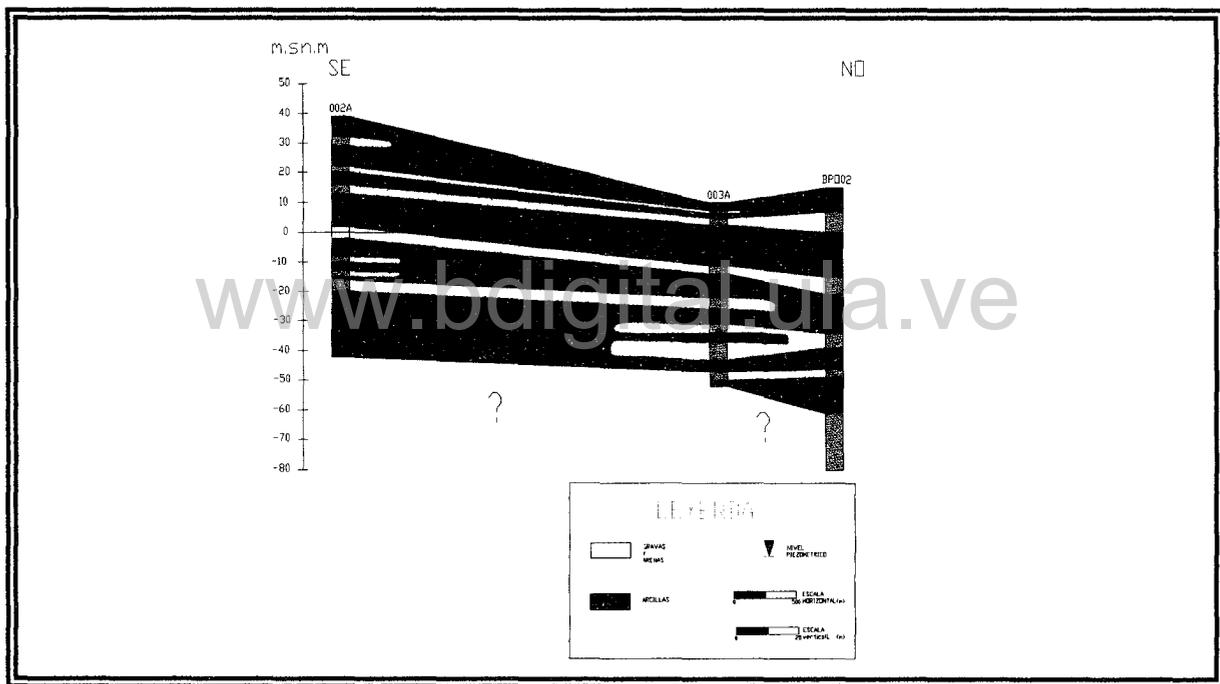
la capa de arcilla aumenta reflejando un descenso en la energía de depositación. En cuanto al nivel del terreno hacia el noroeste se encuentran las cotas más altas, pero a medida que avanzamos hacia el sureste en dirección de la costa la pendiente del terreno disminuye gradualmente. Presenta casi en su mayoría un comportamiento libre. (Figura V-10).



5.5.7. Sección Estratigráfica G-G'

Ubicada hacia el noreste del área de estudio, cercana a los márgenes del Río Capaya. Comprende los pozos BPO-02, MI6349002A y MI6349003A. En general el material predominante es el impermeable (arcillas), sin embargo la sección presenta una importante intercalación de material arcilloso y arenoso con gran continuidad en toda la zona. Las capas de material permeable yacen por debajo del nivel freático constituyendo zonas con grandes probabilidades para la acumulación de agua. Hay que destacar que a lo largo de la sección el

acuífero se encuentra protegido de agentes contaminantes externos, que pueden afectar la calidad del recurso hídrico. Existe cierta inclinación hacia el sureste donde aumenta la pendiente de terreno, debido a la inclinación del basamento que yace a profundidad sin embargo dicha información es inferida al no poseer información litológica del mismo. (Figura V-11).



5.6. MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL.

Este modelo se realizó con la finalidad de simular el comportamiento del acuífero, observando tridimensionalmente sus características como son números de capas, condiciones del nivel freático y sus límites, tanto verticales como horizontales (Figura V-12). Por otro lado, dicho modelo permite calcular

el volumen total saturado de capas permeables y a partir de este hacer una estimación de las reservas del acuífero, considerado como un factor de gran importancia a la hora de realizar un estudio hidrogeológico. El modelo hidrogeológico obtenido está compuesto por ocho capas permeables y nueve capas impermeables.

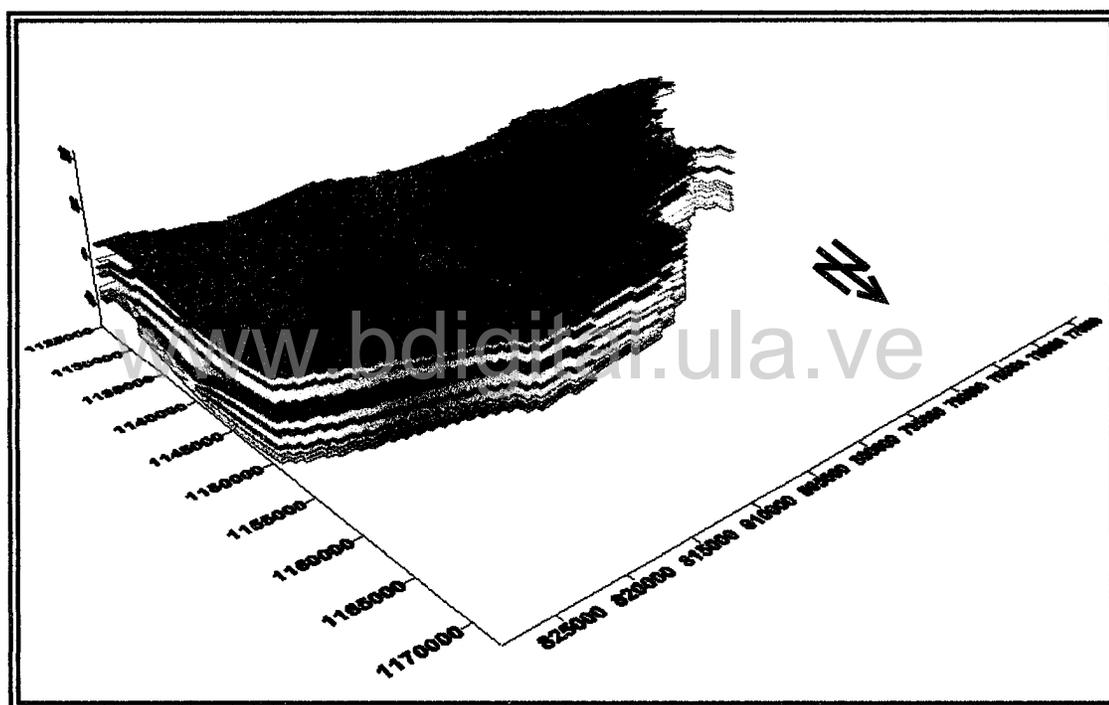


Figura V-12. Modelo hidrogeológico conceptual en 3D con Surfer 8.0

Es necesario resaltar que el modelo conceptual obtenido presenta una desventaja a la hora de realizar los cálculos, pues para su generación se han considerado los límites de las capas totalmente continuos, sabiendo que en algunos pozos no se presentan; a pesar de esto hoy en día esta es una herramienta indirecta de planeación y administración de recursos hídricos subterráneos, muy utilizado y de gran confiabilidad.



5.7. RESERVAS PERMANENTES DEL ACUÍFERO

A partir del modelo hidrogeológico conceptual se determinó el volumen de las reservas permanentes de agua. En la tabla V-1 se muestra el resultado del volumen permeable total saturado.

TABLA V-1. Volúmenes de las capas permeables

CAPA	VOLUMEN PERMEABLE(m³)
Arena 1	12879001166
Arena 2	4065897259
Arena 3	3715975995
Arena 4	8145901644
Arena 5	4419308719
Arena 6	3020010687
Arena 7	2210151162
Arena 8	2310706092
Volumen Total (m³)	40766952724

El volumen de reservas permanentes será:

$$VRP = VPTS * \phi_c$$

$$VRP = 40766952724\text{m}^3 * 0.2$$

$$VRP = 8153390545\text{m}^3$$

Este valor indica que el potencial de la reserva permanente del acuífero es excelente; lo que garantiza, bajo un régimen de explotación adecuado, el suministro de agua subterránea como fuente alterna para el abastecimiento de agua en la región.



5.8. MAPA DE ESPESOR SATURADO.

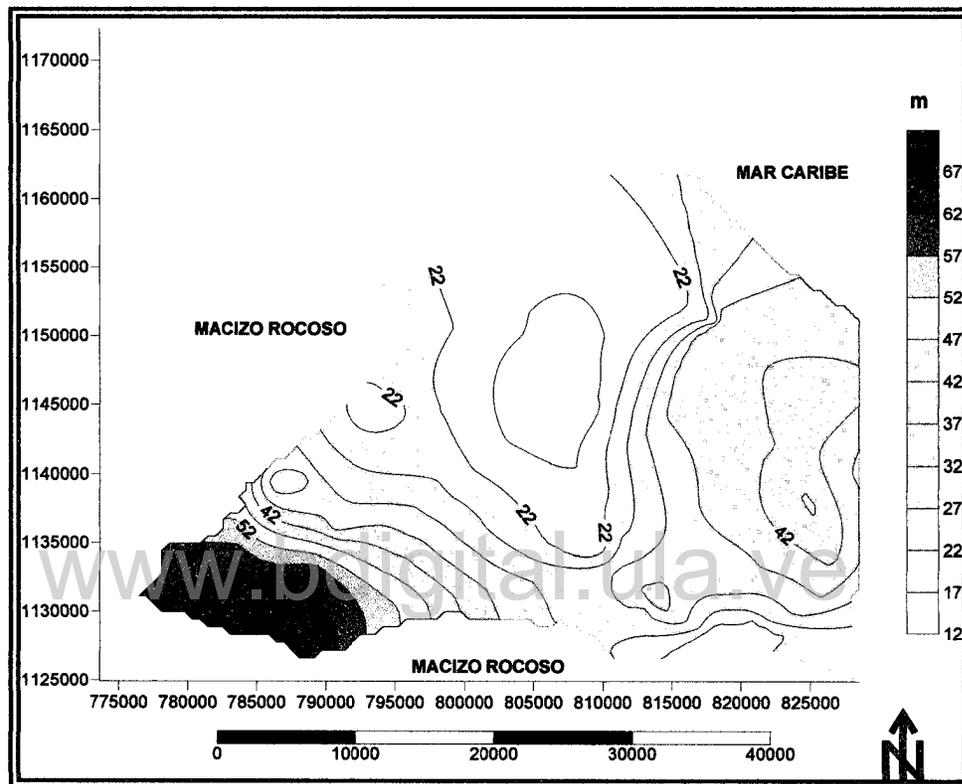


Figura V-13. Mapa de espesor saturado.

Este mapa muestra la ubicación espacial de espesores de los cuerpos permeables (arenas y gravas) que son los capaces de almacenar el agua.

Según el mapa (Figura V-13), se puede observar que los mayores espesores se encuentran hacia el suroeste del área de estudio y los espesores intermedios hacia el este, correspondiendo hacia las zonas donde la litología es conformada por material aluvional reciente. El resto de la zona ubicada hacia el frente del macizo rocoso del oeste, presenta cuerpos permeables con espesores que van desde 12 hasta 37 metros; hacia esta parte se encuentra la



Formación Aramina cuya litología indica la presencia de material un poco más arcilloso.

5.9. MAPA DE LÍNEAS DE FLUJO.

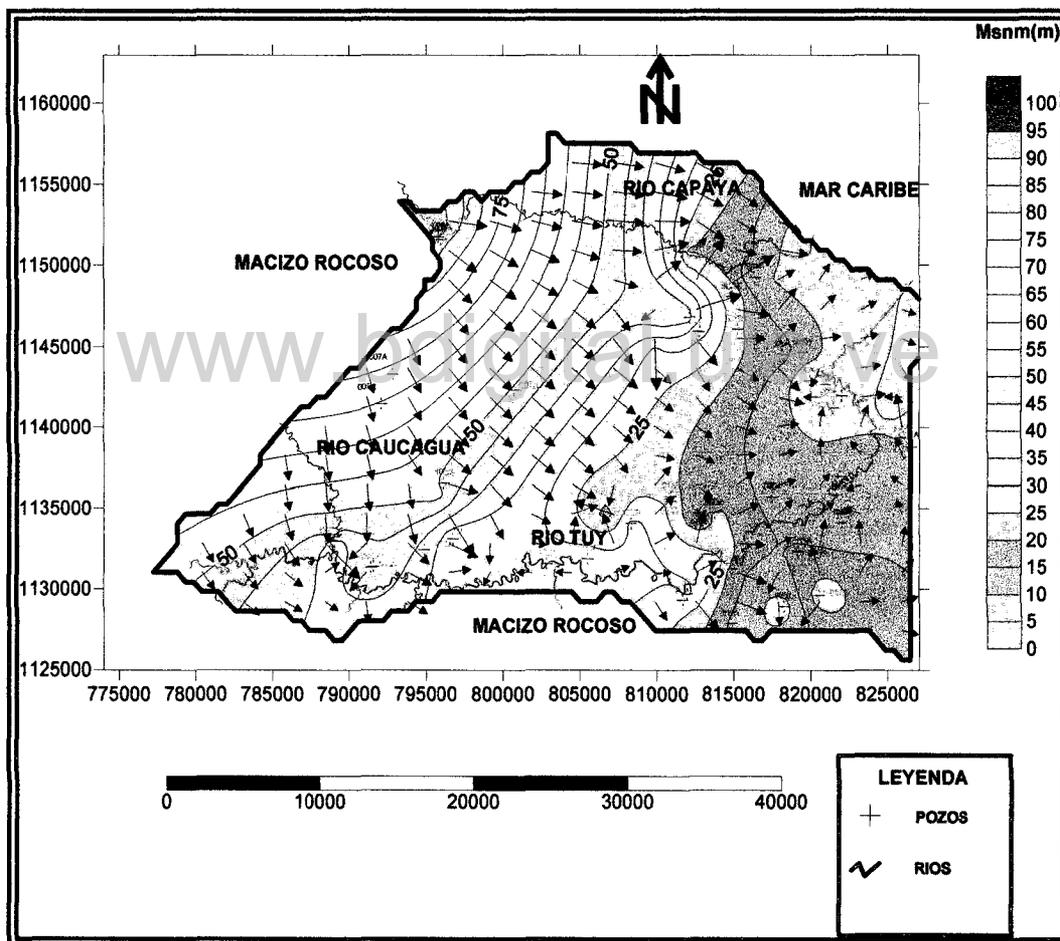


Figura V-14. Mapa de líneas de flujo.

Según el mapa de líneas de flujo (Figura V-14), se puede observar que en la parte norte la dirección principal de flujo es de oeste a este, desde el piedemonte hacia la costa. Las líneas de flujo son paralelas a los ríos Curiepe y



Capaya, por lo que estos no drenan ni recargan, el acuífero. También la concavidad de las curvas de isopiezas está orientada hacia la parte alta del terreno, esto es debido a la existencia de una baja permeabilidad en la zona.

Hacia la parte media del área de estudio, correspondiente a los márgenes del Río Tuy, la distancia entre las curvas de isopiezas y la concavidad orientada hacia la parte baja del terreno indican un aumento de la permeabilidad, esta zona corresponde a los sedimentos de la Formación Mamporal y el aluvión reciente. Al igual que la parte norte la dirección de flujo indica que la recarga proviene por flujo lateral desde las zonas montañosas que se encuentran hacia el oeste.

Hacia la parte baja de la cuenca la dirección principal de flujo proviene de las zonas montañosas ubicadas hacia el suroeste del área de estudio. Esta zona corresponde a la cuenca hidrogeológica del Río Tuy que es la más extensa del área. Las curvas de isopiezas están más separadas entre sí, sobre todo en dirección hacia la parte media de la cuenca coincidiendo esta tendencia hacia las zonas más permeables de la región. Se pueden notar la presencia de una protuberancia asociada a un lentejón permeable o alguna alimentación local a partir del suelo. Destaca también en la parte sureste del área de estudio, cómo el Río Tuy esta siendo ligeramente drenado por el acuífero.

Los niveles piezométricos en la región de Barlovento varían entre los 97 metros en las zonas más altas, hasta 4.70 metros en las partes más bajas de la cuenca. La morfología de la superficie piezométrica guarda paralelismo con la superficie topográfica del terreno.

5.10. MAPA DE PROFUNDIDAD DEL AGUA.

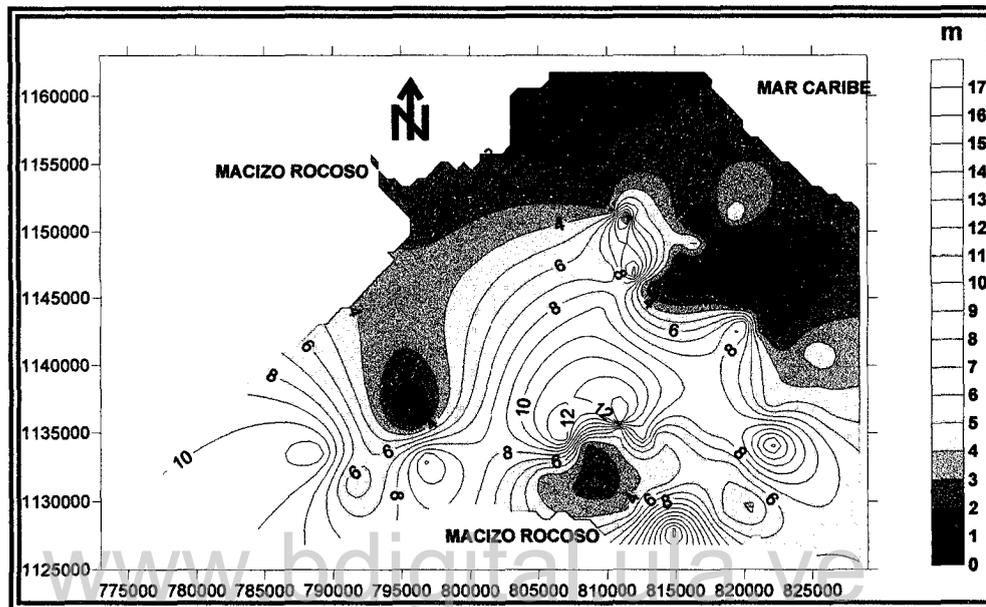


Figura V-15. Mapa de profundidad del agua.

En el mapa de la figura V-15 se observa que las zonas de color marrón representan las zonas con el nivel de agua más cercano a la superficie del terreno, por el contrario las zonas de color amarillo representan el nivel de agua mas profundo. La profundidad de la capa de agua varia desde los 0 metros hasta los 17metros En líneas generales en la región de Barlovento los niveles de la capa de agua están muy cercanos hacia la superficie sobre todo cuando más se acerca a la línea de costa. Esta cercanía de la superficie piezometrica al terreno resulta económicamente favorable a las empresas perforadoras.

5.11. MAPA DE CAUDALES.

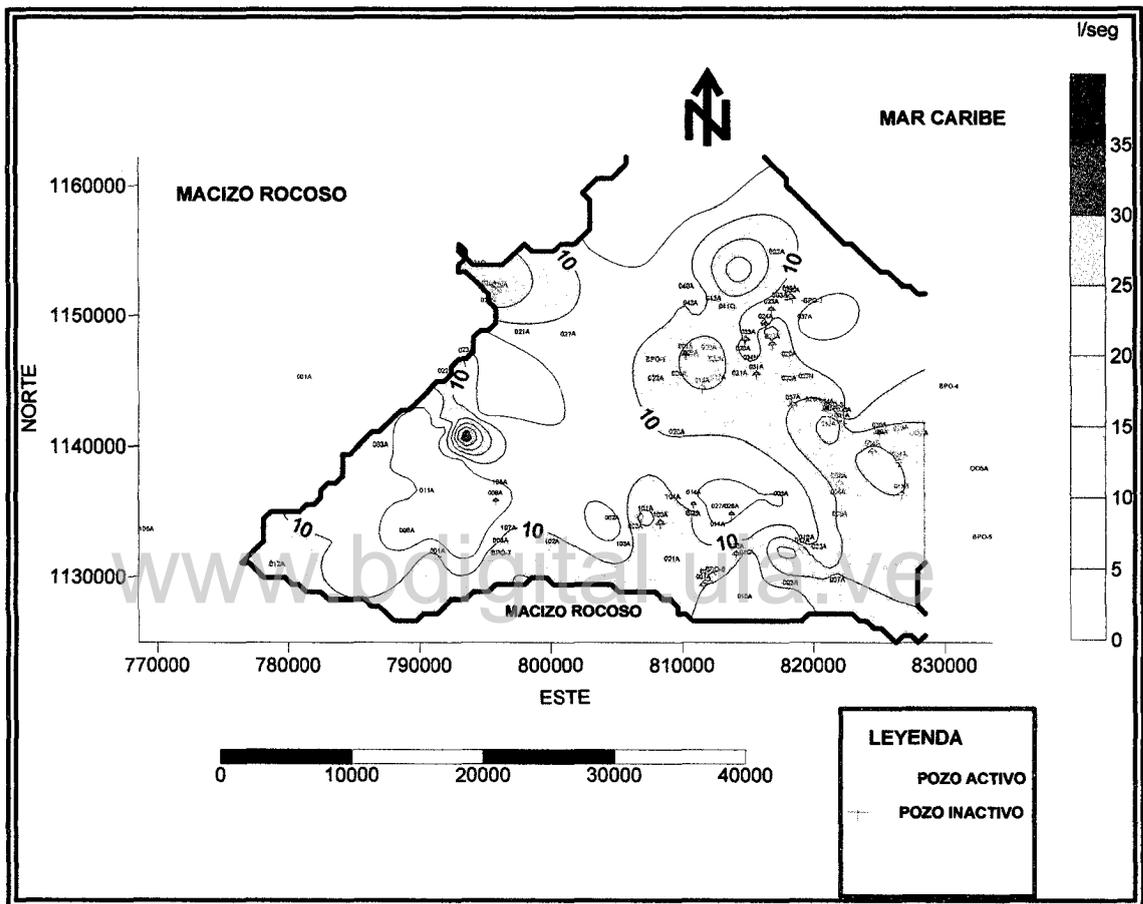


Figura V-16. Mapa de caudales.

Este mapa muestra el volumen de agua que es extraído a través de los pozos. Está expresado en litros/seg. De la figura V-16 se puede decir que los mayores caudales son extraídos de la parte central, noreste y sur del área de estudio. Es necesario resaltar que no existe una buena producción en la zona ya que el máximo caudal extraído es de 25 l/seg. Según el último trabajo realizado en la zona por la Compañía TAHAL para HIDROVEN los bajos caudales son producto de un mal diseño de los pozos ya que en la región de Barlovento el

potencial de extracción es mucho mayor. El agua es utilizada en su mayor parte para riego, para el abastecimiento del sector turístico y de los centros poblados.

5.12. PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS.

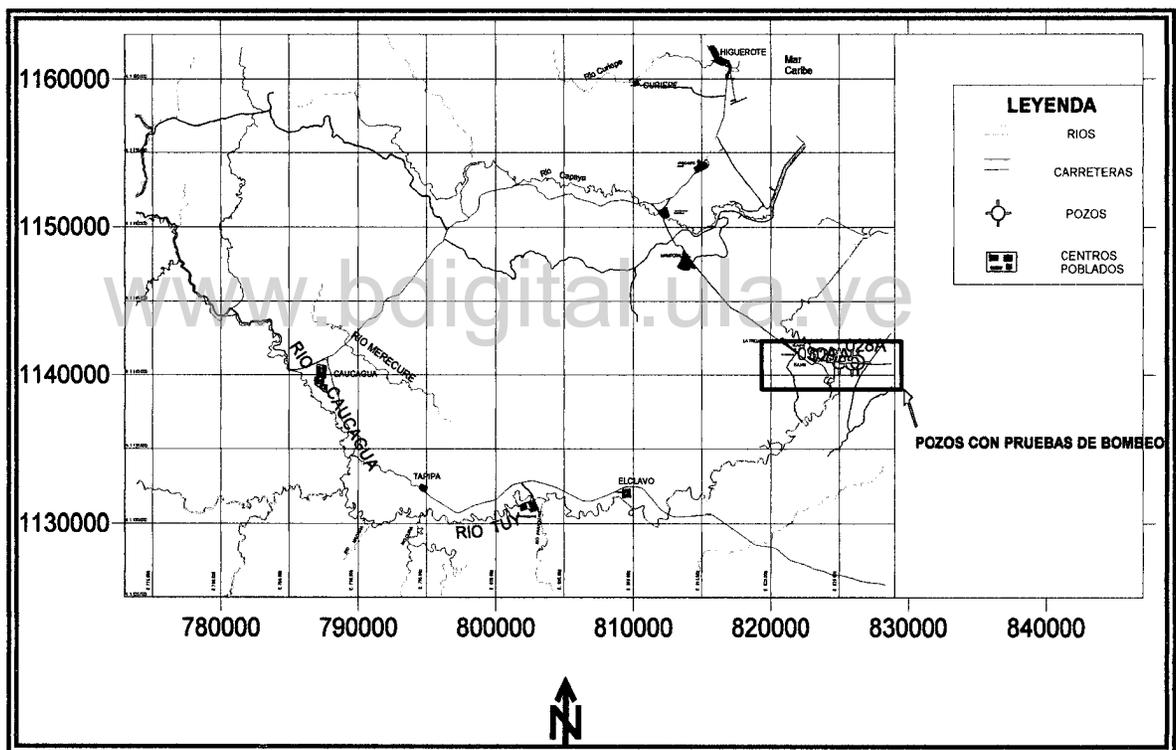


Figura V-17. Mapa de ubicación de pozos con pruebas de bombeo.

Según el mapa (Figura V-17) solo se tiene información de pruebas de bombeo en la parte centro-oriental del área de estudio, pudiéndose decir que los valores de Transmisividad en esta parte son relativamente altos, tal es el caso del pozo Sara II en el cual la Transmisividad alcanza el valor de 1976 m²/d, los valores de caudal en estos pozos oscilan entre los 20 y 25 l/s, aunque estos son bajos



en las pruebas de bombeo realizadas por la compañía TAHAL C.A. para HIDROCAPITAL estos pozos alcanzaron valores de producción mayores a los 70 l/s, lo cual es muy superior a los valores arrojados por el inventario del MARN. El espesor saturado en la zona es mayor a los 40 metros.

Los valores de permeabilidad reflejan desde el punto de vista de la clasificación geológica e hidrogeológica (ver tabla V-2) como un buen acuífero constituido por gravas y arenas.

En líneas generales la zona centro oriental del área de estudio presenta buenas condiciones para la transmisión del agua a través de las capas permeables. A continuación se muestran en una tabla los resultados de los cálculos de los parámetros hidrogeológicos.

TABLA V-2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS RESULTANTES.

Identificación	Nombre del pozo	Espesor saturado(m)	Transmisividad (m²/d)	Permeabilidad = T/e (m/d)
MI6249028A	MADRE VIEJA - SARA 1	40	344	8,6
MI6249029A	MADRE VIEJA - SARA 2	41	1974	48,14634146
MI6249030A	SARA 3 - LOS GALPONES	43	160	3,720930233

5.13. RECARGA NATURAL DEL ACUIFERO.

✓ **Mapa de Isoyetas.**

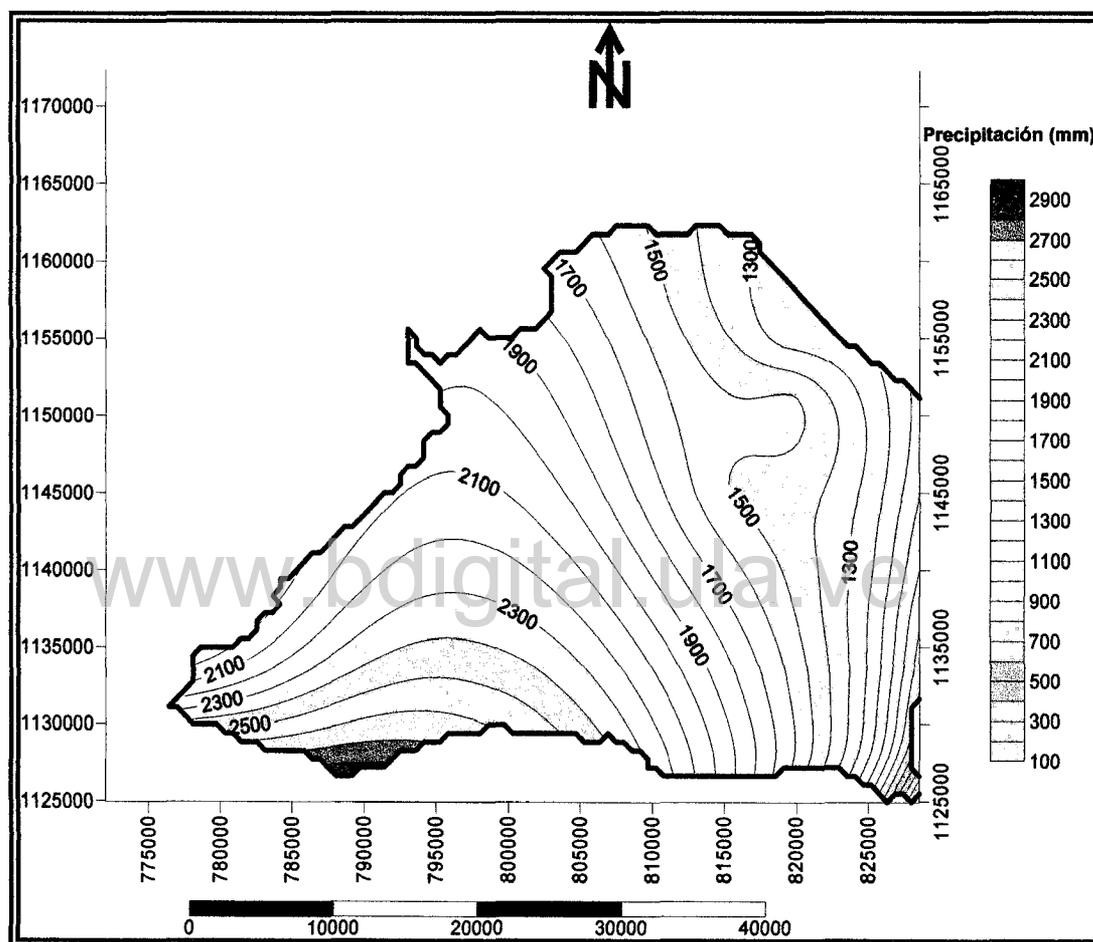


Figura V-18. Mapa de Isoyetas del área de estudio.

En el mapa se puede observar que las áreas donde más se registran precipitaciones corresponden a la parte sur y suroeste del área de estudio, en donde la precipitación está en el orden de los 2500 mm por año. Por otra parte, hacia el noreste a medida que se aproxima a la línea de costa y prácticamente todo el este del área, los niveles de precipitación disminuyen considerablemente, siendo ésta zona la más árida en la región.



✓ **Recarga natural del acuífero.**

En la región de Barlovento existen dos tipos de recarga, un recarga lateral por flujo subterráneo proveniente de la zona montañosa la cual fue visualizada en el mapa de líneas de flujo, y otra recarga por infiltración que se calculó a partir de los datos del balance hídrico (Anexo I) que muestran las estaciones pluviométricas existentes en la zona.

Para el cálculo de la recarga por infiltración primero se determinó la precipitación media de la cuenca aplicando del método de los polígonos de Thiessen (Anexo II), obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla V-3.

www.bdigital.ula.ve
TABLA V-3. RESULTADOS DE LOS POLÍGONOS DE THEISEN

Estación	Precipitación (mm)	Area (Km)
Aguaita	2802	60.33
Caucagua	2129	95.19
El Café	1982	89.64
Mondragón	1496	93.07
Tacarigua de Mamporal	1514	144.21
El Tigre	1487	316.11
Panaquire	2453	293.97

Con estos resultados parciales y realizando el siguiente cálculo se determina la precipitación media de la cuenca.

$$P_m = \frac{(60.33\text{Km}^2 * 2802\text{mm}) + (95.19\text{Km}^2 * 2129\text{mm}) + (89.64\text{Km}^2 * 1982\text{mm})}{1062.52\text{Km}^2} +$$



$$+ \frac{(93.07 \text{ Km}^2 * 1496 \text{ mm}) + (144.21 \text{ Km}^2 * 1514 \text{ mm}) + (316.11 \text{ Km}^2 * 1487 \text{ mm})}{1062.52 \text{ Km}^2} +$$
$$+ \frac{(293.97 \text{ Km}^2 * 2453 \text{ mm})}{1062.52 \text{ Km}^2}$$

Realizado el cálculo se obtuvo que la precipitación media del área de estudio es: 1974.65 mm.

Luego se realiza el cálculo del ETR utilizando el mismo método:

$$ETR_m = \frac{(60.33 \text{ Km}^2 * 1323 \text{ mm}) + (95.19 \text{ Km}^2 * 1286 \text{ mm}) + (89.64 \text{ Km}^2 * 1229 \text{ mm})}{1062.52 \text{ Km}^2} +$$
$$+ \frac{(93.07 \text{ Km}^2 * 1128 \text{ mm}) + (144.21 \text{ Km}^2 * 1171 \text{ mm}) + (316.11 \text{ Km}^2 * 1174 \text{ mm})}{1062.52 \text{ Km}^2} +$$
$$+ \frac{(293.97 \text{ Km}^2 * 1351 \text{ mm})}{1062.52 \text{ Km}^2}$$

$$ETR = 1274.82 \text{ mm.}$$

$$Exceso = 1974.65 \text{ mm} - 1274.82 \text{ mm}$$

$$Exceso = 699.83 \text{ mm.}$$

Para la determinación de la recarga por infiltración se utilizó la siguiente fórmula:

$$Ecurrimiento = Ce * Exceso$$

$$Ecurrimiento = 0.45 * 699.83 \text{ mm}$$

$$Ecurrimiento = 314.92 \text{ mm}$$

Y la infiltración será:



Infiltración = Exceso – Ecurrimiento

$$\text{Infiltración} = 699.83\text{mm} - 314.92\text{mm}$$

$$\text{Infiltración} = 384.91\text{mm}$$

La recarga por infiltración arrojó un valor de 384.91 mm anuales, que se considera como una recarga importante, ya que la zona de Barlovento corresponde a una de las regiones en donde se registran las mayores precipitaciones en el Estado Miranda y de que a pesar de que en la litología del subsuelo se encuentran, con frecuencia, capas de arcillas; las cuales permiten la percolación del agua proveniente de la precipitación porque en muchas ocasiones, estos sedimentos arcillosos están mezclados con sedimentos arenosos. Sin embargo, este resultado es muy alto debido a que el área de estudio es una zona costera en donde el clima, a parte de estar influenciado por las precipitaciones esporádicas, también está afectado por altas tasas de evaporación de un ambiente de playa. El porcentaje de infiltración es de aproximadamente 19% de la precipitación. Este resultado puede ser debido a la existencia de algún error en los datos climatológicos existentes.

Se estima que la recarga lateral es alta debido a que el área donde ocurre es extensa y el espaciamiento entre las líneas piezométricas es muy pequeño, lo que indica un aumento del gradiente hidráulico. Esta recarga no pudo calcularse por falta de pruebas de bombeo que permitieran aplicar la Ley de Darcy y así poder determinar la permeabilidad de todo el acuífero. A continuación se muestra un mapa donde se señala la zona donde ocurre esta recarga. (Figura V-19).

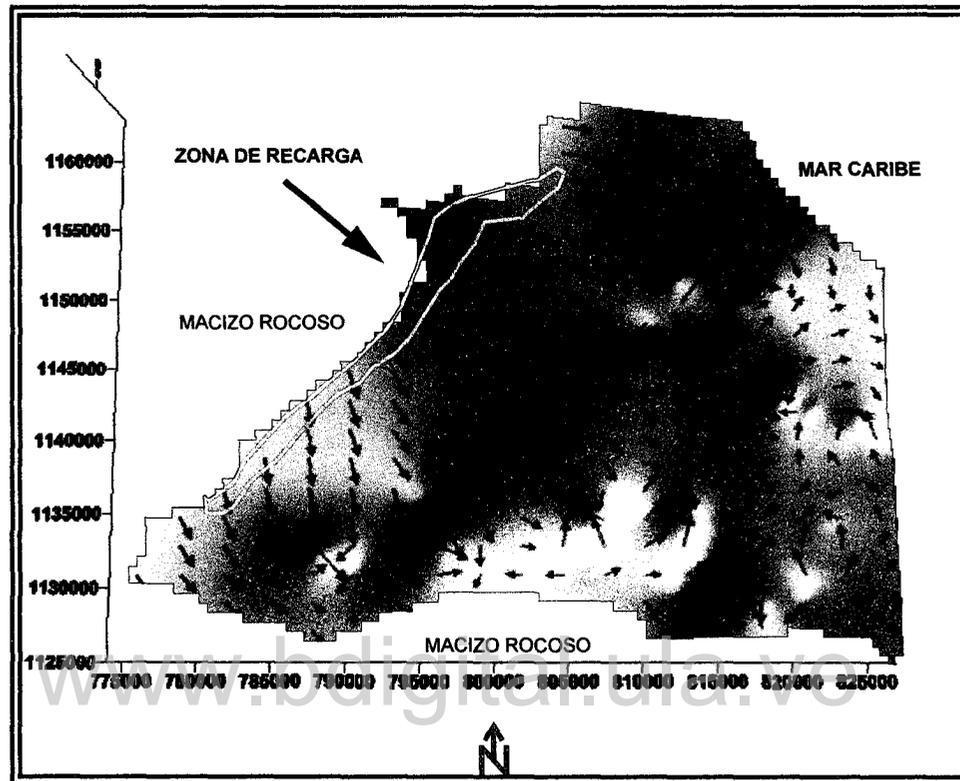


Figura V-19. Mapa donde se muestra la zona de recarga lateral.

5.14. ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA.

Para la determinación de la calidad del agua son de vital importancia los estudios físico-químicos, ya que estos ayudan a identificar muchas de las características de la posible aparición de contaminantes.

En el área de estudio el agua subterránea es utilizada para consumo humano y para riego. Para ello se han realizado distintos análisis que conllevan a la clasificación del agua dependiendo de su uso, así como también 3 mapas con la finalidad de visualizar sus variaciones en el espacio. Estos mapas son presentados y analizados a continuación.

5.14.1. MAPA DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

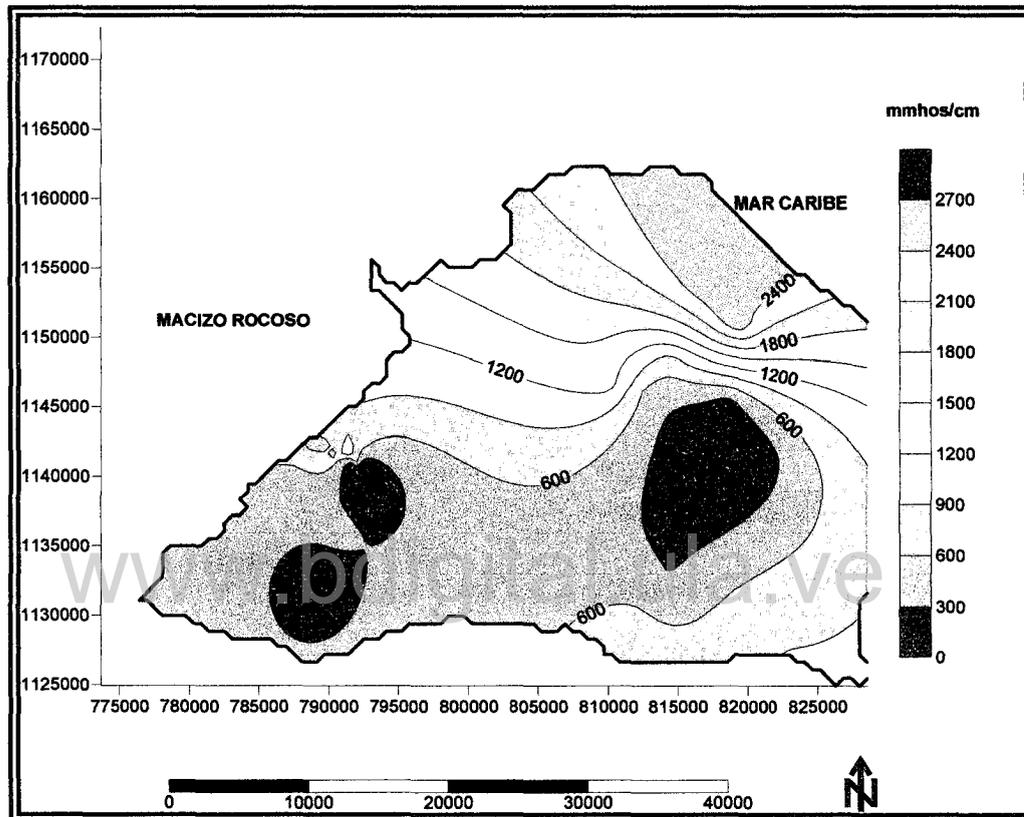


Figura V-20. Mapa de conductividad eléctrica. (Año 1981)

La conductividad es la capacidad que tiene el agua para transmitir la electricidad. En el mapa (Figura V-20) se puede observar que la zona ubicada hacia el Noreste, presenta los valores más altos de conductividad, por tanto se puede decir que estas aguas se encuentran contaminadas por sales provenientes del agua de mar, es decir son aguas salinas no aptas para consumo humano.

El resto de la zona que constituye la mayor parte del área de estudio presenta aguas con conductividades bajas; es evidente que aquí, existen aguas dulces aptas para consumo humano.

5.14.2. MAPA DE TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS

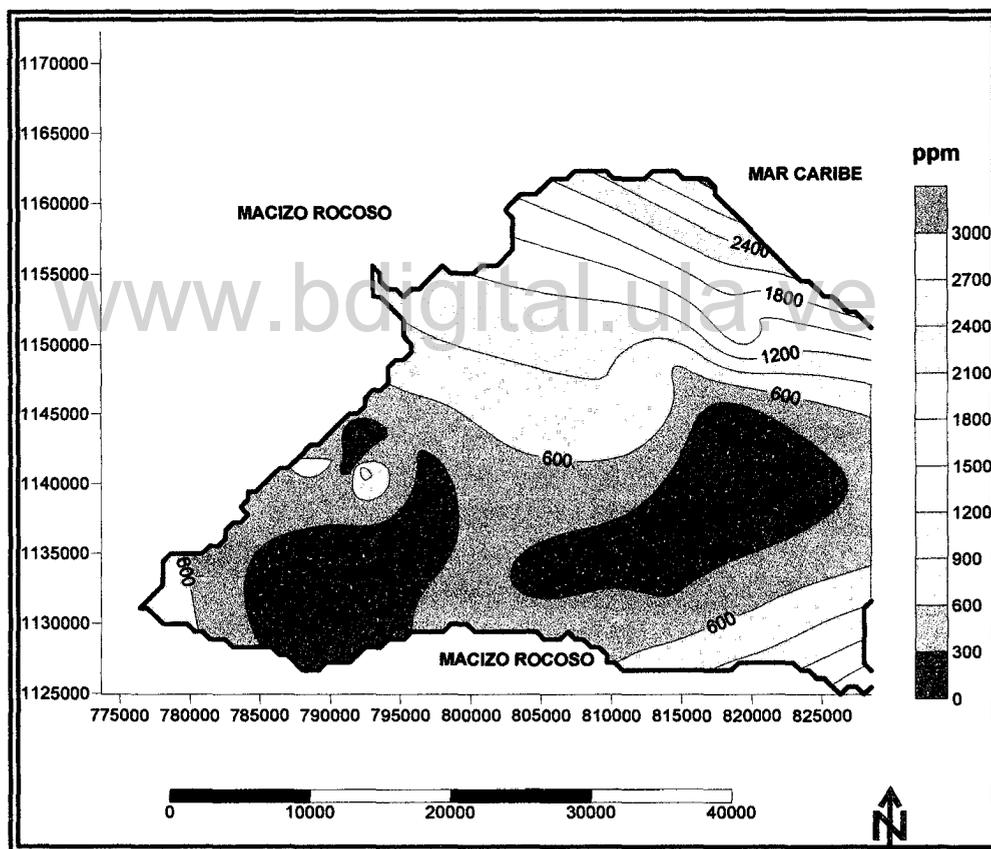


Figura V-21. Mapa de Total de sólidos disueltos (Año 1981).

El total de sólidos disueltos está constituido fundamentalmente por sustancias inorgánicas. Las principales son el calcio, el magnesio, el sodio, los bicarbonatos, cloruros y sulfatos.



El criterio más utilizado para la determinación de la calidad del agua es en base al contenido de sólidos disueltos (TSD). Según las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) se consideran:

- Aguas de buena calidad, si el TSD es inferior a 500 ppm.
- Aguas de aceptable calidad, si el TSD está entre 500 y 1000 ppm.
- Aguas salobres, si el TSD varía entre 1000 y 2000 pp.
- Aguas salinas, cuando el TSD fluctúa entre 2000 y 10000.

Similar al mapa anterior (Figura V-20), en este mapa (Figura V-21) es posible identificar que la misma zona ubicada hacia el noreste presenta la mayor cantidad de sólidos disueltos desde los 1200 ppm hasta los 1900 ppm, esto es lógico pues el contenido de sólidos en disolución aumenta al aumentar la conductividad eléctrica del agua. Esta demostración ayuda a corroborar que en esta zona existe una evidente intrusión de agua de mar hacia el acuífero. Según las normas de la Organización Mundial de la Salud las aguas de esta zona se pueden clasificar como aguas salobres.

En el resto del área de estudio el TSD es menor de 500 ppm considerándose el agua de buena calidad, a excepción de una zona que se podría llamar zona intermedia, ubicada entre la zona cercana a la línea de costa y la parte sur del área de estudio, en donde el TSD varía de 500 hasta 1000 ppm lo que hace suponer que son aguas de calidad aceptable.

5.14.3. MAPA DE pH.

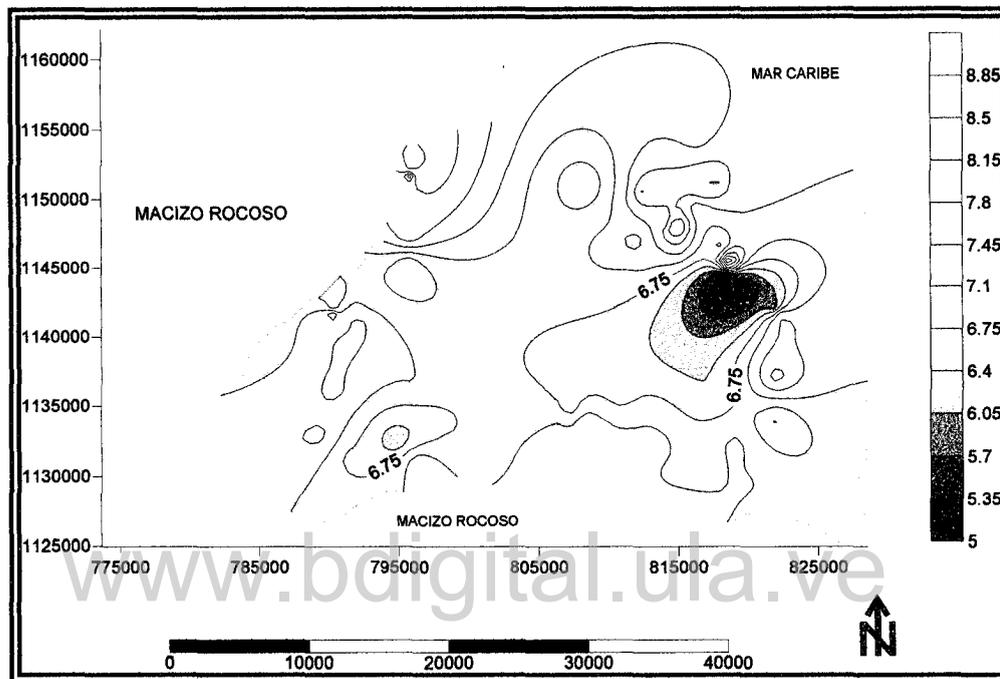


Figura V-22. Mapa de pH.

El pH del agua es una propiedad química que indica el grado acidez que presenta. Se considera un valor normal de pH del agua apta para consumo humano de 7.6. Pero según Gaceta Oficial de la República de Venezuela para el año 1998, el valor aceptable varía de 6.5 hasta 8.5.

Según el mapa (Figura V-22) se puede decir que la mayor parte del área de estudio presenta aguas con pH que varían desde 5 hasta 8.5. Solamente existe una pequeña parte con color rojo, hacia el este, donde las aguas se consideran ácidas y no aptas para el consumo. El aporte ácido en esta zona es debido a la percolación de fluidos provenientes del uso de productos agrícolas que alteran la neutralidad de las aguas del acuífero, ya que según las observaciones de campo y revisiones de trabajos anteriores en el área se



practican actividades agrícolas. Esta afirmación hace inferir que el agua en esta zona se esté contaminando por el uso indebido de productos agropecuarios.

5.14.4. CALIDAD DE LAS AGUAS PARA RIEGO.

La calidad del agua para riego depende de varios factores entre los que destacan la salinidad y la alcalinidad; es por ello que en la clasificación del agua para este tipo de uso se utilizó el diagrama de **Wilcox**, el cual ha sido obtenido mediante la utilización del programa **GWW**.

El diagrama de Wilcox toma en cuenta la conductividad eléctrica del agua, para determinar su contenido salino, y la relación de absorción de sodio (RAS) que determina a su vez la relación existente entre los elementos alcalinos; de esta manera la calidad del agua para riego depende tanto de su salinidad como de la cantidad de sodio que presente.

Este diagrama ha sido elaborado a partir de la base de datos generada en el programa GWW que contiene 46 pozos con información química. Para efectos de una mejor visualización e interpretación del diagrama se ha dividido el área de estudio en dos zonas, las cuales pueden observarse en la figura V-23

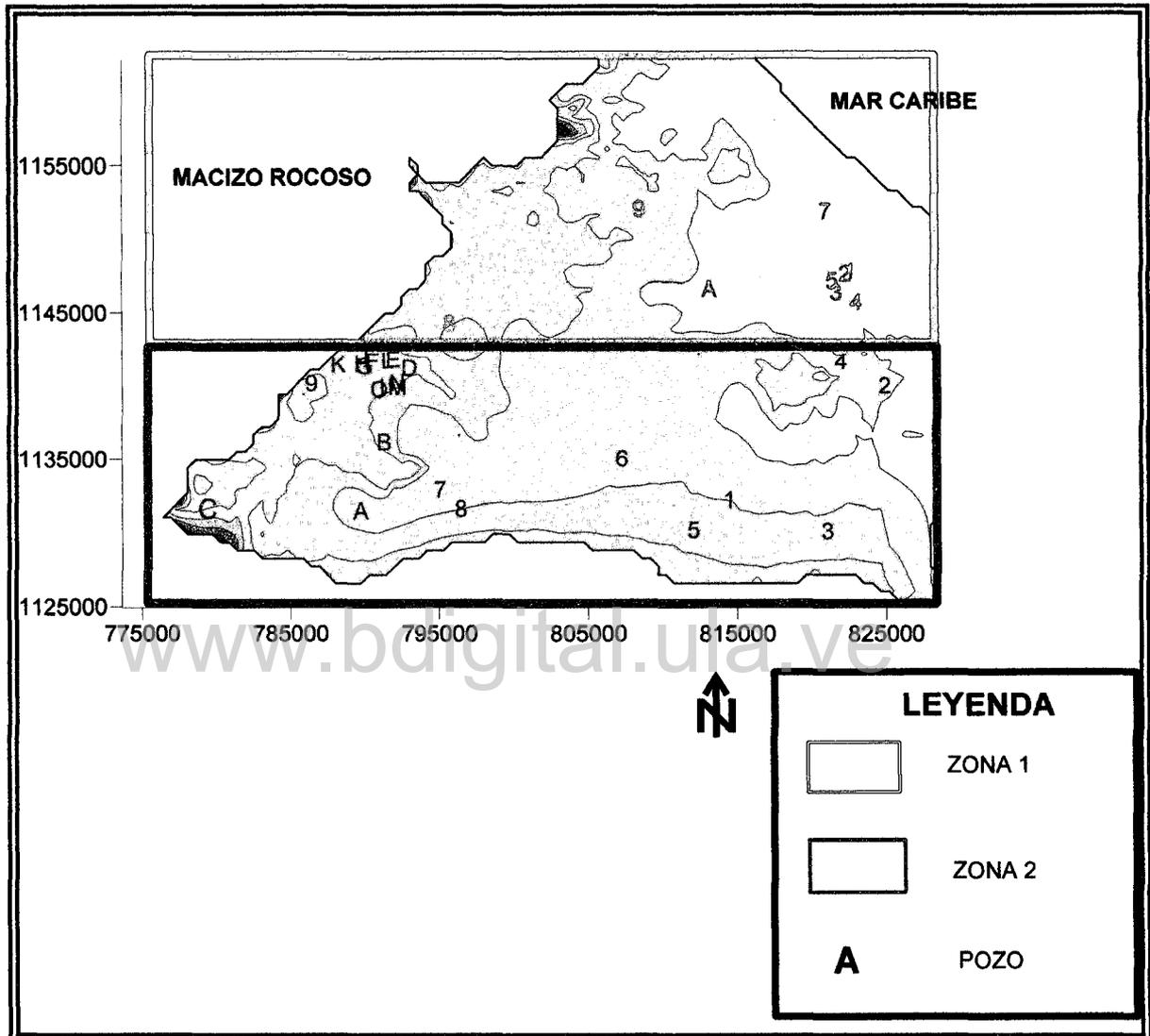


Figura V-23. Mapa donde se muestra la zonificación de la información química.

ZONA 1: En esta zona se puede observar que sólo los pozos 4 y 8 presentan aguas dulces con alcalinidad media, el resto de los pozos contiene aguas con salinidad de media a alta y el pozo 7 con salinidad muy alta. (Figura V-24.)

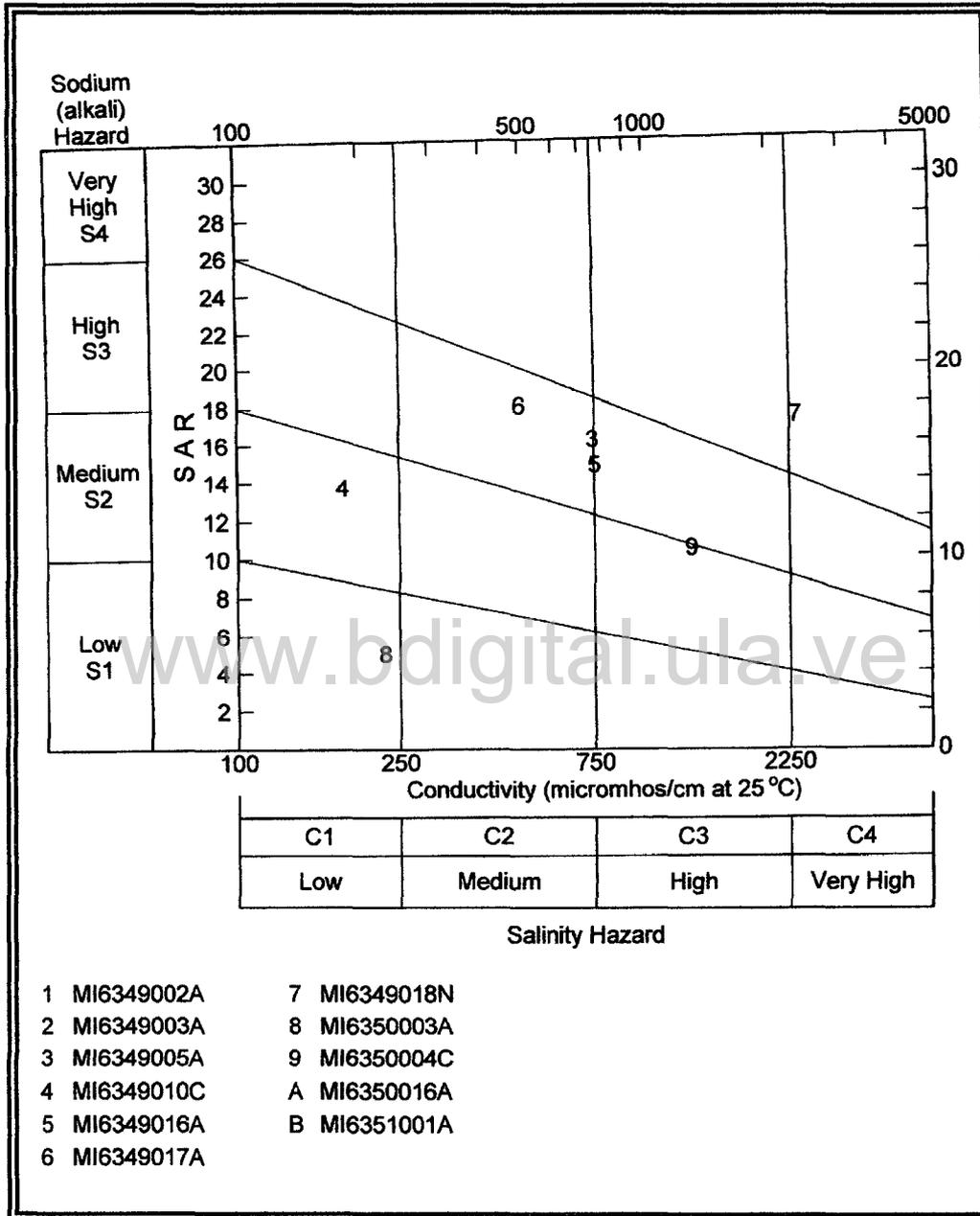


Figura V-24. Diagrama de Wilcox para la Zona 1.

ZONA 2: Aquí la mayor parte de los pozos presentan salinidad media con alcalinidad que va de baja a media. A excepción de los pozos 4, L, I, S, T, X que presentan salinidad baja. Finalmente los pozos P, R, K, O y V muestran

CAPITULO V
Análisis de Resultados



una salinidad alta en donde este último pozo es, el que muestra el mayor valor de alcalinidad. (Figura V-25).

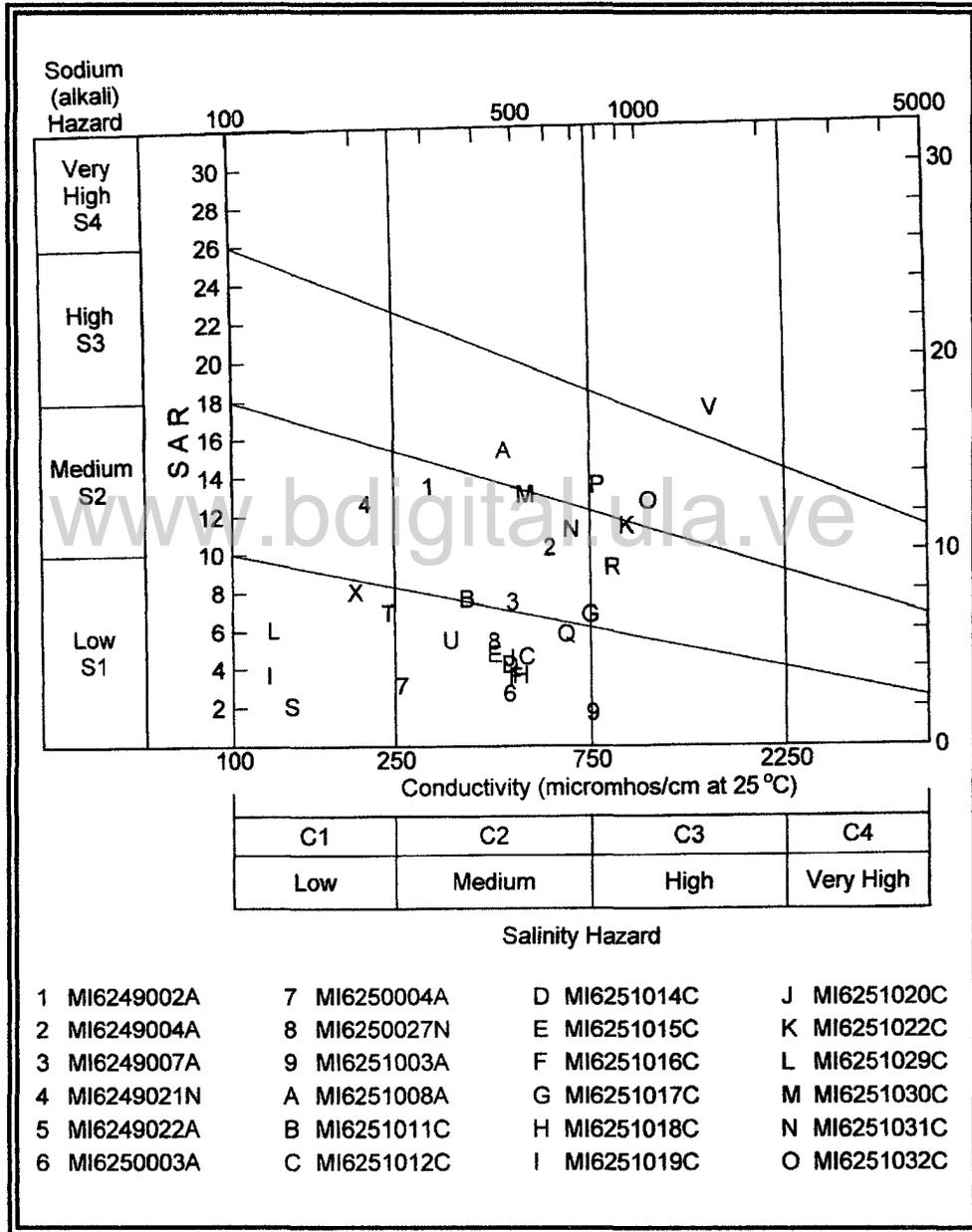


Figura V-25. Diagrama de Wilcox para la Zona 2.



A continuación se muestra una tabla con los valores de RAS para realizar la clasificación del agua para riego.

Tabla V-4. Valores de RAS para clasificar agua de riego.

CLASIFICACIÓN	RAS (CE=100 umhos/cm)	RAS (CE=750 umhos/cm)
S.1. Bajo en sodio	0 - 10	0 – 6
S.2. Media en sodio	10 - 18	6 – 12
C.3. Alta en sodio	18 - 26	12 – 18
C.4. Muy alta en sodio	> 26	> 18

www.bdigital.ula.ve

Los diagramas de Wilcox (Figuras V-24 y V-25) obtenidos y la tabla V-4 permiten establecer lo siguiente:

En la zona 1 la mayor parte de los pozos presentan RAS mayor de 10, por lo tanto se consideran que son aguas con alto a muy alto (pozo 7) contenido en sodio, lo cual es completamente lógico por ser esta zona la más cercana a la costa. Este tipo de agua puede producir niveles tóxicos de sodio que reaccionan con el suelo.

En la zona 2 la proporción es variable, encontrándose una buena cantidad de pozos con RAS menor que 10 (bajo en sodio) cuyas aguas pueden ser utilizadas para riego sin ningún tipo de problema. Las aguas de los pozos que presentan valores medios de RAS pueden ser utilizadas para riego ya que el suelo de la zona presenta buena permeabilidad.



4.14.5. TIPOS DE AGUA.

El tipo de agua fue determinada mediante la utilización del diagrama de Piper el cual representa gráficamente los parámetros físico-químicos del agua.

A continuación se muestran los dos diagramas de Piper obtenidos a partir de la base de datos creada en el programa **GWW**.

www.bdigital.ula.ve



bicarbonatada sódica, el pozo 8 contiene agua bicarbonatada cálcica y el pozo 9 presenta agua del tipo mixto.

ZONA 2. MI6249021N-6251047^a

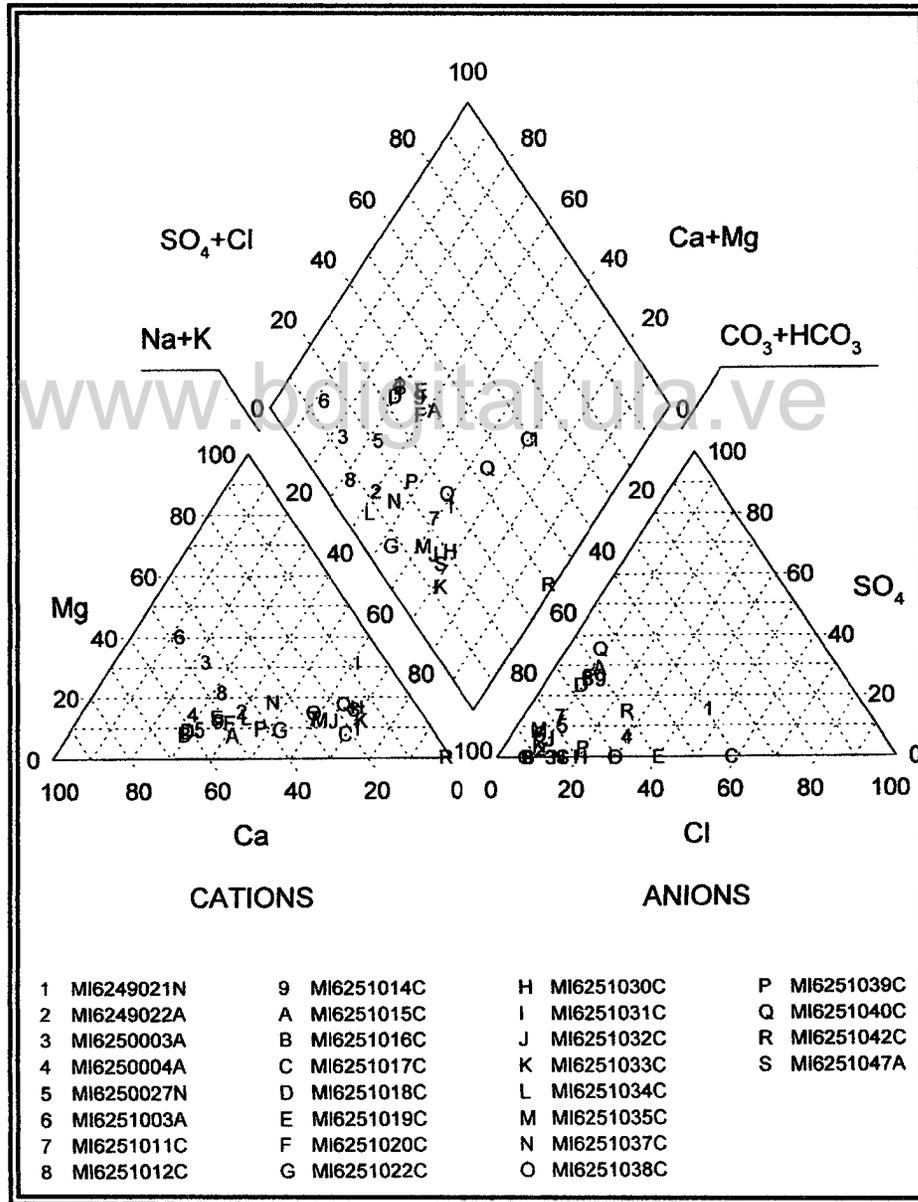


Figura V-27. Diagrama de Piper para la zona 2.



En esta zona la mayor parte de los pozos presentan aguas de tipo bicarbonatada. Los pozos 2, 3, 4, 6, 8, 9, A, B, D, E, F, Y L presentan agua de tipo bicarbonatada cálcica. Las aguas de los pozos N, P, G, M, J, S, K, H, 7, O, I, Q y R son bicarbonatadas sódicas. Los pozos C y 1 muestran aguas cloruradas sódicas.

Con la finalidad de tener una mejor visualización de los tipos de agua obtenidos mediante la utilización del diagrama de Piper, se realizó un mapa en donde los tipos de agua se representan con diferentes símbolos y color. (Figura V-28)

www.bdigital.ula.ve

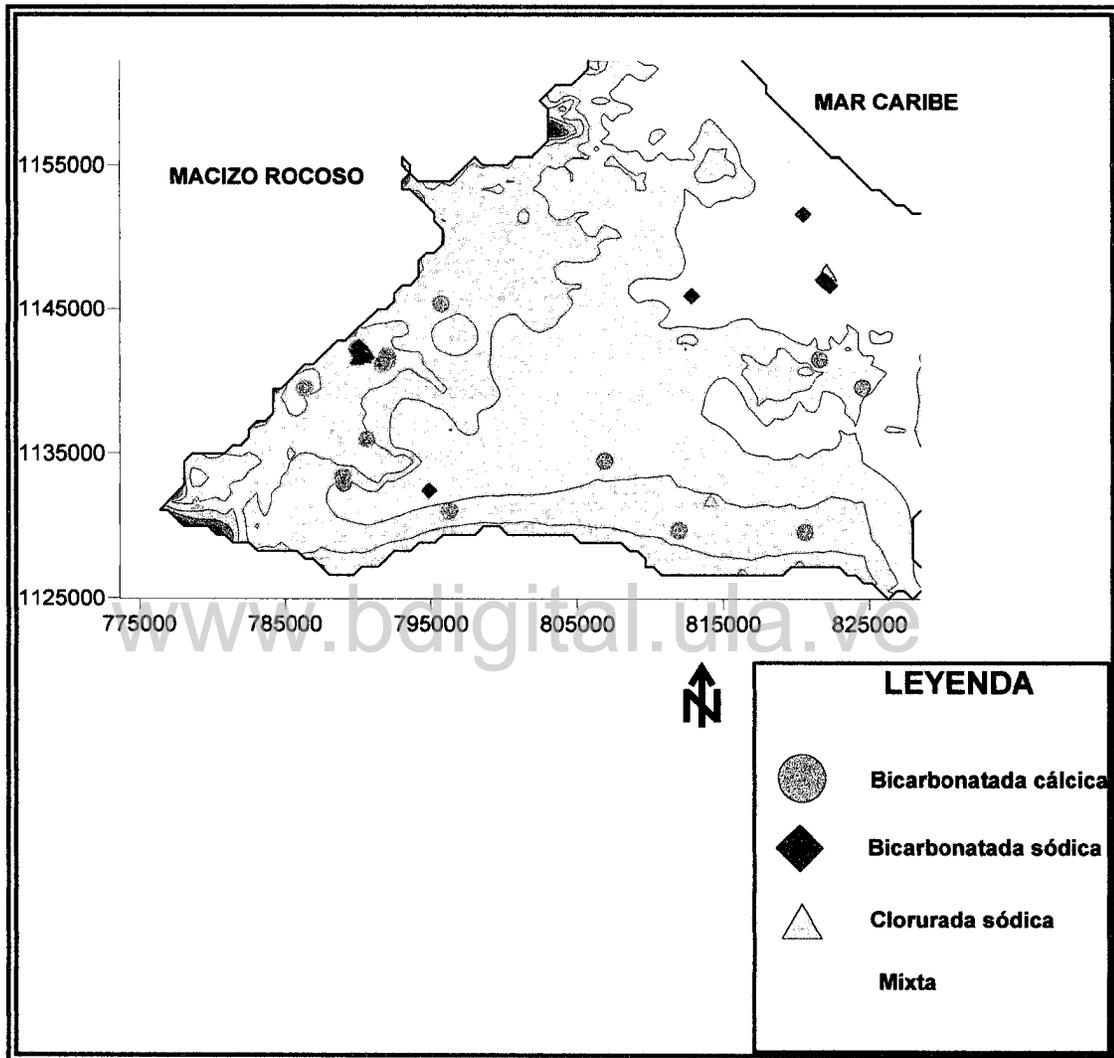


Figura V-28. Mapa de distribución de los tipos de agua.

Como es posible observar en la Figura V-28, en el área de estudio predominan las aguas de tipo bicarbonatada. En la parte sur, correspondiente a la zona 2, abundan las aguas bicarbonatadas cálcicas provenientes del agua infiltrada que disuelven parte de los carbonatos de calcio presentes en el suelo y que por acción del agua y el dióxido de carbono se transforman en bicarbonatos. Por



otro lado esta abundancia de aguas bicarbonatadas se debe también a que parte de la litología existente en esta zona contiene componentes calcáreos.

Hacia el Norte o zona 1, se encuentra un predominio de las aguas bicarbonatadas sódicas y más hacia la costa se hallan aguas cloruradas sódicas. El contenido de sodio que reflejan los análisis es debido a la cercanía de esta zona con sedimentos provenientes del mar los cuales presentan un alto porcentaje en sodio derivado del agua de mar.

Por último es posible observar en el mapa que hay dos pozos registrando aguas cloruradas sódicas hacia la zona 2, en donde hay un predominio de aguas bicarbonatadas cálcicas. Como es evidente, son aguas con un gran contraste en composición química, debido probablemente a que los pozos están ubicados a mayor profundidad y arrojen valores de aguas antiguas.



CAPÍTULO VI

- **Conclusiones.**
- **Recomendaciones.**
- **Referencias bibliográficas.**

www.bdigital.ula.ve



CONCLUSIONES

- Los modelos hidrogeológicos conceptuales son construidos con la finalidad de representar las características de un acuífero, tratando de acercarse de la mayor manera posible a la realidad, con el propósito de obtener resultados confiables.
- Los ríos más importantes de la zona de estudio son el Río Tuy, Río Cauçagua, Río Merecure, Río Capaya y Río Curiepe.
- La interpretación de los ortofotomapas arroja que el área de estudio está constituida en general, por dos tipos de relieves o morfologías, una que corresponde a la zona montañosa que forma parte de la Cordillera del Caribe y la otra es un valle aluvial con pendientes bajas a muy bajas que se extienden hasta la línea de costa.
- Las formaciones geológicas perforadas son de edad Mioceno Superior: formaciones Aramina, Cauçagua, Mamporal (Pleistoceno). El resto es de edad Cuaternario que corresponde al aluvión reciente.
- El área de estudio esta conformada por acuíferos libres, confinados y colgados en menor proporción.
- Los niveles piezometricos en la región de Barlovento varían entre los 97 metros en las zonas mas altas, hasta 4.70 metros en las partes mas bajas de la cuenca. La morfología de la superficie piezometrica guarda paralelismo con la



superficie topográfica del terreno. En tanto que la profundidad de la capa de agua varía entre los 0 y 17 metros.

- El flujo de agua subterránea en la región de Barlovento está orientada en mayor proporción en dirección oeste-este desde el macizo rocoso hasta la línea de la costa. En menor proporción desde el macizo rocoso, ubicado en la parte sur, hacia la parte central de la cuenca.
- De acuerdo a la separación de las curvas de isopiezas en la parte media y hacia los márgenes del Río Tuy existe un aumento en la permeabilidad, que corresponden a los sedimentos de la Formación Mamporal y Aluvión reciente.
- El Río Tuy constituye el único río dentro de la zona, según el flujo subterráneo y la época de medición de los niveles estáticos, que está siendo drenado por el acuífero.
- Los mayores espesores de las capas que constituyen el acuífero están ubicados en la parte sur y oeste en la dirección del cauce del río Tuy y hacia el norte del río. Esto confirma que dicha zona representa las mejores condiciones para la explotación de aguas subterráneas en la región de Barlovento.
- Las reservas permanentes en el área de estudio están por el orden de los $8,15 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ lo que permite considerarlo como un importante reservorio de agua subterránea.



④ En el acuífero de Barlovento se presentan dos tipos de recargas una recarga superficial (384.91 mm anuales) y una recarga lateral proveniente de las zonas más altas del área en estudio. La recarga es lo suficientemente alta para garantizar la extracción de importantes volúmenes de agua en el acuífero; sin embargo, considerando que Barlovento es una de las zonas donde se registran altas precipitaciones en el Estado Miranda, el resultado obtenido es muy alto, teniendo en cuenta que el área de estudio es una zona costera influenciada por altas tasas de evaporación y en donde la litología de los suelos es predominantemente arcillosa, es decir poco permeable. El resultado obtenido puede deberse a la existencia de algún error en los datos climatológicos utilizados.

④ Según los análisis químicos realizados se concluye que existe una parte del área de estudio justo cercana a la línea de costa en donde el contenido de TSD y la conductividad eléctrica aumenta considerablemente evidenciando una contaminación salina, producto de la intrusión marina, lo que permite clasificar el agua como “aguas salobres”. El resto de la zona presenta aguas aptas para el consumo humano.

④ Los valores de pH indican que son aguas de buena calidad a excepción de una pequeña parte en donde se considera que el agua es ácida por contaminación proveniente del uso de productos agrícolas. En general, el tipo de agua predominante es bicarbonatada cálcica y bicarbonatada sódica, encontrándose que en la parte más cercana a la costa es clorurada sódica.

④ Finalmente, se puede decir que los acuíferos existentes en Barlovento, a excepción de la parte más cercana a la línea de costa, presentan aguas de buena calidad para consumo humano y para riego.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales realizar un inventario en donde se incluyan todos los pozos que se encuentran en los diferentes trabajos utilizados en este estudio, ya que estos pueden facilitar trabajos posteriores.
- Elaborar un Levantamiento Geológico-Estructural de superficie para medir las variables litológicas, petrofísicas, sedimentológicas y estructurales; que permitan inferir la disposición de las formaciones geológicas para la realización de un modelo geológico más preciso.
- Complementar la información obtenida de los ortofotomapas mediante el uso de imágenes de satélites y de Radar, con la finalidad de realizar un análisis geomorfológico mas detallado.
- La perforación de nuevos pozos con información litológica que permitan mejorar la interpretación de las secciones estratigráficas.
- Realizar pruebas de bombeo en los pozos presentes en el área de estudio para determinar, a partir de los parámetros hidrogeológicos, el tipo de acuífero estudiado y definir de una forma clara las características del funcionamiento hidráulico del acuífero.
- Mejorar el diseño de los pozos en el área de estudio ya que los valores actuales de producción no se ajustan al potencial del acuífero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ③ **Alvarado, Jorge.** 1983 Calidad de las aguas subterráneas y su relación con las aguas de mar en la región de Barlovento. Serie de informes técnicos BFT1-MI1, Caracas, MARN.
- ③ **Alvarado, Jorge.** 1983. Salinización de acuíferos costeros de Venezuela por intrusión de agua de mar. Serie de informes técnicos, Caracas, MARN.
- ③ **Alvarado, Jorge. Fuentes, Pedro. Julio, Mario.** 1982. Diagnóstico hidrogeológico de la región de Barlovento. Serie de informes técnicos DGSIIA/IT/116, Caracas, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.
- ③ **Ayala Useche, Leopoldo.** 1982. Evaluación preliminar de las alternativas de aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la zona de Barlovento, Estado Miranda.
- ③ **Carrero, Lidia y Moreno, Edilxon.** 2005. Evaluación de la disponibilidad del recurso agua subterránea en el Estado Yaracuy. Trabajo final de grado. Escuela de Geología. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Mérida.
- ③ **Custodio, E. y Llamas, M.** 1976. Hidrogeología subterránea I y II. Ediciones Omega, S.A. Casanova, 220. Barcelona,



- **González de Juana, C., Iturralde de Arozena, J. Y Picard, X.** 1980. Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones Foninves. Caracas, Venezuela.
- **Grisolía, Juan y Rojas Marianella.** 2005. Evaluación de la disponibilidad de las aguas subterráneas en el área de Nirgua-Salom Estado Yaracuy. Trabajo final de grado. Escuela de Geología. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Mérida.
- **Julio G., Mario.** 1981. Prospección Geoelectrica de aguas subterráneas en la región de Barlovento. Caracas, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.
- **Moro, Damiem y Salas, Rafael,** 2005. Estudio Hidrogeológico del acuífero del Valle del Río Turbio, Municipios Iribarren-Palavecino, Estado Lara. Trabajo final de grado. Escuela de Geología. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Mérida.
- **Pérez, Aneika y Rodríguez, Tibisay.** 2005. Evaluación de la disponibilidad del recurso de agua subterránea en la población de Duaca Estado Lara. Trabajo final de grado. Escuela de Geología. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Mérida.
- **R.G.R. INGENIERÍA C.A.,** 2000. Evaluación hidrogeológica sector La Troja-San Juan San José de Río Chico- Barlovento Estado Miranda. Caracas, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.



- ④ **TAHAL, C.A., 2002.** Plan de emergencia y estudio de prefactibilidad para el sistema Barlovento para los sistemas de abastecimiento de aguas de Barlovento. Estudios de los recursos de aguas subterráneas y desarrollo de pozos de contingencia. Caracas, HIDROCAPITAL.
- ④ **Vila, Marco Aurelio.** 1967. Aspectos geográficos del Estado Miranda. Corporación Venezolana de Fomento. Caracas.
- ④ <http://www.pdv.com/lexico>.
- ④ <http://www.unesco.org/phi/libros/libroPIEB/1-3.html>
- ④ <http://biblioteca.ucv.cl/poseidon/imagenes/17.jpg>
- ④ <http://water.usgs.gov/gotita/earthgwaquifer.html>
- ④ <http://www.fortunecity.com/campus/chemistry/995/hidro/detríti.htm>.Acuífero Detrítico
- ④ <http://www.fortunecity.com/campus/chemistry/995/hidro/detríti.htm>.Acuífero Kárstico.
- ④ <http://www.fortunecity.com/campus/chemistry/995/hidro/detríti.htm>.Tipos de acuíferos.
- ④ <http://www.a-venezuela.com/mapas/index.shtml>.
- ④ <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrogeolog%C3%ADa>.



Anexos

- **Base de datos.**
- **Mapas y perfiles.**
- **Fotografías.**

www.bdigital.ula.ve

INVENTARIO DE POZOS

Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
MI6248007A	828162,918	1140145,82	10
MI6249001E	811658	1129335	31
MI6249002E	814121	1131706	30
MI6249003A	818261	1128923	12.70
MI6249004A	824511	1139567	14
MI6249005A	821925	1136979	16
MI6249006A	817491	1135730	22
MI6249007A	820560	1129628	27
MI6249008A	819150	1132337	20
MI6249009A	822021	1134149	24
MI6249010A	814787	1127855	31
MI6249011A	812700	1134678	23
MI6249012A	821485,196	1141223,66	27
MI6249013A	826719	1136260	99
MI6249014A	810877	1135779	36
MI6249015E	810847,228	1135469,55	31
MI6249016A	814930	1131248	23
MI6249017E	819128,887	1132406,88	20
MI6249018A	819112	1132392	21
MI6249021N	821452,769	1141438,64	23
MI6249022N	811962	1129704	36
MI6249023A	810870	1135470	30
MI6249024A	826521	1138776	16
MI6249026A	813759	1134734	26
MI6249027A	812794	1134735	24
MI6249028A	826337	1140853	43
MI6249029A	825934	1140866	9
MI6249030A	825038	1140946	7
MI6249031A	822199	1141676	12
MI6249032A	821999	1141981	9
MI6249033A	822017	1141995	11



ANEXO I
Base de datos.



Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
MI6249034A	821016	1142727	13
MI6249035A	821262,725	1142236,48	11
MI6249036A	821980,331	1137045,75	15
MI6250001A	809213	1130719	32
MI6250002A	804672	1133843	36
MI6250003E	806838	1134534	31
MI6250004A	794865,297	1132454,66	43
MI6250005A	792068,188	1141458,01	104
MI6250006A	800707,818	1142330,58	56
MI6250007A	792813,866	1143309,02	103
MI6250008A	795797	1135753	53
MI6250009A	802809,901	1131586,7	35
MI6250027N	796277,796	1131082,86	47
MI6250037A	735001,881	1130947,76	316
MI6250048A	791542,858	1131368,96	49
MI6250100A	808318	1134094	34
MI6250101A	806906	1134560	30
MI6250102A	800055	1132097	45
MI6250103A	805501	1131880	37
MI6250104A	809307	1135478	25
MI6250105A	796128	1136546	49
MI6250106A	769135	1133020	37
MI6250107A	796755	1133120	42
MI6251001A	791392	1131347	50.00
MI6251003A	786372,215	1139456,14	68
MI6251004A	778749,722	1131696,13	89
MI6251005A	791769,889	1140717,62	81
MI6251006A	789121,134	1137006,21	74
MI6251007A	787575,499	1132381,78	59
MI6251008A	789044	1132923	47
MI6251009A	784831,181	1132820,7	67
MI6251010A	787525283	1138530,38	78
MI6251011A	790603,089	1135955,13	71



ANEXO I
Base de datos.



Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
MI6251012A	778914,288	1131556,47	97
MI6251013C	790086,254	1141810,49	116
MI6251014C	790129,014	1141731,47	114
MI6251015C	790251,049	1141701,74	112
MI6251016C	790282,259	1141609,76	111
MI6251017C	790063,793	1142253,62	124
MI6251018C	790004,942	1142007,16	118
MI6251019C	790524,8	1141734,76	110
MI6251020C	790434,995	1141549,53	109
MI6251021C	791651,179	1140347,68	83
MI6251022C	789949,148	1141391,78	107
MI6251023C	791642,99	1141331,48	103
MI6251024C	790091,602	1141164,87	95
MI6251025C	791651,179	1140347,68	83
MI6251026C	791644,782	1141116,27	92
MI6251027C	791644,782	1141116,27	92
MI6251028C	791644,782	1141116,27	92
MI6251029C	792049,115	1141501,47	105
MI6251030C	792019,951	1141347,49	99
MI6251031C	792016,619	1141747,17	97
MI6251032C	792017	1141747	97
MI6251033C	792047,32	1141716,68	97
MI6251034C	792047,833	1141655	98
MI6251035C	790585,69	1141735	109
MI6251037C	791625,692	1141159,73	92
MI6251038C	789942,524	1142191,12	122
MI6251039C	792019,951	1141347,49	99
MI6251040C	791777,154	1141253,23	99
MI6251041C	791735,348	1141209,27	97
MI6251042C	791746,708	1141252,97	98
MI6251043A	789596,612	1142113,89	96
MI6251044A	789749,592	1142022,92	111
MI6251045A	789962,442	1142055,43	119



ANEXO I
Base de datos.



Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
MI6251046A	790236,434	1142057,7	118
MI6251047A	788907,563	1133345,76	58
MI6251047C	788928	1133369	108
MI6251048A	791562	1131397	112
MI6251049C	791747,337	1143423,09	112
MI6251050A	793003,107	1138883,12	77
MI6251051C	790604,309	1141753,29	110
MI6251052A	759837,855	1136162,83	171
MI6349001A	813838,302	1158436,68	34
MI6349002A	816355,802	1154136,61	39
MI6349003A	819397,451	1151119,95	10
MI6349004A	816510,941	1149081,65	18
MI6349005A	815777,772	1147396,56	20
MI6349006A	815765,197	1147383,52	36
MI6349007A	817625,478	1143710,14	30
MI6349008C	817608,699	1145555,13	27
MI6349009A	811995,542	1160265,04	17
MI6349010C	818628,942	1145269,81	23
MI6349011A	819192	1150966	11
MI6349013A	811567	1114367	31
MI6349014A	814336,758	1153828,45	71
MI6349016A	814399,383	1148306,66	30
MI6349017A	812791	1145960	35
MI6349018N	820458,722	1151591,03	6
MI6349021A	814417	1144911	36
MI6349022A	809087	1145017	36
MI6349023E	816797,526	1147700,41	18
MI6349024A	816357	1149279	15
MI6349025A	816785	1150426	15
MI6349026A	814794	1148063	26
MI6349027C	819445	1144672	14
MI6349028C	819918	1142912	15
MI6349029A	818149,451	1146359,62	12



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MÉRIDA - VENEZUELA

ANEXO I
Base de datos.

CIDINT

Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
MI6349030A	818133	1144551	20
MI6349031E	812649	1145977	15
MI6349032C	814889	1148089	34
MI6349033A	815243	1146103	27
MI6349034N	815243	1146103	22
MI6349035A	781638,961	1151087,67	18
MI6349036A	818378,728	1151251,39	14
MI6349037A	819336	1149235	8
MI6349038R	817900	1151081	15
MI6349039A	812072	1146851	55
MI6349040A	810332	1151542	605
MI6349041R	812296,556	1150519,62	27
MI6349042A	811572	1150850	45
MI6349043A	811627	1150836	25
MI6350001E	810282	1146915	50
MI6350002A	795684,938	1147220,25	68
MI6350003A	795700,58	1145375,54	60
MI6350004C	808438,225	1151020,88	44
MI6350006A	793862,305	1145347,09	99
MI6350007A	806550,583	1156526,16	49
MI6350008A	804740,778	1154665,19	60
MI6350010A	802930,775	1152804,36	55
MI6350013A	806599,564	1150991,62	42
MI6350014A	810268,814	1149179,17	133
MI6350015C	807825,32	1150079,97	54
MI6350016N	810061	1146514,95	29
MI6350020A	809777	1144860	38
MI6350021A	796880	1148447	104
MI6350022A	792954	1144724	107
MI6350023A	794008	1146055	101
MI6350024R	797499,591	1147222,76	86
MI6350025Q	806550,583	1156526,16	48
MI6350026A	809681,308	809681,308	32

Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
MI6350027A	1146775,5	809681,308	32
MI6350028C	795811	1151757	98
MI6350029A	795974	1151599	89
MI6350030A	795802	1151778	98
MI6350031R	794521	1153351	153
MI6351001A	781103,482	1143410,26	133
MI6351002R	777321,63	1158123,83	559
MI6351003Q	782843,788	1152634,67	455
MI6351004A	777380,744	1150745,95	316

TOPE DE LA ARCILLA 1

Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	47
6349021	814417	1144911	37
62510008	789044	1132923	48
6248007A	828162,918	1140145,82	10
6249003A	818261	1128923	12,7
6249007A	820560	1129628	27
6249008A	819150	1132337	21
6249018a	819112	1132392	21
6250001A	809213	1130719	32
6250004A	794853	1132441	44
6250101A	806906	1134560	30
6250104A	809307	1135478	26
6251001A	791392	1131347	50
6251011A	790591	1135942	71
6349002A	816343	1154123	39
6349003A	818167	1151095	10
6349022A	809087	1145017	36
6350020A	794008	1146055	38
6350021A	796880	1148447	105
6350022A	792954	1144724	107



ANEXO I
Base de datos.



6350023A	794008	1146055	101
BPO01	809351,762	1146658,59	29
BPO02	818959,54	1150636	15
BPO03	820965,88	1142446,56	-6
BPO04	830476,032	1143795,2	5
BPO06	812916,929	1129718,83	29

TOPE DE LA ARENA 1

<i>Identificacion</i>	<i>Este X(m)</i>	<i>Norte Y (m)</i>	<i>Cota (m.s.n.m)</i>
6349021	814417	1144911	35
6248007A	828162,918	1140145,82	4
6249003A	818261	1128923	-25
6249007A	820560	1129628	14
6249008A	819150	1132337	19
6249018a	819112	1132392	18
6250001A	809213	1130719	20
6250004A	794853	1132441	40
6250101A	806906	1134560	23
6250104A	809307	1135478	24
6251001A	791392	1131347	45
6251008A	789044	1132923	46
6251011A	790591	1135942	61
6349002A	816343	1154123	33
6349003A	818167	1151095	8
6349022A	809087	1145017	29
6350020A	794008	1146055	29
6350021A	796880	1148447	103
6350022A	792954	1144724	84
6350023A	794008	1146055	94,5
BPO01	809351,762	1146658,59	22
BPO02	818959,54	1150636	7
BPO03	820965,88	1142446,56	-8
BPO04	830476,032	1143795,2	0

BPO06	812916,929	1129718,83	25
BPO07	795488,283	1131194,24	38

TOPE DE LA ARCILLA 2.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
6349021	814417	1144911	9
62510008	789044	1132923	-16
6248007A	828162,918	1140145,82	-2
6249003A	818261	1128923	-31,3
6249007A	820560	1129628	7
6249008A	819150	1132337	11
6250001A	809213	1130719	-1
6250004A	794853	1132441	36
6250101A	806906	1134560	16
6250104A	809307	1135478	22
6251001A	791392	1131347	30
6251011A	790591	1135942	53
6349002A	816343	1154123	29
6349003A	818167	1151095	6,5
6349022A	809087	1145017	24
6350020A	794008	1146055	22
6350021A	796880	1148447	87,5
6350022A	792954	1144724	77
6350023A	794008	1146055	90
BPO01	809351,762	1146658,59	18
BPO02	818959,54	1150636	0
BPO03	820965,88	1142446,56	-10
BPO04	830476,032	1143795,2	-5
BPO06	812916,929	1129718,83	21
BPO07	795488,283	1131194,24	32

TOPE DE LA ARENA 2

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	27
6349021	814417	1144911	-31
62510008	789044	1132923	-18
6248007A	828162,918	1140145,82	-10,5
6249003A	818261	1128923	-37,3
6249007A	820560	1129628	5
6249008A	819150	1132337	-25
6250001A	809213	1130719	-3
6250004A	794853	1132441	33
6250101A	806906	1134560	11,5
6250104A	809307	1135478	20
6251001A	791392	1131347	26,5
6251011A	790591	1135942	46
6349002A	816343	1154123	22
6349003A	818167	1151095	5
6349022A	809087	1145017	22
6350020A	794008	1146055	-22
6350021A	796880	1148447	74
6350022A	792954	1144724	59
6350023A	794008	1146055	75
BPO01	809351,762	1146658,59	6,5
BPO02	818959,54	1150636	-15
BPO03	820965,88	1142446,56	-12
BPO04	830476,032	1143795,2	-19
BPO06	812916,929	1129718,83	16

TOPE DE LA ARCILLA 3.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	24
6349021	814417	1144911	-32



ANEXO I
Base de datos.



62510008	789044	1132923	-19
6248007A	828162,918	1140145,82	-16,5
6249003A	818261	1128923	-38
6249007A	820560	1129628	-2
6249008A	819150	1132337	-29
6250001A	809213	1130719	-4
6250004A	794853	1132441	29
6250101A	806906	1134560	3
6250104A	809307	1135478	19
6251001A	791392	1131347	15
6251011A	790591	1135942	43
6349002A	816343	1154123	20
6349003A	818167	1151095	2,5
6349022A	809087	1145017	21
6350020A	794008	1146055	23
6350021A	796880	1148447	73
6350022A	792954	1144724	56
6350023A	794008	1146055	73,5
BPO01	809351,762	1146658,59	4
BPO02	818959,54	1150636	-21
BPO03	820965,88	1142446,56	-15,5
BPO04	830476,032	1143795,2	-25
BPO06	812916,929	1129718,83	12

TOPE DE LA ARENA 3.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	19
6349021	814417	1144911	-34
62510008	789044	1132923	-21
6248007A	828162,918	1140145,82	-37
6249003A	818261	1128923	-40
6249007A	820560	1129628	-4
6249008A	819150	1132337	40



ANEXO I
Base de datos.



6250001A	809213	1130719	-6
6250004A	794853	1132441	15
6250101A	806906	1134560	-1,5
6250104A	809307	1135478	10
6251001A	791392	1131347	13
6251011A	790591	1135942	39
6349002A	816343	1154123	16
6349003A	818167	1151095	-8
6349022A	809087	1145017	19
6350020A	794008	1146055	-25
6350021A	796880	1148447	71
6350022A	792954	1144724	54
6350023A	794008	1146055	54
BPO01	809351,762	1146658,59	-8
BPO02	818959,54	1150636	32
BPO03	820965,88	1142446,56	-18
BPO04	830476,032	1143795,2	-33
BPO06	812916,929	1129718,83	-1

TOPE DE LA ARCILLA 4.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
6349021	814417	1144911	-36
62510008	789044	1132923	-23
6248007A	828162,918	1140145,82	-52,5
6249003A	818261	1128923	-42
6249007A	820560	1129628	-6
6249008A	819150	1132337	-47
6250001A	809213	1130719	-8
6250004A	794853	1132441	-1
6250101A	806906	1134560	-7,5
6250104A	809307	1135478	4
6251001A	791392	1131347	11
6251011A	790591	1135942	34

6349002A	816343	1154123	13
6349003A	818167	1151095	-14
6349022A	809087	1145017	17
6350020A	794008	1146055	-27
6350021A	796880	1148447	69
6350022A	792954	1144724	52
6350023A	794008	1146055	45
BPO01	809351,762	1146658,59	-11
BPO02	818959,54	1150636	-39
BPO03	820965,88	1142446,56	-22
BPO04	830476,032	1143795,2	-38
BPO06	812916,929	1129718,83	-14
BPO07	795488,283	1131194,24	14

TOPE DE LA ARENA 4.

<i>Identificacion</i>	<i>Este X(m)</i>	<i>Norte Y (m)</i>	<i>Cota (m.s.n.m)</i>
6349021	814417	1144911	-38
62510008	789044	1132923	-25
6248007A	828162,918	1140145,82	-55
6249003A	818261	1128923	-44
6249007A	820560	1129628	-8
6249008A	819150	1132337	-49
6250001A	809213	1130719	-10
6250004A	794853	1132441	-7
6250101A	806906	1134560	-11,5
6250104A	809307	1135478	2
6251001A	791392	1131347	9
6251011A	790591	1135942	31
6349002A	816343	1154123	2
6349003A	818167	1151095	-22
6349022A	809087	1145017	15
6350020A	794008	1146055	-29
6350021A	796880	1148447	67

6350022A	792954	1144724	50
6350023A	794008	1146055	43
BPO01	809351,762	1146658,59	-13
BPO02	818959,54	1150636	-46
BPO03	820965,88	1142446,56	-24
BPO04	830476,032	1143795,2	-42
BPO06	812916,929	1129718,83	-34
BPO07	795488,283	1131194,24	12

TOPE DE LA ARCILLA 5.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	6,5
6349021	814417	1144911	-40
62510008	789044	1132923	-27
6248007A	828162,918	1140145,82	-57
6249003A	818261	1128923	-46
6249007A	820560	1129628	-10
6249008A	819150	1132337	-51
6250001A	809213	1130719	-12
6250004A	794853	1132441	-11
6250101A	806906	1134560	-14
6250104A	809307	1135478	0
6251001A	791392	1131347	7
6251011A	790591	1135942	28
6349002A	816343	1154123	-2
6349003A	818167	1151095	-26
6349022A	809087	1145017	13
6350020A	794008	1146055	-31
6350021A	796880	1148447	65
6350022A	792954	1144724	48
6350023A	794008	1146055	41
BPO01	809351,762	1146658,59	-15
BPO02	818959,54	1150636	-49



ANEXO I
Base de datos.



BPO03	820965,88	1142446,56	-29
BPO04	830476,032	1143795,2	-50
BPO06	812916,929	1129718,83	-39

TOPE DE LA ARENA 5.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	4,5
6349021	814417	1144911	-42
62510008	789044	1132923	-29
6248007A	828162,918	1140145,82	-59
6249003A	818261	1128923	-48
6249007A	820560	1129628	-12
6249008A	819150	1132337	-53
6250001A	809213	1130719	-14
6250004A	794853	1132441	-15
6250101A	806906	1134560	-16,5
6250104A	809307	1135478	-2
6251001A	791392	1131347	5
6251011A	790591	1135942	17
6349002A	816343	1154123	-8
6349003A	818167	1151095	-31
6349022A	809087	1145017	11
6350020A	794008	1146055	-33
6350021A	796880	1148447	63
6350022A	792954	1144724	46
6350023A	794008	1146055	39
BPO01	809351,762	1146658,59	-20,5
BPO02	818959,54	1150636	-61
BPO03	820965,88	1142446,56	-31
BPO04	830476,032	1143795,2	-53
BPO06	812916,929	1129718,83	-41

TOPE DE LA ARCILLA 6.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	-13
6349021	814417	1144911	-44
62510008	789044	1132923	-30
6248007A	828162,918	1140145,82	-61
6249003A	818261	1128923	-50
6249007A	820560	1129628	-14
6249008A	819150	1132337	-55
6250001A	809213	1130719	-16
6250004A	794853	1132441	-29
6250101A	806906	1134560	-18
6250104A	809307	1135478	-4
6251001A	791392	1131347	3
6251011A	790591	1135942	14
6349002A	816343	1154123	-10
6349003A	818167	1151095	-34
6349022A	809087	1145017	9
6350020A	794008	1146055	-34
6350021A	796880	1148447	61
6350022A	792954	1144724	44
6350023A	794008	1146055	37
BPO01	809351,762	1146658,59	-22
BPO02	818959,54	1150636	-63
BPO03	820965,88	1142446,56	-45
BPO04	830476,032	1143795,2	-59
BPO06	812916,929	1129718,83	-43

TOPE DE LA ARENA 6.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	-14
6349021	814417	1144911	-45

62510008	789044	1132923	-31
6248007A	828162,918	1140145,82	-62
6249003A	818261	1128923	-51
6249007A	820560	1129628	-15
6249008A	819150	1132337	-56
6250001A	809213	1130719	-17
6250004A	794853	1132441	-31
6250101A	806906	1134560	-19
6250104A	809307	1135478	-8,5
6251001A	791392	1131347	1
6251011A	790591	1135942	3
6349002A	816343	1154123	-13
6349003A	818167	1151095	-37
6349022A	809087	1145017	8
6350020A	794008	1146055	-35
6350021A	796880	1148447	60
6350022A	792954	1144724	43
6350023A	794008	1146055	36
BPO01	809351,762	1146658,59	-23
BPO02	818959,54	1150636	-65
BPO03	820965,88	1142446,56	-47
BPO04	830476,032	1143795,2	-62
BPO06	812916,929	1129718,83	-44

TOPE DE LA ARCILLA 7.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	-16
6349021	814417	1144911	-46
62510008	789044	1132923	-32
6248007A	828162,918	1140145,82	-63
6249003A	818261	1128923	-53
6249007A	820560	1129628	-16
6249008A	819150	1132337	-57



ANEXO I
Base de datos.



6250001A	809213	1130719	-18
6250004A	794853	1132441	-37
6250101A	806906	1134560	-20
6250104A	809307	1135478	-12,5
6251001A	791392	1131347	-4,5
6251011A	790591	1135942	-9
6349002A	816343	1154123	-15
6349003A	818167	1151095	-43
6349022A	809087	1145017	7
6350020A	794008	1146055	-36
6350021A	796880	1148447	59
6350022A	792954	1144724	42
6350023A	794008	1146055	35
BPO01	809351,762	1146658,59	-24
BPO02	818959,54	1150636	-66
BPO03	820965,88	1142446,56	-53
BPO04	830476,032	1143795,2	-65
BPO06	812916,929	1129718,83	-45

TOPE DE LA ARENA 7.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	-19
6349021	814417	1144911	-47
62510008	789044	1132923	-33
6248007A	828162,918	1140145,82	-64
6249003A	818261	1128923	-54
6249007A	820560	1129628	-17
6249008A	819150	1132337	-58
6250001A	809213	1130719	-20
6250004A	794853	1132441	-42
6250101A	806906	1134560	-22
6250104A	809307	1135478	-29
6251001A	791392	1131347	-8



ANEXO I
Base de datos.



6251011A	790591	1135942	-10
6349002A	816343	1154123	-16
6349003A	818167	1151095	-47
6349022A	809087	1145017	6
6350020A	794008	1146055	-37
6350021A	796880	1148447	57
6350022A	792954	1144724	40
6350023A	794008	1146055	34
BPO01	809351,762	1146658,59	-26
BPO02	818959,54	1150636	-68
BPO03	820965,88	1142446,56	-55
BPO04	830476,032	1143795,2	-67
BPO06	812916,929	1129718,83	-47

TOPE DE LA ARCILLA 8.

<i>Identificacion</i>	<i>Este X(m)</i>	<i>Norte Y (m)</i>	<i>Cota (m.s.n.m)</i>
BPO07	795488,283	1131194,24	-22
6349021	814417	1144911	-48
62510008	789044	1132923	-34
6248007A	828162,918	1140145,82	-66
6249003A	818261	1128923	-58
6249007A	820560	1129628	-18
6249008A	819150	1132337	-59
6250001A	809213	1130719	-21
6250004A	794853	1132441	-44
6250101A	806906	1134560	-23
6250104A	809307	1135478	-31
6251001A	791392	1131347	-14
6251011A	790591	1135942	-11
6349002A	816343	1154123	-20
6349003A	818167	1151095	-50
6349022A	809087	1145017	4
6350020A	794008	1146055	-38



ANEXO I
Base de datos.



6350021A	796880	1148447	56
6350022A	792954	1144724	39
6350023A	794008	1146055	33
BPO01	809351,762	1146658,59	-27
BPO02	818959,54	1150636	-70
BPO03	820965,88	1142446,56	-56
BPO04	830476,032	1143795,2	-68
BPO06	812916,929	1129718,83	-48

TOPE DE LA ARENA 8.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	-23
6349021	814417	1144911	-49
62510008	789044	1132923	-35
6248007A	828162,918	1140145,82	-67
6249003A	818261	1128923	-59
6249007A	820560	1129628	-19
6249008A	819150	1132337	-60
6250001A	809213	1130719	-22
6250004A	794853	1132441	-45
6250101A	806906	1134560	-25
6250104A	809307	1135478	-36
6251001A	791392	1131347	-16,5
6251011A	790591	1135942	-12
6349002A	816343	1154123	-21
6349003A	818167	1151095	-51
6349022A	809087	1145017	3
6350020A	794008	1146055	-39
6350021A	796880	1148447	55
6350022A	792954	1144724	38
6350023A	794008	1146055	32
BPO01	809351,762	1146658,59	-29
BPO02	818959,54	1150636	-71



ANEXO I
Base de datos.



BPO03	820965,88	1142446,56	-58
BPO04	830476,032	1143795,2	-70
BPO06	812916,929	1129718,83	-49

TOPE DE LA ARCILLA 9.

Identificacion	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO07	795488,283	1131194,24	-32
6349021	814417	1144911	-50
62510008	789044	1132923	-36
6248007A	828162,918	1140145,82	-69
6249003A	818261	1128923	-60
6249007A	820560	1129628	-20
6249008A	819150	1132337	-61
6250001A	809213	1130719	-23
6250004A	794853	1132441	-47
6250101A	806906	1134560	-26
6250104A	809307	1135478	-37,5
6251001A	791392	1131347	-30,5
6251011A	790591	1135942	-13
6349002A	816343	1154123	-23
6349003A	818167	1151095	-53
6349022A	809087	1145017	2
6350020A	794008	1146055	-40
6350021A	796880	1148447	54
6350022A	792954	1144724	37
6350023A	794008	1146055	31
BPO01	809351,762	1146658,59	-30
BPO02	818959,54	1150636	-73
BPO03	820965,88	1142446,56	-60
BPO04	830476,032	1143795,2	-71
BPO06	812916,929	1129718,83	-50

NIVELES ESTÁTICOS Y FREÁTICOS (Septiembre – Octubre 2001)

Identificación	Este X(m)	Norte Y(m)	NE (m)	Nivel Freático (m.s.n.m)
MI6249001A	811.658	1.129.335	4,00	27,00
MI6249002A	814.121	1.131.706	4,00	26,00
MI6249003A	818.261	1.128.923	5,20	7,50
MI6249004A	824.511	1.139.567	3,40	10,60
MI6249005A	821.925	1.136.979	4,50	11,50
MI6249006A	817.491	1.135.730	9,00	13,00
MI6249007A	820.560	1.129.628	3,60	23,40
MI6249009A	822.021	1.134.149	13,80	10,20
MI6249010A	814.787	1.127.855	17,00	14,00
MI6249011A	812.700	1.134.678	10,00	13,00
MI6249013A	826.719	1.136.260	4,85	94,15
MI6249014A	810.877	1.135.779	14,00	22,00
MI6249016A	814.930	1.131.248	5,70	17,30
MI6249018A	819.112	1.132.392	5,40	15,60
MI6249022A	811.962	1.129.704	4,60	31,40
MI6249023A	810.870	1.135.470	5,50	24,50
MI6249024A	826.521	1.138.776	3,80	12,20
MI6249026A	813.759	1.134.734	4,90	21,10
MI6249030A	825.038	1.140.946	4,90	2,10
MI6249031A	822.199	1.141.676	2,50	9,50
MI6249032A	821.999	1.141.981	3,12	5,88
MI6249033A	822.017	1.141.995	2,03	8,97
MI6249034A	821.016	1.142.727	2,48	10,52
MI6250003A	806.838	1.134.534	13,50	17,50
MI6250008A	795.797	1.135.753	1,00	52,00
MI6250100A	808.318	1.134.094	2,55	31,45
MI6250103A	805.501	1.131.880	3,30	33,70
MI6250105A	796.128	1.136.546	0,60	48,40
MI6250107A	796.755	1.133.120	11,40	30,60
MI6251001A	791.392	1.131.347	5,00	45,00
MI6251008A	789.044	1.132.923	10,80	36,20



ANEXO I
Base de datos.



MI6251047A	788.928	1.133.369	12,00	46,00
MI6251048A	791.562	1.131.397	5,00	97,00
MI6349011A	819.192	1.150.966	5,00	6,00
MI6349013A	811.567	1.114.367	13,30	17,70
MI6349017A	812.791	1.145.960	2,30	32,70
MI6349024A	816.357	1.149.279	6,00	9,00
MI6349025A	816.785	1.150.426	0,00	15,00
MI6349026A	814.794	1.148.063	4,00	22,00
MI6349027N	819.445	1.144.672	1,00	13,00
MI6349028N	819.918	1.142.912	10,30	4,70
MI6349030A	818.133	1.144.551	3,00	17,00
MI6349032N	812.649	1.145.977	3,20	30,80
MI6349033A	814.889	1.148.089	1,70	25,30
MI6349034N	815.243	1.146.103	1,00	21,00
MI6349037A	819.336	1.149.235	0,10	7,90
MI6349039A	812.072	1.146.851	12,50	42,50
MI6349040A	810.332	1.151.542	2,85	602,15
MI6349042A	811.572	1.150.850	16,40	28,60
MI6349043A	811.627	1.150.836	6,00	19,00
MI6350001A	810.282	1.146.915	5,75	44,25
MI6350020A	809.777	1.144.860	9,00	29,00
MI6350028N	795.811	1.151.757	2,40	95,60
MI6350029A	795.974	1.151.599	2,40	86,60

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Identificación	Este X(m)	Norte Y(m)	Conductividad (mmhos).
MI6249002A	814.121	1.131.706	304
MI6249007A	820.560	1.129.628	485
MI6249021N	821.466	1.141.452	213
MI6249022A	811.962	1.129.704	33
MI6250003A	806.838	1.134.534	476
MI6250027N	796.278	1.131.083	438
MI6251011C	790.603	1.135.955	375



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA

ANEXO I
Base de datos.

CIDIAT

MI6251012C	778.914	1.131.556	524
MI6251014C	790.129	1.141.731	477
MI6251015C	790.251	1.141.702	437
MI6251016C	790.282	1.141.610	492
MI6251017C	790.064	1.142.254	750
MI6251018C	790.005	1.142.007	507
MI6251019C	790.525	1.141.735	123
MI6251020C	790.435	1.141.550	476
MI6251022C	789.949	1.141.392	925
MI6251029C	792.049	1.141.501	126
MI6251030C	792.020	1.141.347	524
MI6251031C	792.017	1.141.747	678
MI6251032C	792.017	1.141.747	1049
MI6251033C	792.047	1.141.717	787
MI6251034C	792.048	1.141.655	656
MI6251035C	790.586	1.141.735	855
MI6251037C	791.626	1.141.160	140
MI6251038C	789.943	1.142.191	242
MI6251039C	792.020	1.141.347	342
MI6251040C	791.777	1.141.253	1484
MI6251042C	791.747	1.141.253	2760
MI6251047A	788.928	1.133.369	200
MI6349002A	816.356	1.154.137	2588
MI6349003A	819.397	1.151.120	2715
MI6349005A	815.778	1.147.397	745
MI6349010C	818.629	1.145.270	181,7
MI6349016A	814.399	1.148.307	753
MI6349017A	812.791	1.145.960	492
MI6349018N	820.459	1.151.591	2332
MI6349043A	811.627	1.150.836	203
MI6350003A	795.701	1.145.376	230
MI6350004C	808.438	1.151.021	1300
MI6350016A	810.061	1.146.515	1294
MI6350028N	795.811	1.151.757	65



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA

ANEXO I
Base de datos.

CIBINT

MI6350029A	795.974	1.151.599	105
MI6350030A	795.802	1.151.778	82
MI6350031Q	794.521	1.153.351	78
MI6351001A	781.103	1.143.410	25

CAUDAL

Identificación	Este X(m)	Norte Y(m)	GASTO (l/seg)
MI6249001E	813972,882	1129900,56	10
MI6249002E	814105,783	1132085,08	14
MI6249003A	726891,716	1128128,83	10
MI6249004A	824059,062	1139525,16	22
MI6249005A	821920,265	1136952,94	16
MI6249006A	817484,688	1135713,28	4
MI6249007A	820555,358	1129621,29	2
MI6249008A	819159,901	1132345,65	22
MI6249009A	824017,274	1134142,85	16
MI6249010A	814783,138	1127847,42	9
MI6249011A	812681,846	1134655,52	2
MI6249012A	821485,196	1141223,66	13
MI6249013A	826889,845	1116577,89	20
MI6249014A	810874,967	1135777,3	5
MI6249015E	810847,228	1135469,55	10
MI6249016A	814905,357	1131231,16	5
MI6249017E	819128,887	1132406,88	6
MI6249018A	819129,165	1132376,13	20
MI6249031A	823128,872	1138009,65	20
MI6249032A	821996,086	1141966,43	25
MI6249033A	493400,339	1140517,37	9
MI6249035A	821262,725	1142236,48	20
MI6250001A	810432,073	1130730,33	5
MI6250002A	253039,707	113778,445	4
MI6250003E	259112,78	1133999,44	17
MI6250004A	794853,559	1132441,81	10



ANEXO I
Base de datos.



MI6250005A	792068,188	1141458,01	40
MI6250006A	800707,818	1142330,58	5
MI6250007A	792816,183	1143032,32	3
MI6250008A	795800,451	1135739,65	2
MI6250009A	802809,901	1131586,7	14
MI6250037A	735001,881	1130947,76	10
MI6251001A	791390,846	1131336,96	15
MI6251002A	787517,728	1139452,67	6
MI6251003A	786360,813	1139443,2	8
MI6251004A	778749,722	1131696,13	19
MI6251005A	791769,889	1140717,62	15
MI6251006A	789121,134	1137006,21	6
MI6251007A	787575,499	1132381,78	2
MI6251008A	789032,892	1132916,35	2
MI6251009A	784831,181	1132820,7	10
MI6251010A	787525,283	1138530,38	5
MI6251011A	790591,52	1135942,23	20
MI6251012A	778903,185	1131543,63	6
MI6251022C	789937,6	1141378,81	1
MI6251023C	789938,109	1141317,33	1
MI6251043A	789596,612	1142113,89	4
MI6251044A	789749,592	1142022,92	12
MI6251048A	790239,747	1141658,03	5
MI6251049C	698828,356	596667,584	2
MI6251050A	793003,107	1138883,12	2
MI6349001A	813838,302	1158436,68	2
MI6349002A	816343,203	1154123,49	14
MI6349003A	819384,731	1151106,86	20
MI6349004A	816510,941	1149081,65	22
MI6349005A	815765,197	1147383,52	4
MI6349006A	815765,197	1147383,52	25
MI6349008C	817608,699	1145555,13	1
MI6349009A	811995,542	1160265,04	20
MI6349011A	819173,048	1150951,15	6



ANEXO I
Base de datos.



MI6349013A	811554,812	1148360,39	7
MI6349014A	814336,758	1153828,45	12
MI6349016A	814386,864	1148293,6	2
MI6349021A	814433,966	1143066,26	23
MI6349022A	809849,093	1145024,12	22
MI6349024A	744346,493	1148684,39	3
MI6349026A	814784,855	1148051,19	10
MI6349033A	814875,909	1148082,76	8
MI6349035A	818164,225	1151403,18	7
MI6349036A	818378,728	1151251,39	8
MI6349037A	819341,081	1149230,53	2
MI6349039A	811889,189	1165276,54	20
MI6349042A	811562,936	1150851,29	4
MI6349043A	811513,446	1156355,28	10
MI6350001E	810258,647	1146903,54	15
MI6350002A	795673,164	1147207,22	1
MI6350003A	795688,806	1145362,52	1
MI6350004C	808425,942	1151007,8	6
MI6350006A	793862,305	1145347,09	14
MI6350007A	806550,583	1156526,16	10
MI6350008A	804740,778	1154665,19	3
MI6350010A	802930,775	1152804,36	12
MI6350013A	806599,564	1150991,62	6
MI6350014A	810268,814	1149179,17	11
MI6350020A	809759,394	1144838,82	27
MI6350021A	796880,294	1148447,38	1
MI6350022A	792954,223	1144724,53	2
MI6350023A	794008,553	1146055,5	6
MI6350026A	809681,308	1146775,4	5
MI6350027A	809681,308	1146775,4	5
MI6350029A	795970,846	1151575,85	20
MI6351001A	781092,29	1143397,28	3
MI6449002A	812553,843	1165805,37	14

pH

Identificación	Este X(m)	Norte Y(m)	Ph
MI6249002A	814.121	1.131.706	7,30
MI6249003A	818.261	1.128.923	7,10
MI6249004A	824.511	1.139.567	7,20
MI6249005A	821.925	1.136.979	8,00
MI6249006A	817.491	1.135.730	6,40
MI6249007A	820.560	1.129.628	7,10
MI6249009A	822.021	1.134.149	6,30
MI6249010A	814.787	1.127.855	7,30
MI6249011A	812.700	1.134.678	7,00
MI6249014A	810.877	1.135.779	6,60
MI6249016A	814.930	1.131.248	6,70
MI6249018A	819.112	1.132.392	7,20
MI6249021N	821.466	1.141.452	6,80
MI6249022A	811.962	1.129.704	7,10
MI6249023A	810.870	1.135.470	6,60
MI6249024A	826.521	1.138.776	7,20
MI6249027A	812.794	1.134.735	7,00
MI6249028A	826.337	1.140.853	7,30
MI6249029A	825.934	1.140.866	7,50
MI6249031A	822.199	1.141.676	7,40
MI6249032A	821.999	1.141.981	5,60
MI6249033A	822.017	1.141.995	5,80
MI6249034A	821.016	1.142.727	5,90
MI6250002A	804.672	1.133.843	7,00
MI6250003A	806.838	1.134.534	7,00
MI6250004A	794.865	1.132.455	6,10
MI6250027N	796.278	1.131.083	7,40
MI625103A	786.372	1.139.456	6,90
MI625108A	789.044	1.132.929	7,90
MI6251011C	790.603	1.135.955	7,50
MI6251012C	778.914	1.131.556	7,20



ANEXO I
Base de datos.



MI6251014C	790.129	1.141.731	7,20
MI6251015C	790.251	1.141.702	8,40
MI6251016C	790.282	1.141.610	7,60
MI6251017C	790.064	1.142.254	6,20
MI6251018C	790.005	1.142.007	6,90
MI6251019C	790.525	1.141.735	6,40
MI6251020C	790.435	1.141.550	6,90
MI6251022C	789.949	1.141.392	7,50
MI6251029C	792.049	1.141.501	6,50
MI6251030C	792.020	1.141.347	8,00
MI6251031C	792.017	1.141.747	7,50
MI6251032C	792.017	1.141.747	7,10
MI6251033C	792.047	1.141.717	7,30
MI6251034C	792.048	1.141.655	7,20
MI6251035C	790.586	1.141.735	7,20
MI6251037C	791.626	1.141.160	7,40
MI6251038C	789.943	1.142.191	7,00
MI6251039C	792.020	1.141.347	7,20
MI6251040C	791.777	1.141.253	7,10
MI6251042C	791.747	1.141.253	7,70
MI6250100A	808.318	1.134.094	7,30
MI6250101A	806.906	1.134.560	6,40
MI6250102A	800.055	1.132.097	6,80
MI6250103A	805.501	1.131.880	7,30
MI6250104A	809.307	1.135.478	6,80
MI6250105A	796.128	1.136.546	7,10
MI6250106A	769.135	1.133.020	7,50
MI6250107A	796.755	1.133.120	6,50
MI6251001A	791.392	1.131.347	6,60
MI6251008A	789.044	1.132.923	7,60
MI6251047A	788.928	1.133.369	7,40
MI6251048A	791.562	1.131.397	6,70
MI6349002A	816.356	1.154.137	7,30
MI6349003A	819.397	1.151.120	7,50



ANEXO I
Base de datos.



MI6349005A	815.778	1.147.397	7,70
MI6349010C	818.629	1.145.270	9,60
MI6349011A	819.192	1.150.966	7,60
MI6349013A	811.567	1.114.367	6,30
MI6349016A	814.399	1.148.307	7,60
MI6349017A	812.791	1.145.960	7,20
MI6349018N	820.459	1.151.591	7,70
MI6349023A	816.896	1.147.708	7,13
MI6349024A	816.357	1.149.279	7,10
MI6349025A	816.785	1.150.426	8,10
MI6349026A	814.794	1.148.063	9,00
MI6349027N	819.445	1.144.672	6,00
MI6349028N	819.918	1.142.912	5,20
MI6349029A	818.151	1.146.365	6,60
MI6349030A	818.133	1.144.551	5,30
MI6349032N	812.649	1.145.977	7,50
MI6349034N	815.243	1.146.103	7,50
MI6349037A	819.336	1.149.235	7,50
MI6349038Q	817.900	1.151.081	8,20
MI6349039A	812.072	1.146.851	6,90
MI6349041Q	812.321	1.150.554	8,20
MI6349043A	811.627	1.150.836	7,50
MI6350002A	795.685	1.147.220	8,10
MI6350003A	795.701	1.145.376	6,40
MI6350004C	808.438	1.151.021	6,40
MI6350016A	810.061	1.146.515	7,30
MI6350028N	795.811	1.151.757	6,50
MI6350029A	795.974	1.151.599	8,30
MI6350030A	795.802	1.151.778	8,50
MI6350031Q	794.521	1.153.351	8,40
MI6351001A	781.103	1.143.410	6,80

TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS

Identificación	Este X(m)	Norte Y(m)	TSD
MI6249002A	814.121	1.131.706	320
MI6249007A	820.560	1.129.628	363,75
MI6249021N	821.466	1.141.452	140
MI6249022N	811.962	1.129.704	24,75
MI6250003A	806.838	1.134.534	476
MI6250027N	796.278	1.131.083	310
MI6251011C	790.603	1.135.955	210
MI6251012C	778.914	1.131.556	690
MI6251014C	790.129	1.141.731	600
MI6251015C	790.251	1.141.702	680
MI6251016C	790.282	1.141.610	600
MI6251017C	790.064	1.142.254	410
MI6251018C	790.005	1.142.007	620
MI6251019C	790.525	1.141.735	380
MI6251020C	790.435	1.141.550	580
MI6251022C	789.949	1.141.392	650
MI6251029C	792.049	1.141.501	110
MI6251030C	792.020	1.141.347	290
MI6251031C	792.017	1.141.747	220
MI6251032C	792.017	1.141.747	380
MI6251033C	792.047	1.141.717	370
MI6251034C	792.048	1.141.655	310
MI6251035C	790.586	1.141.735	320
MI6251037C	791.626	1.141.160	100
MI6251038C	789.943	1.142.191	460
MI6251039C	792.020	1.141.347	190
MI6251040C	791.777	1.141.253	730
MI6251042C	791.747	1.141.253	1670
MI6251047A	788.928	1.133.369	150
MI6349002A	816.356	1.154.137	1720
MI6349003A	819.397	1.151.120	1730

MI6349005A	815.778	1.147.397	730
MI6349010C	818.629	1.145.270	180
MI6349013A	811.567	1.114.367	42
MI6349016A	814.399	1.148.307	580
MI6349017A	812.791	1.145.960	369
MI6350002A	795.685	1.147.220	680
MI6350016A	810.061	1.146.515	885,9

POZOS CON LITOLOGÍA

Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
BPO-1	809351,762	1146658,59	29
BPO-2	818959,54	1150636	15
BPO-3	820965,88	1142446,56	13
BPO-4	830476,032	1143795,2	5
BPO-5	832949,327	1132245,95	20
BPO-6	812916,929	1129718,83	29
BPO-7	795488,283	1131194,24	47
MI6248007A	828162,918	1140145,82	10
MI6249003A	818261	1128923	12,7
MI6249007A	820560	1129628	27
MI6249008A	819.150	1.132.337	20
MI6249018A	819112	1132392	21
MI6250001A	809213	1130719	32
MI6250004A	794853	1132441	43
MI6250101A	806906	1134560	30
MI6250104A	809307	1135478	25
MI6251001A	791392	1131347	50
MI6251003A	786360	1139443	68
MI6251008A	789044	1132923	47
MI6251011A	790591	1135942	71
MI6251012A	778903	1131543	97
MI6349002A	816343	1154123	39
MI6349003A	818167	1151095	10



ANEXO I
Base de datos.

CIBINT

Identificación	Este X(m)	Norte Y (m)	Cota (m.s.n.m)
MI6349021A	814417	1144911	36
MI6349022A	809087	1145017	36
MI6350020A	809775	1141850	38
MI6350021A	796880	1148447	104
MI6350022A	792954	1144724	107
MI6350023A	794008	1146055	101
MI6350026A	809681	1146775	32
MI6351001A	781082	1144626	133

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Estación	Este X(m)	Norte Y(m)	Precipitación (mm)
El Café	797452,224	1152756,926	1982
El Tigre	815781,906	1145538,555	1487
Tacarigua del Mamporal	819384,731	1151106,86	1514
Caucagua	788428,559	1139767,597	2129
Panaquire	801279,269	1132496,059	2453
Mondragón.	810169,604	1160248,549	1496
Aguita	773915,837	1126739,615	2802

BALANCE HÍDRICO MENSUAL (mm)

Estación: El Café.

Serial: 1534.

Período de precipitación: 10 años (1971-1980).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
EVAp	103.7	112.5	151.2	154.6	151.8	133.8	134.0	146.1	144.3	137.1	110.3	98.8	1578.2
Pp	119	77	69	67	93	159	203	251	199	193	298	254	1982
ETP	81	83	118	121	118	104	105	114	113	107	86	77	1227
ETR	81	88	164	90	100	104	105	114	113	107	86	77	1229
DEF	0	0	14	31	18	0	0	0	0	0	0	0	63
EXC	38	0	0	0	0	0	77	137	86	86	212	177	813



BALANCE HÍDRICO MENSUAL (mm)

Estación: El Tigre.

Serial: 1546.

Período de precipitación: 10 años (1971-1980).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
EVAp	123	132	184	173	172	156	157	160	155	147	126	117	1802
Pp	101	50	39	44	59	112	148	171	187	171	255	150	1487
ETP	100	103	128	135	134	122	123	125	121	115	98	91	1395
ETR	100	92	74	59	64	112	123	125	121	115	98	91	1174
DEF	0	11	54	77	70	10	0	0	0	0	0	0	222
EXC	0	0	0	0	0	0	0	0	7	36	157	59	259

BALANCE HÍDRICO MENSUAL (mm)

Estación: Tacarigua del Mamporal.

Serial: 1536.

Período de precipitación: 10 años (1971-1980).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
EVAp	123.3	131.5	164.0	172.7	171.5	156.1	157.0	150.8	155.0	147.1	125.9	117.1	1727
Pp	88	47	64	73	57	112	130	146	171	176	265	185	1514
ETP	96	103	128	135	134	122	122	135	121	115	98	91	1400
ETR	96	86	80	53	62	112	122	135	121	115	98	91	1171
DEF	0	17	48	82	72	10	0	0	0	0	0	0	229
EXC	0	0	0	0	0	0	0	00	0	44	167	95	306

BALANCE HÍDRICO MENSUAL (mm)

Estación: Caucagua.

Serial: 155.

Período de precipitación: 10 años (1971-1980).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
EVAp	128.0	139.2	135.7	171.2	178.6	102.1	149.6	162.0	157.5	150.8	124.7	114.5	1713.9
Pp	125	65	63	62	116	175	282	291	208	209	266	267	2129
ETP	93	100	120	134	139	126	117	126	123	118	97	89	1382



ANEXO I
Base de datos.



ETR	98	101	93	79	119	126	117	126	123	118	97	89	1286
DEF	0	3	34	65	20	0	0	0	0	0	0	0	122
EXC	27	0	0	0	0	0	126	165	85	91	169	178	841

BALANCE HÍDRICO MENSUAL (mm)
Estación: Panaquire.
Serial: 1586.
Período de precipitación: 10 años (1971-1980).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
EVAp	125.6	139.2	165.7	171.2	178.6	162.1	147.6	162.0	157.5	150.8	124.7	114.5	1799.5
Pp	152	90	67	88	151	203	292	357	219	252	305	277	2453
ETP	98	109	129	134	139	126	117	126	123	118	97	89	1405
ETR	98	108	105	105	139	126	117	126	123	118	97	89	1351
DEF	0	1	24	29	0	0	0	0	0	0	0	0	54
EXC	54	0	0	0	0	16	175	231	96	134	208	188	1102

BALANCE HÍDRICO MENSUAL (mm)
Estación: Mondragón.
Serial: 1519.
Período de precipitación: 10 años (1971-1980).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
EVAp	157.6	171.0	213.0	208.3	205.5	189.9	199.8	202.4	190.7	184.3	156.6	151.1	2230.2
Pp	56	34	29	45	44	96	76	432	133	171	212	168	1496
ETP	123	133	166	162	160	148	156	158	149	144	122	118	1739
ETR	106	52	33	72	44	96	76	132	133	144	122	118	1128
DEF	17	81	133	90	116	52	80	26	16	0	0	0	611
EXC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	50	68



BALANCE HÍDRICO MENSUAL (mm)

Estación: Aguaita.

Serial: 1582.

Período de precipitación: 10 años (1971-1980).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
EVAp	113	136	185	176	170	141	133	136	133	141	124	115	1703
Pp	273	145	132	145	127	329	339	309	201	234	305	263	2802
ETP	88	106	144	137	132	110	104	106	104	110	97	89	1318
ETR	88	106	144	137	128	110	104	106	104	110	97	89	1323
DEF	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
EXC	190	39	0	0	0	214	235	203	97	124	203	174	1479

**PRECIPITACIONES MAXIMAS Y MINIMAS MENSUALES
PERÍODO 1971-1980 (Tomada de Alvarado, J. 1981).**

ESTACION	PRECIP. MAX. (mm)	MES	PRECIP. MIN. (mm)	MES
San José de Río Chico	240.2	Julio	1.0	Febrero
Pueblo Nuevo	453.4	Octubre	13.1	Febrero
El Portachuelo	422.0	Agosto	11.3	Febrero
Altos de Luisa	343.6	Noviembre	3.3	Marzo
Tacarigua Mamporal	492.9	Noviembre	1.4	Abril
Aguaita	774.5	Junio	9.9	Abril
Caucagua	614.2	Diciembre	9.2	Marzo
El Café	509.1	Diciembre	19.5	Febrero
Panaquire	525.6	Diciembre	10.6	Febrero



**TABLA PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (CE)
SEGÚN PÉREZ MACHADO. (Tomado de Carrero, 2005)**

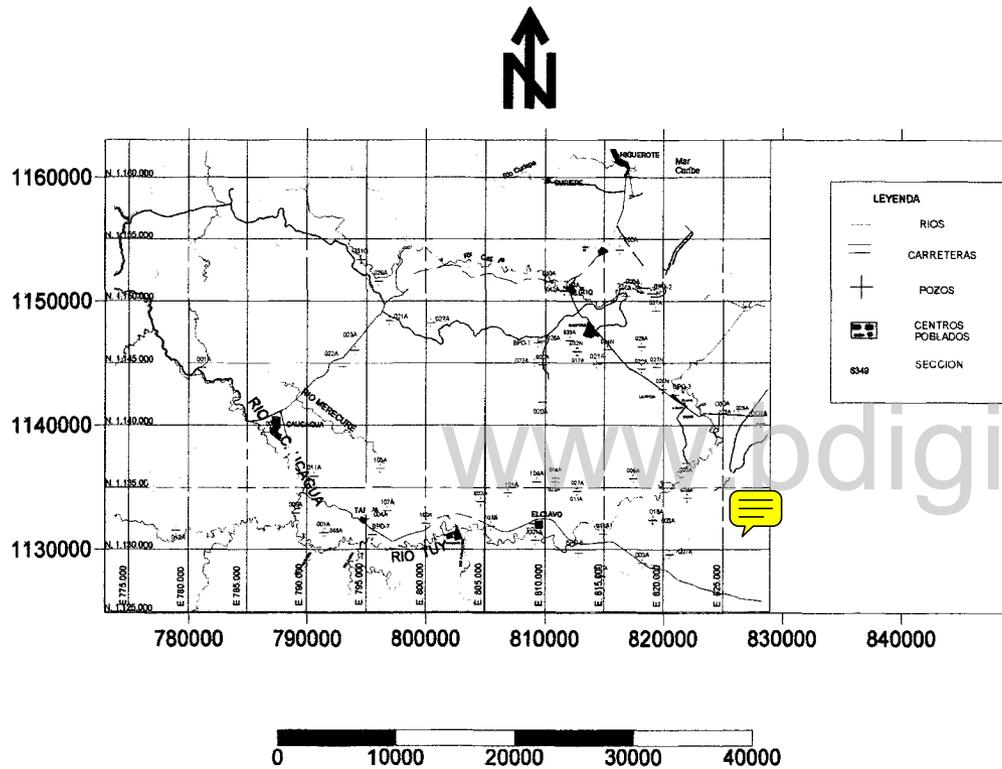
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (Ce)						
COB. VEG	T. DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		50%	20%		5%	1%
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	SEMIPERMEABLE	0.7	0.62	0.6	0.55	0.5
	PERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	SEMIPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	PERMEABLE	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
HIERVA-GRAMA	IMPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	SEMIPERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	PERMEABLE	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
BOSQUES VEGETACION DENSA	IMPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

QUÍMICA DEL AGUA

IDENTIFICACIÓN	CONDUC.	TSD	pH	CATIONES				TOTAL	ANIONES			TOTAL	RAS	alcalinidad	dureza	NO3
				Na	K	Ca	Mg		HCO3	Cl	SO4					
MI6249002A	304	320,0	7,30	30	1,2	2,7	7,2	41,1	61,01	17,73	trazas	78,74	2,14			
MI6249004A	600	396,0	7,20	62	2	56	17		288	85	10		2,16	236	210	
MI6249007A	485	363,8	7,10	42	1,8	29	34	106,8	402,67	21,28	trazas	423,95	1,25			
MI6249021N	213	140,0	6,80	35	4	10	5,4	54,4	48,8	56,7	19,2	124,7	2,2			
MI6249022A	33	24,8	7,10	51	1,6	58	19,7	130,3	353,9	39	11,3	404,2	1,5			
MI6250003A	476	476,0	7,00	13,2	1,3	28,3	20	62,8	297,43	46,15	0	343,58	0,5			
MI6250004A	260	172,0	6,10	13	0,8	28	7		98	45	10		0,57	80	100	
MI6250027N	438	310,0	7,40	32	1,6	60	9,8	103,4	146,4	21,3	19,2	186,9	1			
MI625103A	760	502,0	6,90	12	2	54	46		339	28	30		0,29	278	322	
MI625108A	466		7,90	65		30	6			23	12			196	102	
MI6251011C	375	210,0	7,50	21	0,9	10,3	4,8	37	206,9	24,85	35,38	267,13	1,34			
MI6251012C	524	690,0	7,20	23	0,6	34	15,8	73,4	320,7	28,4	0	349,1	0,8			
MI6251014C	477	600,0	7,20	18	2,4	29,6	7	57	192,7	42,6	80,6	315,9	0,8			
MI6251015C	437	680,0	8,40	22	8,7	37,4	5,6	73,7	163,7	31,95	80,4	276,05	0,9			
MI6251016C	492	600,0	7,60	17	1,8	40	5,2	64	200,5	31,95	80,4	312,85	0,7			
MI6251017C	750	410,0	6,20	11	1,1	3,8	1,4	17,3	24,6	35,5	0	60,1	1,2			
MI6251018C	507	620,0	6,90	18	2,6	42,6	6,4	69	226,3	31,95	80,4	338,65	0,7			
MI6251019C	123	380,0	6,40	13	0,6	20	5,2	38,8	41,38	28,4	0	69,78	1,7			
MI6251020C	476	580,0	6,90	18	1,9	25,3	6	51,2	201,7	31,95	83,61	317,26	0,8			
MI6251022C	925	650,0	7,50	59,6	2,1	44	11	116,1	588,4	46,15	0	634,5	2,05			
MI6251029C	126	110,0	6,50	13,5	1,3	4	6	24,8	64,66	17,75		82,41	1			
MI6251030C	524	290,0	8,00	39,9	1,2	8,8	10	59,9	267,7	71	0	338,7	2			
MI6251031C	678	220,0	7,50	43	4,1	5,5	24	76,6	114,6	46,15	0	160,75	5,98			
MI6251032C	1049	380,0	7,10	45	1,9	16,7	8,8	72,4	577,1	71	41,8	689,9	2,2			
MI6251033C	787	370,0	7,30	41	6	10,5	8	65,5	465,6	46,15	20,9	532,65	2,3			
MI6251034C	656	310,0	7,20	24	1,2	26,5	8	59,7	400,9	31,95	0	432,85	1			
MI6251035C	855	320,0	7,20	40	19	25,7	12	96,7	492,7	35,5	51,45	579,65	1,6			
MI6251037C	140	100,0	7,40	5	5,1	7,6	4	21,7	76,69	14,2	0	90,89	0,4			

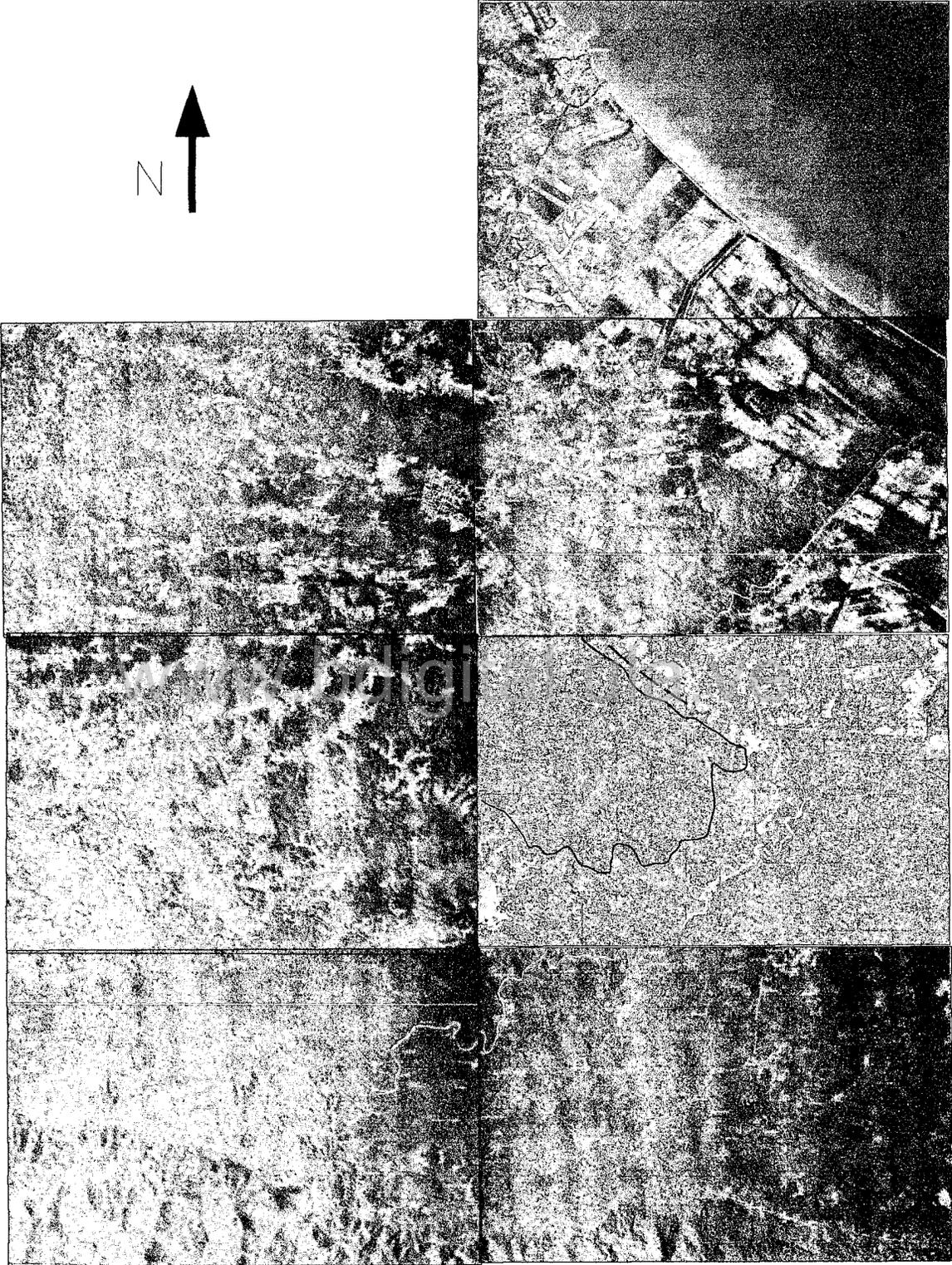
MI6251038C	242	460,0	7,00	18	1	8,7	4,8	32,5	91,8	39,05	0	130,85	1,2			
MI6251039C	342	190,0	7,20	18	1,7	17,6	4	41,3	164,6	42,6	6,43	223,63	1			
MI6251040C	1484	730,0	7,10	85	2	23,7	24	134,7	602,6	92,3	385,92	1080,82	2,9			
MI6251042C	2760	1670,0	7,70	540	4,1	5	2	551,1	1041	443,8	257,1	1742,1	51,2			
MI6251008A	223	167,3	7,60	65		30	6			23	12			196	102	0,6
MI6251047A	200	150,0	7,40	16	1,1	4	4	25,1	125,4	24,85	0	150,25	1,3			
MI6349002A	2588	1720,0	7,30	425	6,2	128,8	30	590	292,8	674,5	144,7	1112	8,8			
MI6349003A	2715	1730,0	7,50	600	4,4	73,2	16,8	694,4	256,2	852	0	1108,2	16,3			
MI6349005A	745	730,0	7,70	70	1,4	29	8,4	108,8	244,04	39,01	74,71	337,76	2,93			
MI6349010C	181,7	180,0	9,60	15	12	1,2	1,2	29,4	36,61	10,64	0	47,25	2,3			
MI6349016A	753	580,0	7,60	90	1,5	61,6	12,4	165,5	305	99,4	80,4	484,8	2,7			
MI6349017A	492	369,0	7,20	130	2,2	83,2	20,8	236,2	268,4	2,66,3	119	653,7	3,3			
MI6349018N	2332	1517,9	7,70	145	3	116,4	22,8	287,2	366	230,8	125,4	722,2	3,2			
MI6350002A		680,0	8,10	190	1,8	2,5	1,3	195,6	329,45	35,46	0	364,91	23,84			
MI6350003A	230	152,0	6,40	17	1	16	7		105	20	10		0,89	86	70	
MI6350004C	1300	530,0	6,40	96	3	100	68		220	140	180		1,81	180	530	
MI6350016A	1294	885,9	7,30	610	4,6	10,4	4,8	629,8	780,8	319,5	266,9	1367,2	39,1			
MI6351001A	25	180,0	6,80	15	-1	21	9,3			15	6,2		-1	76	91	25

Anexo II
Mapas y secciones

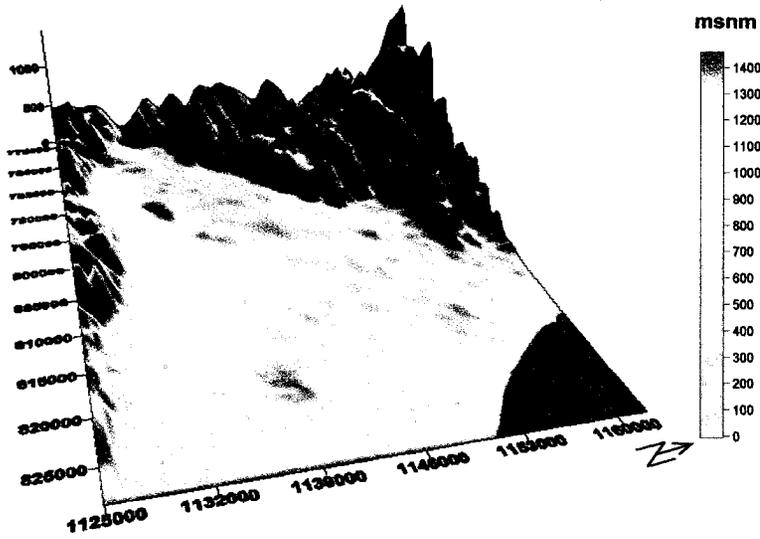


Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de Ubicación de pozos.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexos II
Mapas y secciones.

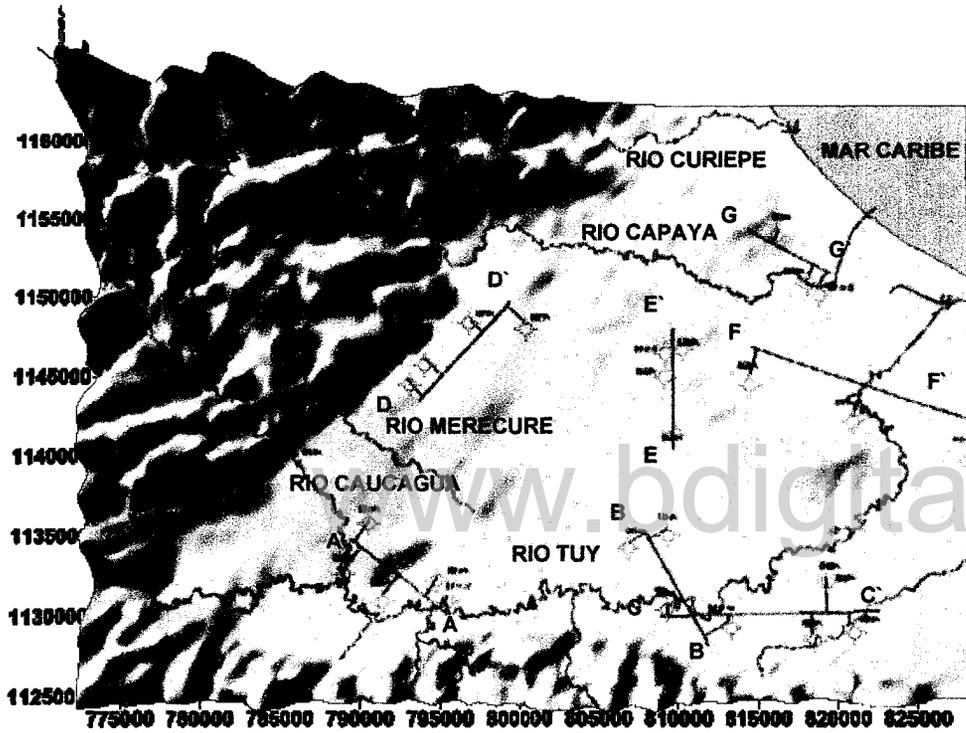


Anexo II
Mapas y secciones.



Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Bariovento Estado Miranda		
Modelo Digital de Terreno.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha:
		Enero de 2006

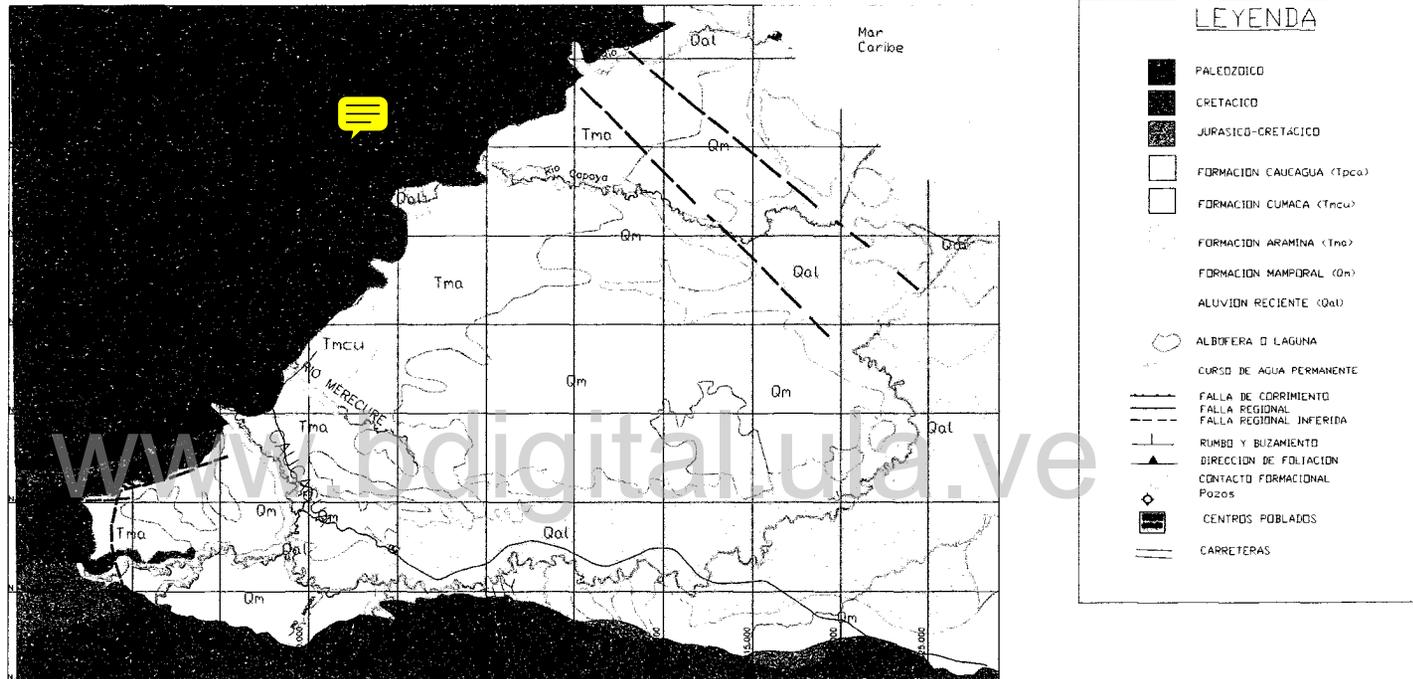
Anexo II
Mapas y secciones.



LEYENDA	
	POZOS CON LITOLOGIA
	SECCION
	RIOS

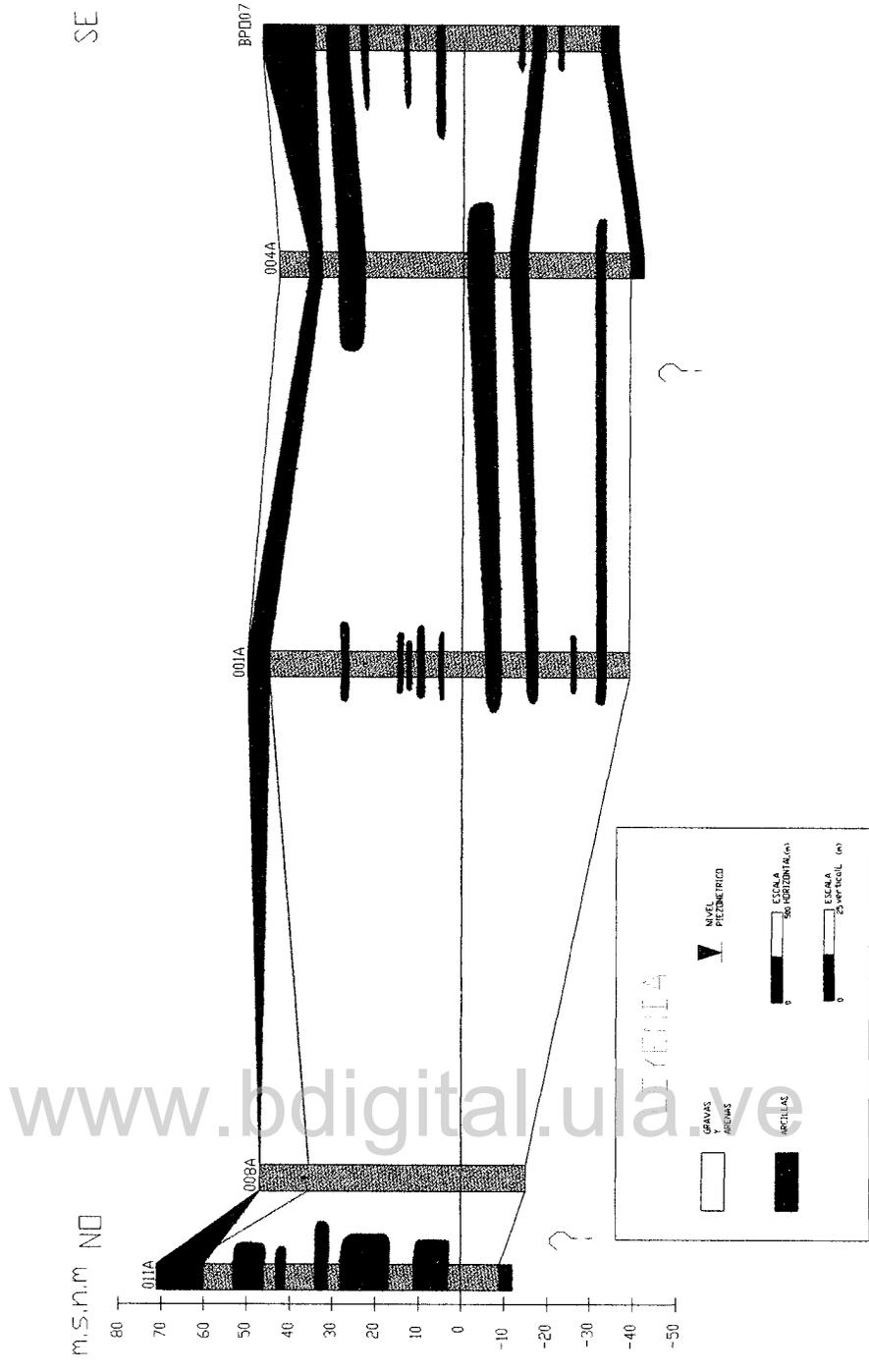
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de Ubicación de secciones estratigráficas		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha:
		Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



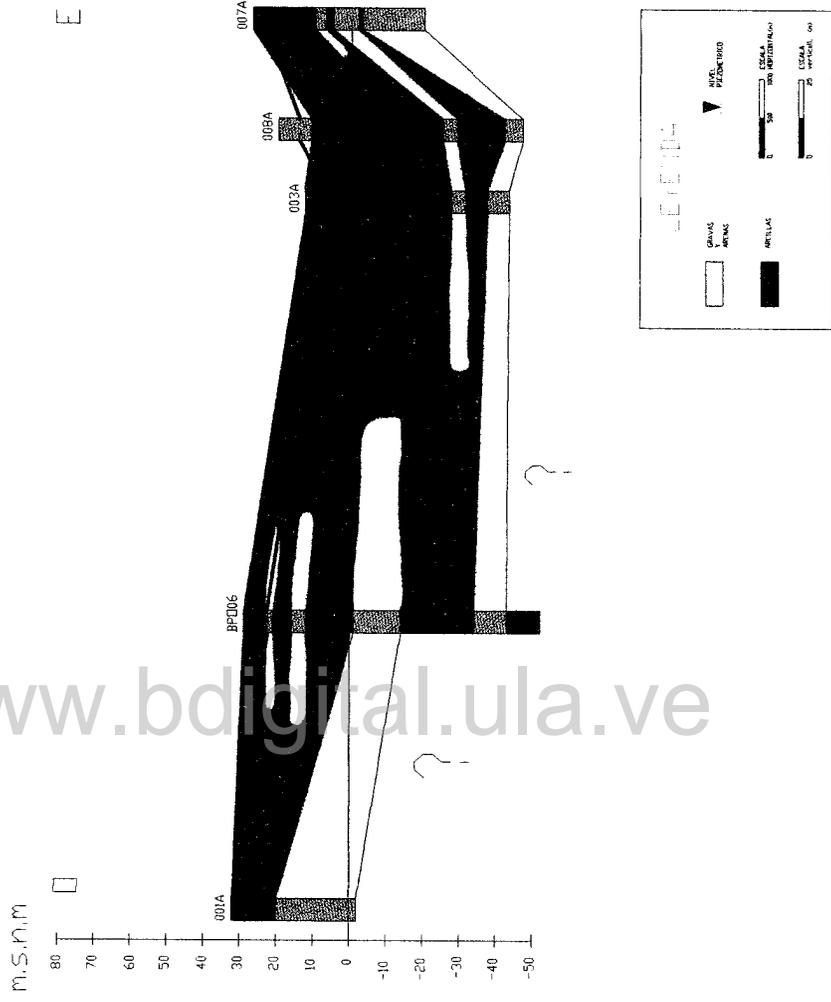
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa Geológico del área.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



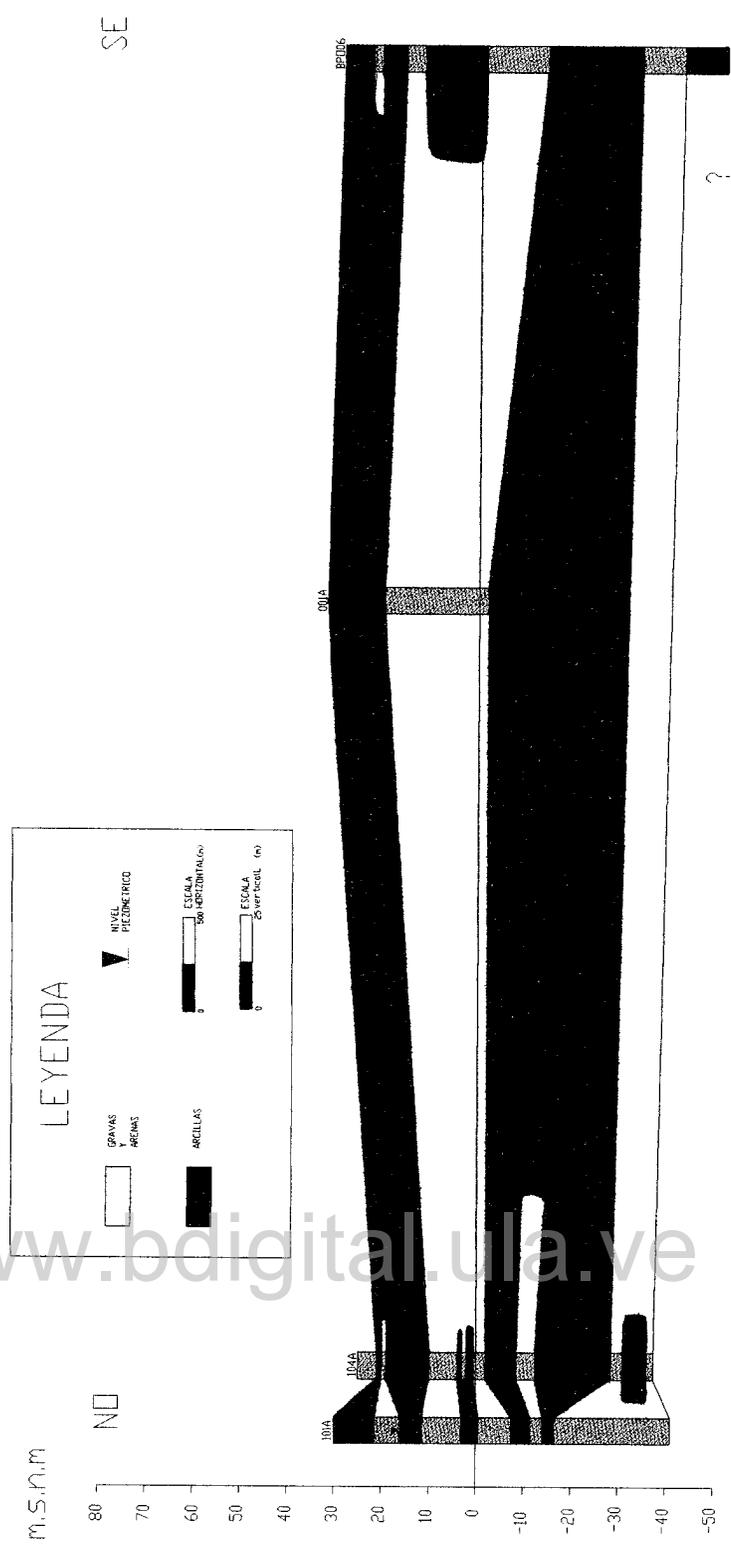
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería	
Barlovento Estado Miranda	
Sección Estratigráfica A-A'	
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jégat N.
Fecha: Enero de 2006	

Anexo II
Mapas y secciones.



Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería	
Barlovento Estado Miranda	
Sección Estratigráfica B-B'	
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jégat N.
Fecha: Enero de 2006	

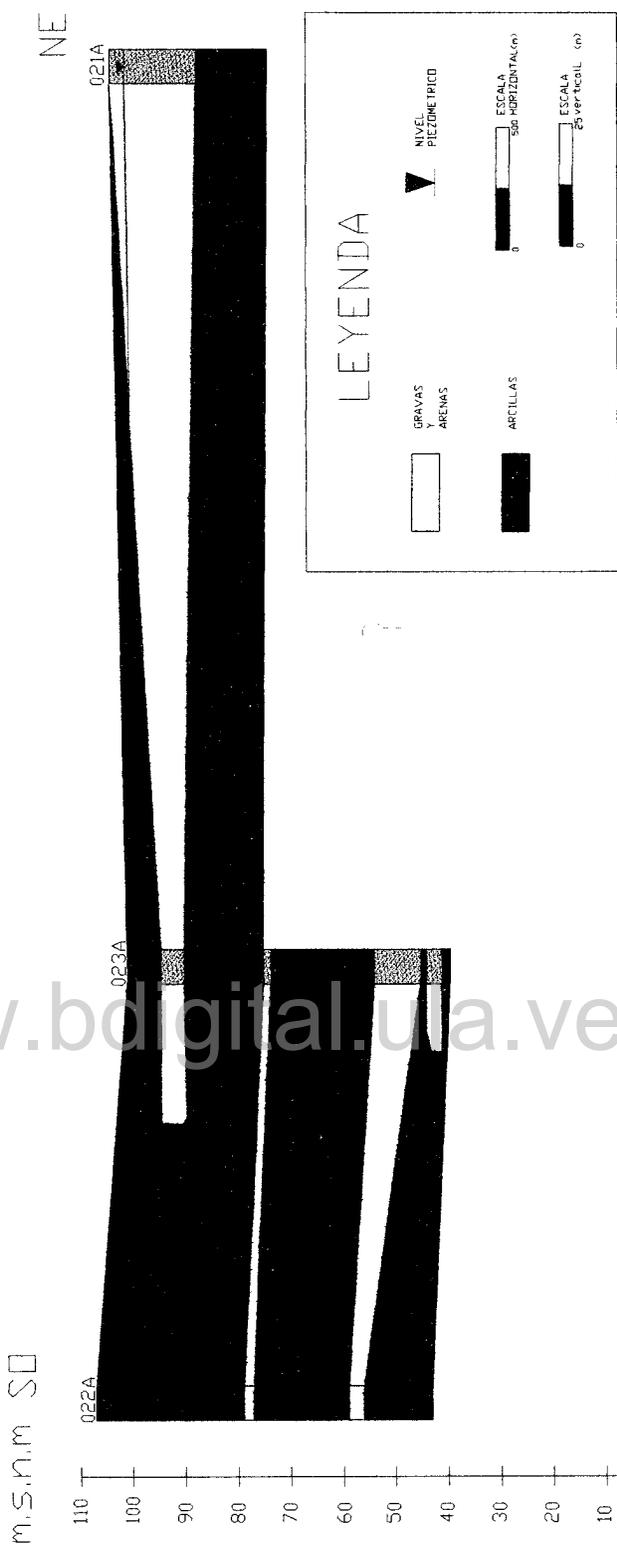
Anexo II
Mapas y secciones.



Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería	
Barlovento Estado Miranda	
Sección Estratégica C-C'	
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jégat N.
	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.

www.bdigital.ula.ve



Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería	
Barrovento Estado Miranda	
Sección Estratigráfica D-D'	
Tesis de grado Bis: Gutiérrez Luis. Pérez Fior.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jégat N.
Fecha: Enero de 2006	

Anexo II
Mapas y secciones.

www.bdigital.ula.ve

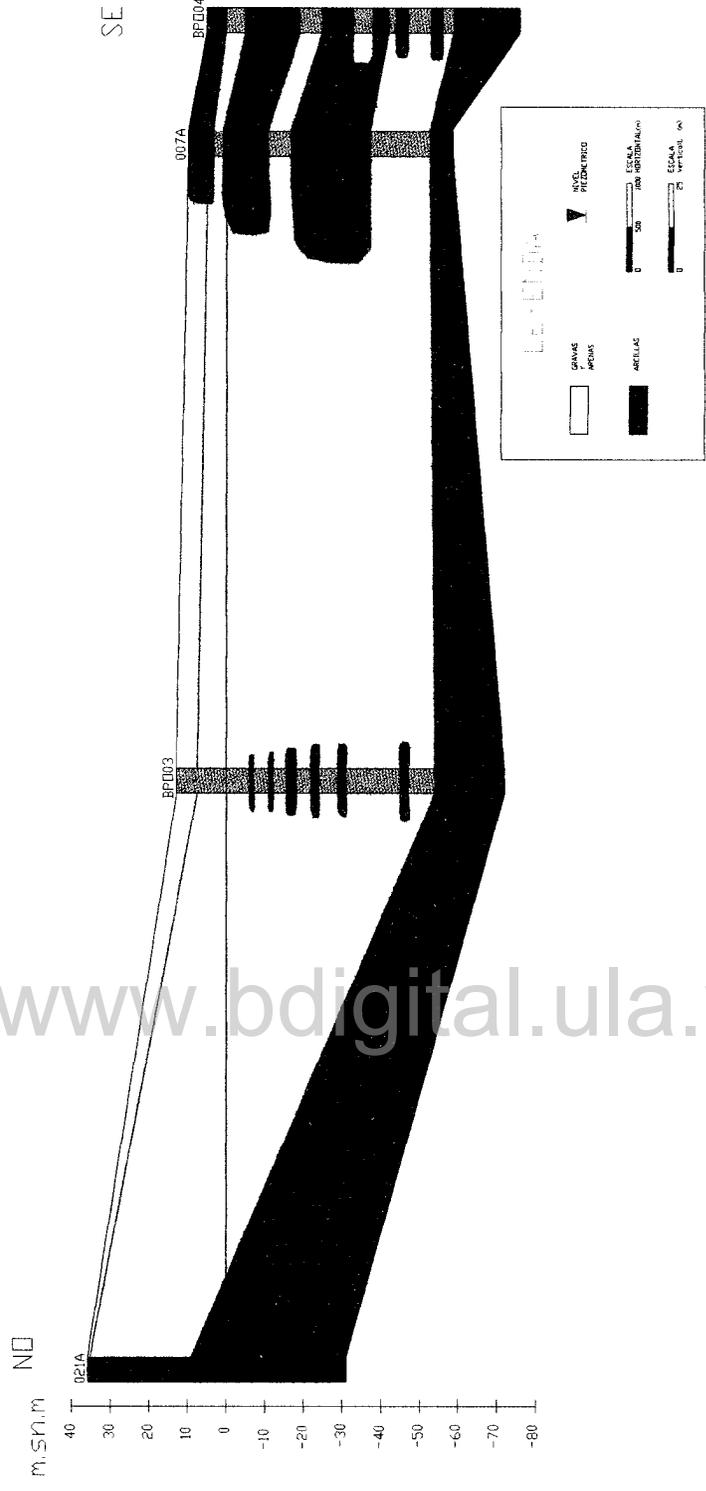


LEYENDA

	GRAVAS		NIVEL PIEZOMÉTRICO
	ARENAS		ARCILLAS
			ESCALA 1:100
			ESCALA 1:100

Barlovento Estado Miranda		
Sección Estratigráfica E-E"		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís, Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jégat N.	Fecha: Enero de 2006

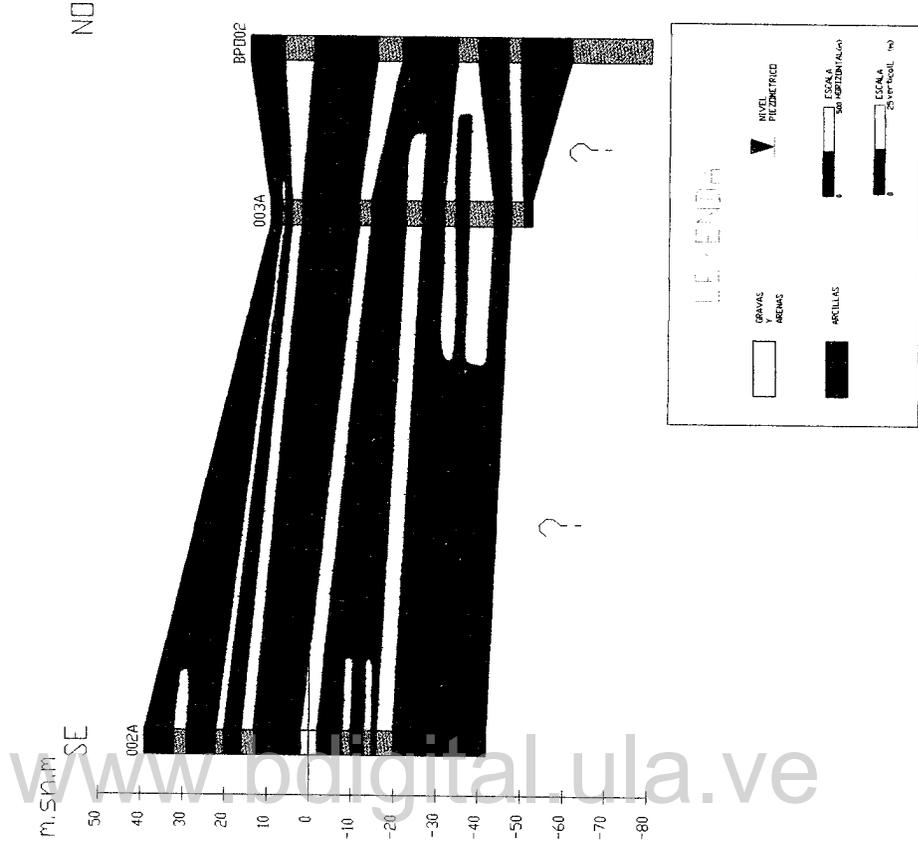
Anexo II
Mapas y secciones.



www.bdigital.ula.ve

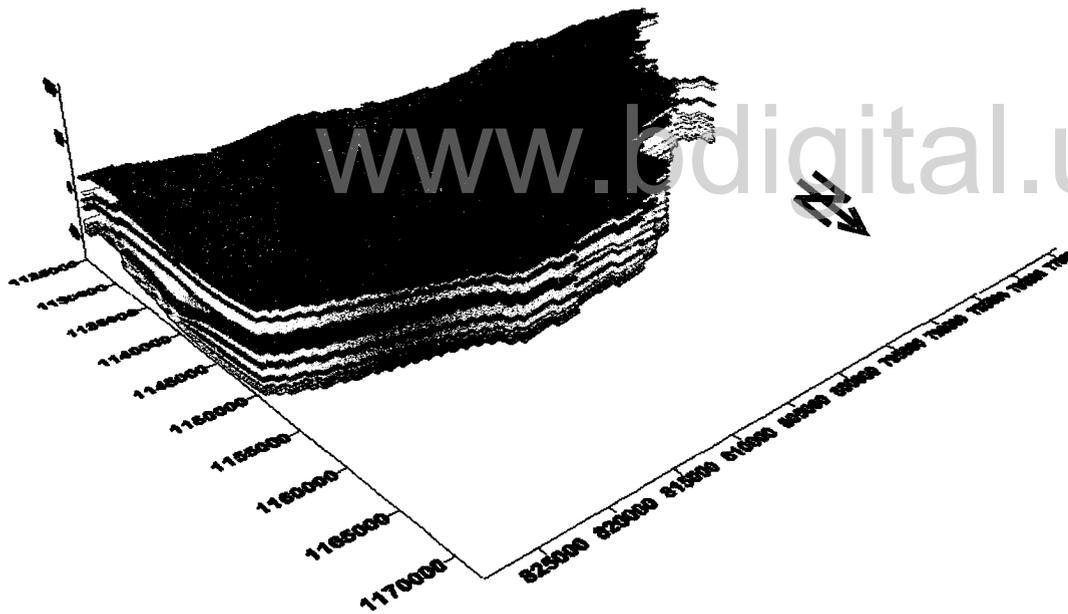
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería	
Barlovento Estado Miranda	
Sección Estratigráfica F-F"	
Tesis de grado Birs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jégat N.
Fecha: Enero de 2006	

Anexo II
Mapas y secciones.



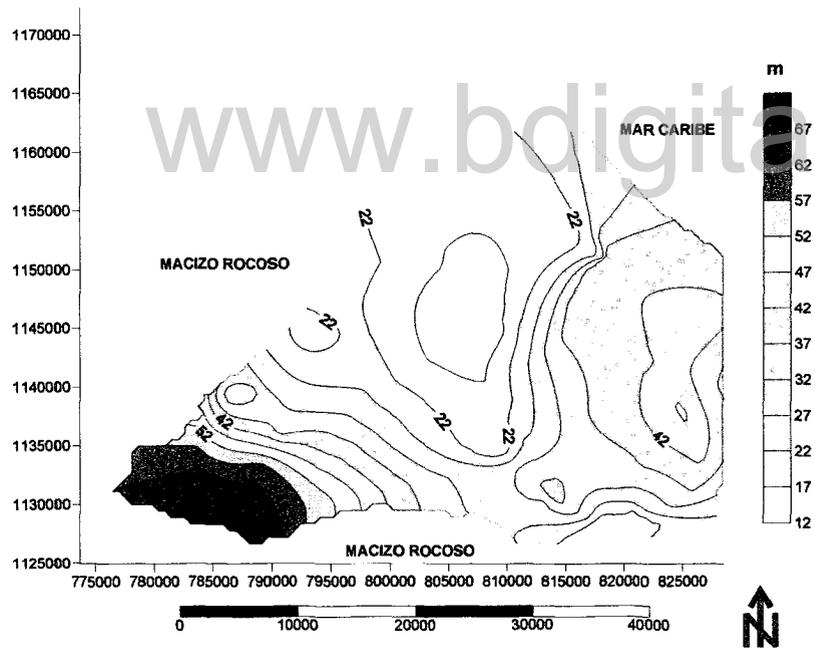
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería	
Barrovento Estado Miranda	
Sección Estratigráfica G-G'	
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jégat N.
Fecha: Enero de 2006	

Anexo II
Mapas y secciones.



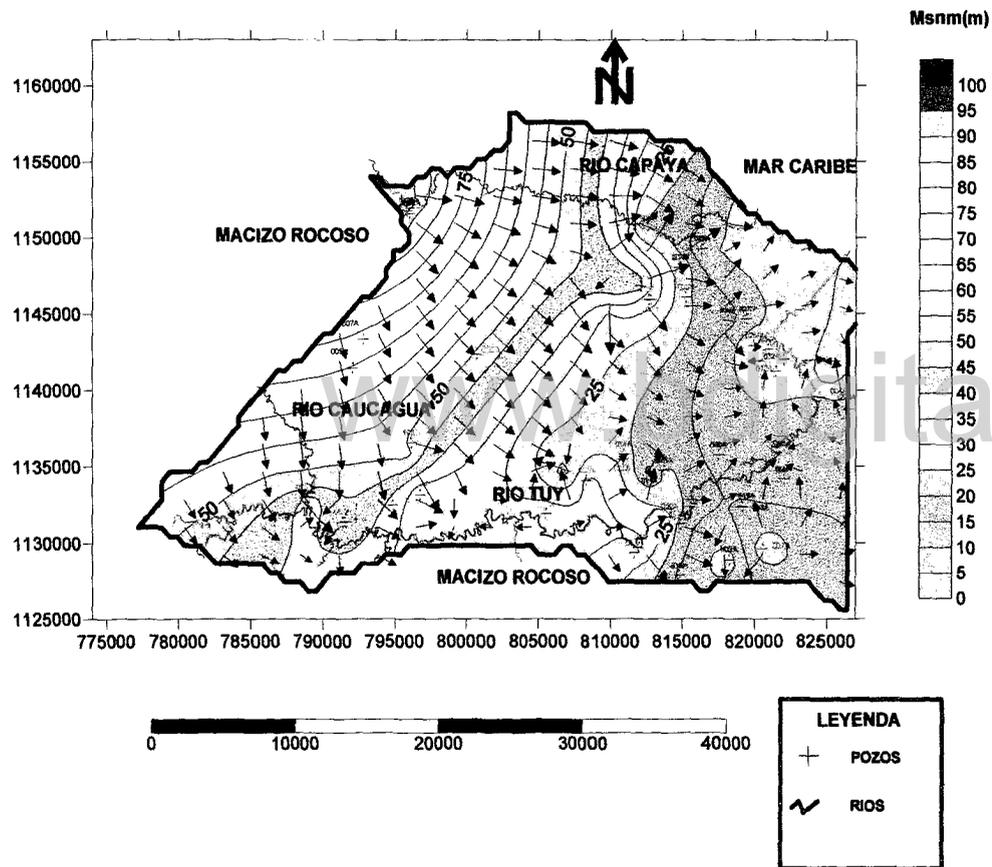
Universidad de los Andes		
Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Modelo Hidrogeológico Conceptual.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha:
		Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



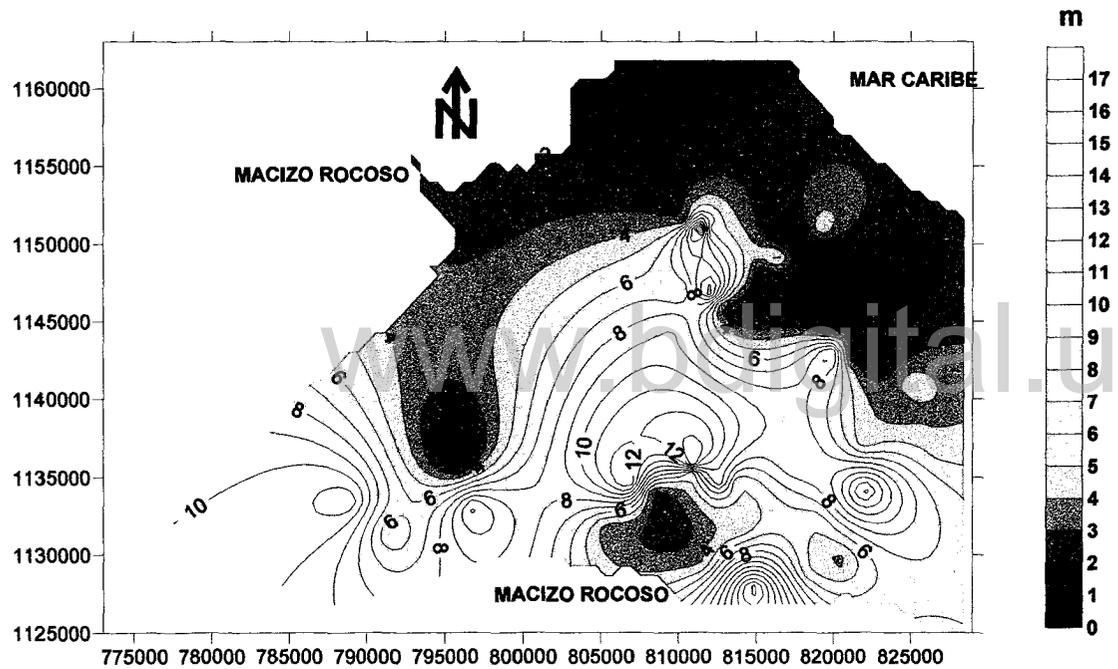
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de espesor saturado.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



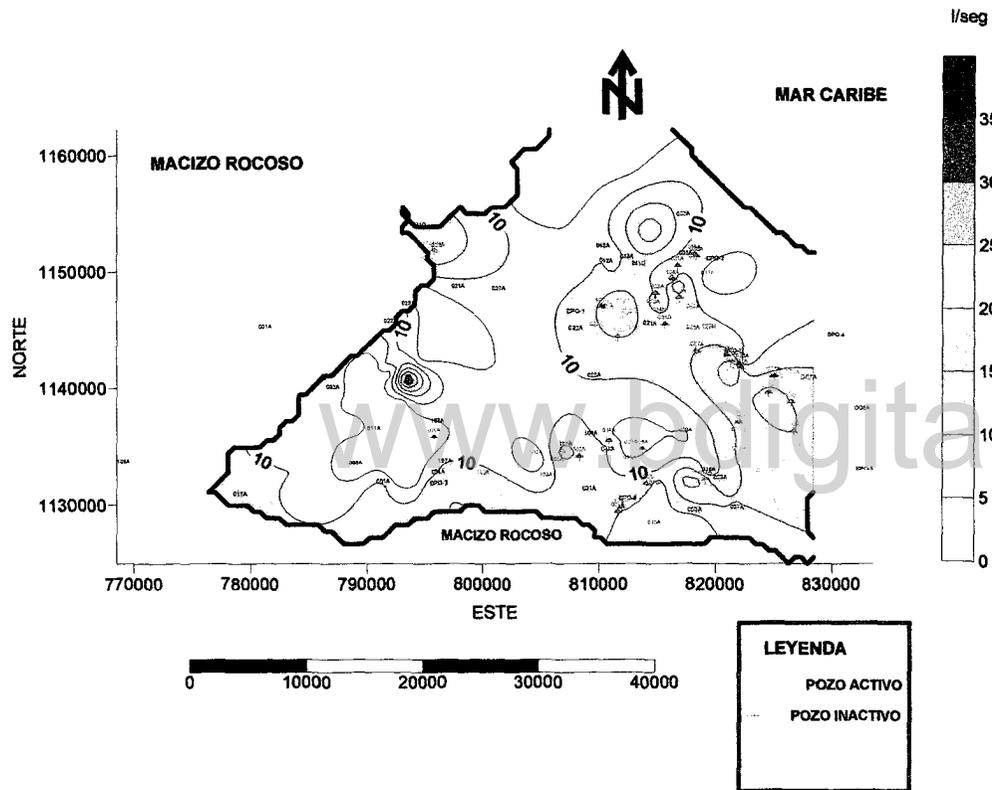
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de nivel piezométrico y líneas de flujo.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha:
		Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



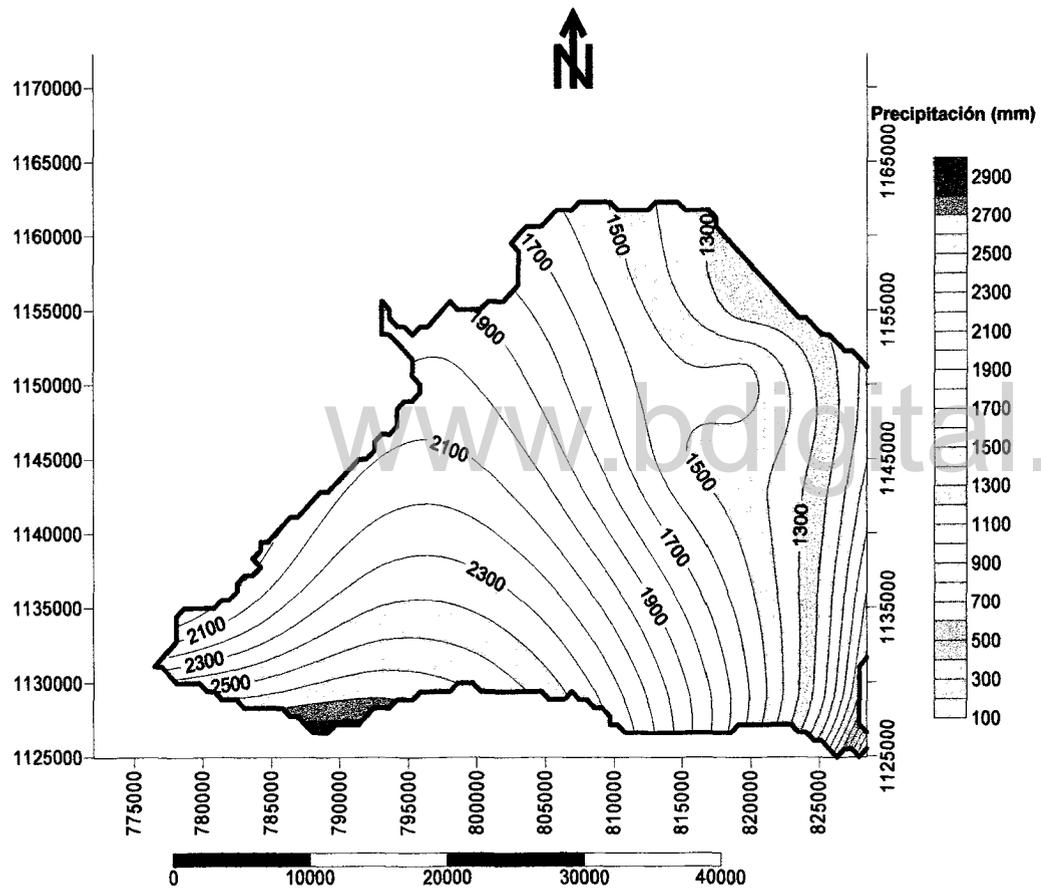
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de profundidad de la capa de agua.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



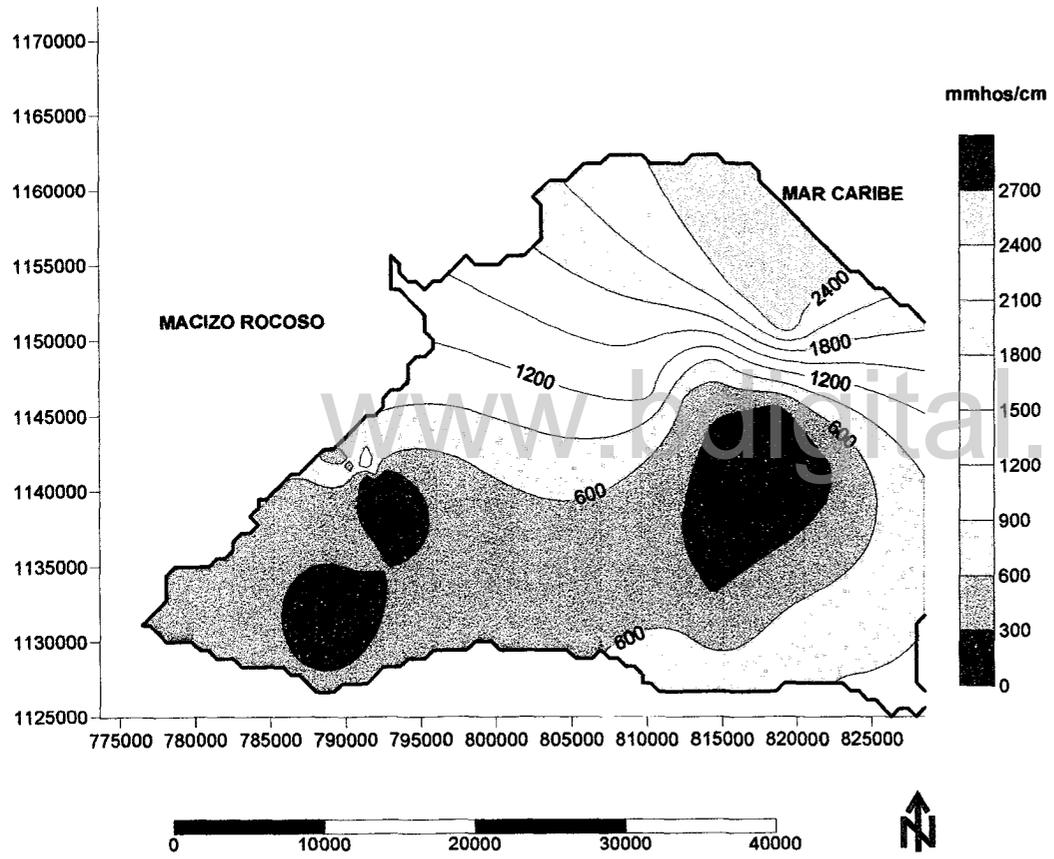
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de caudales.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



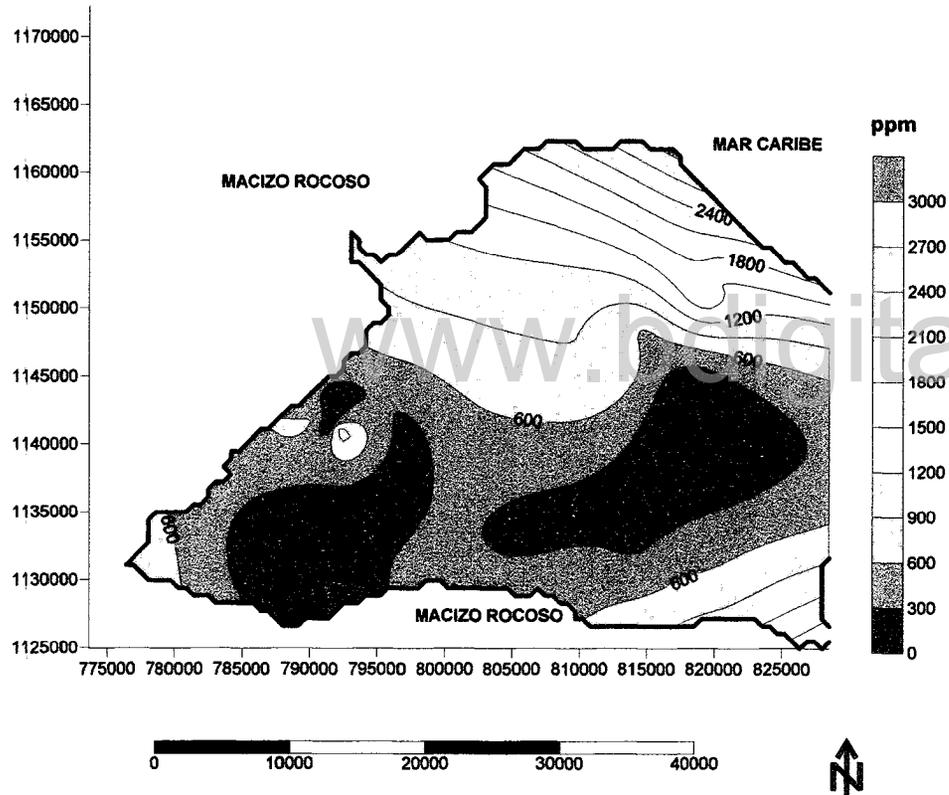
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de Isoyetas.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



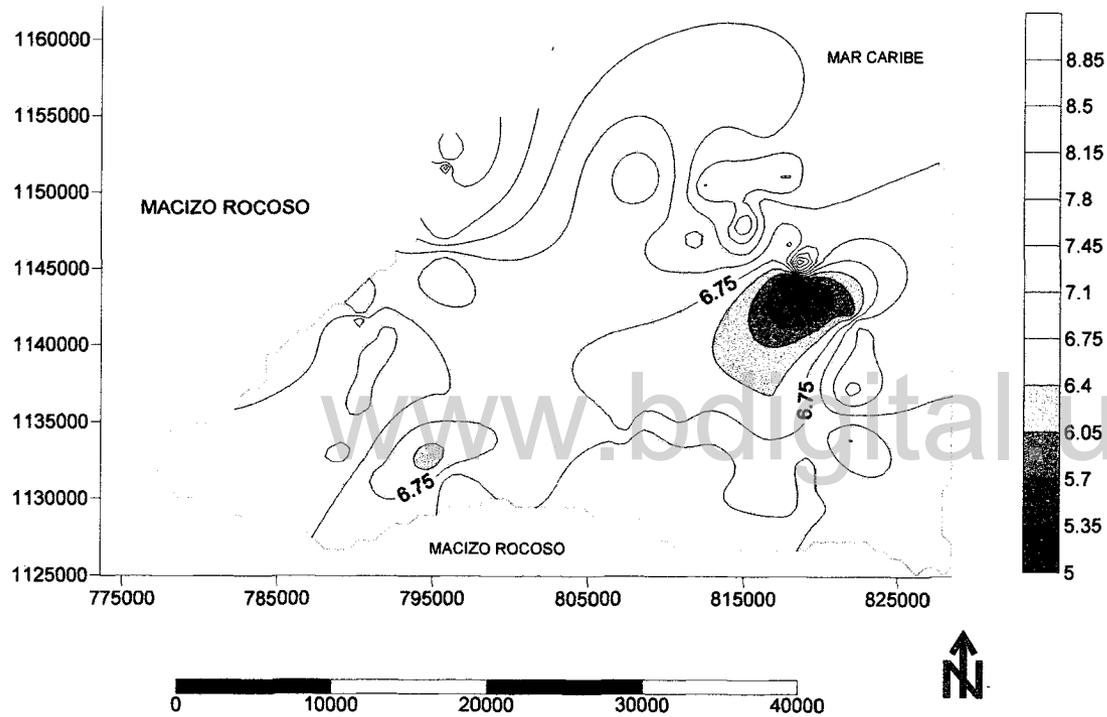
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de Conductividad Eléctrica.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



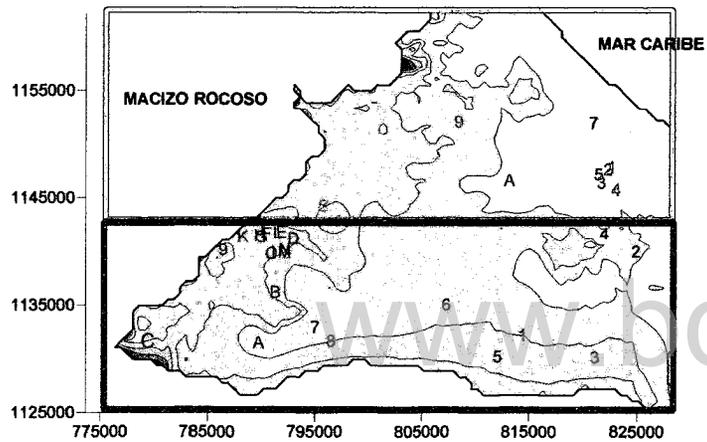
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de Total de Sólidos disueltos.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de Ph.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

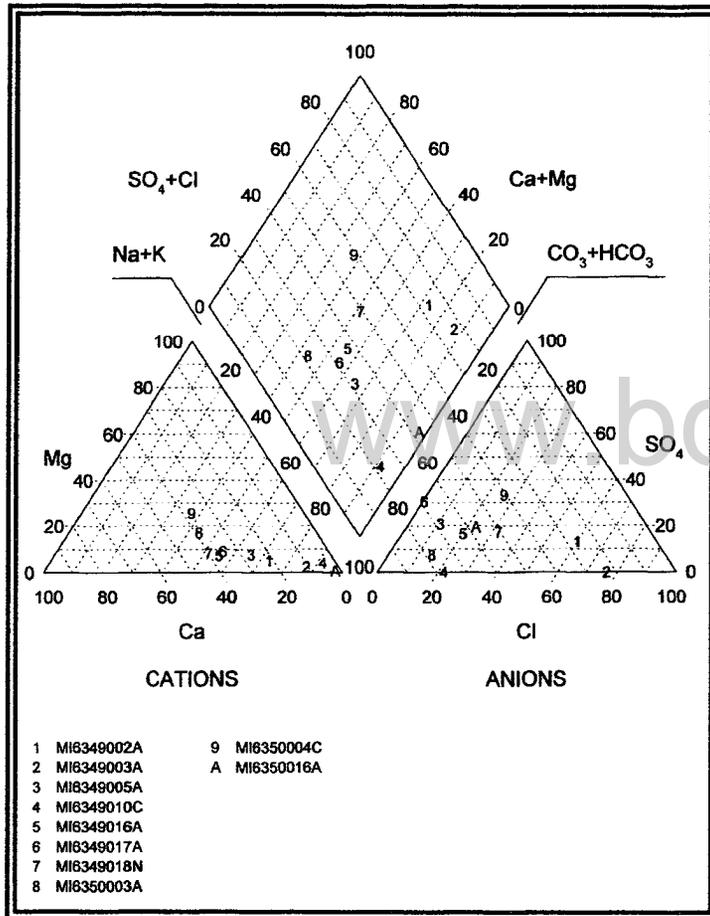
Anexo II
Mapas y secciones.



LEYENDA	
	ZONA 1
	ZONA 2
A	POZO

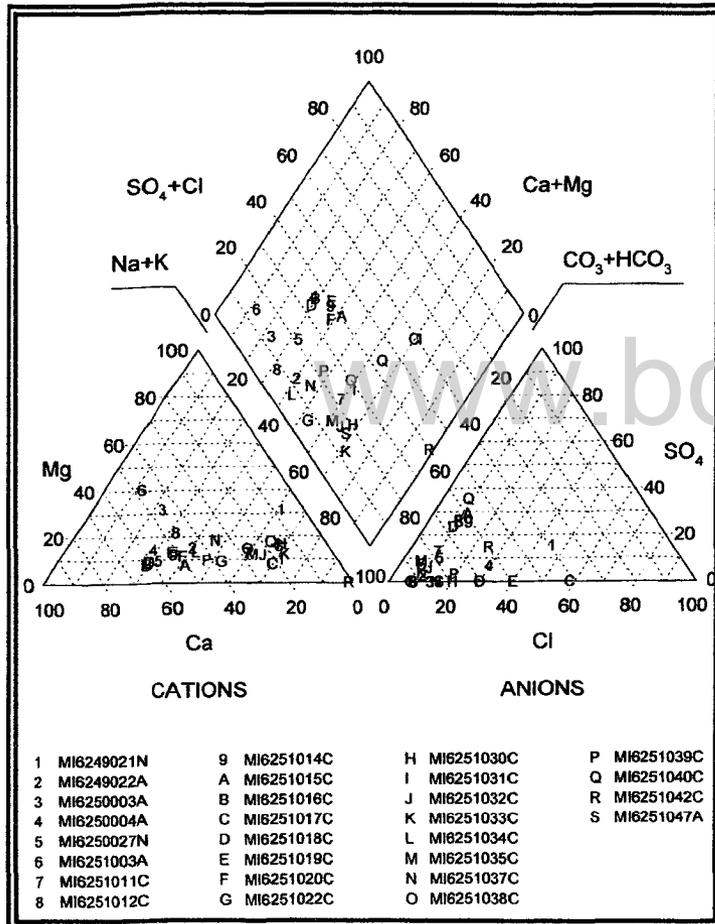
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Zonificación de la información química.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha:
		Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



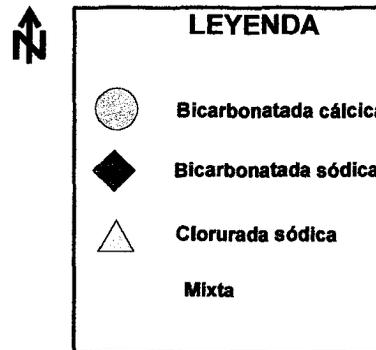
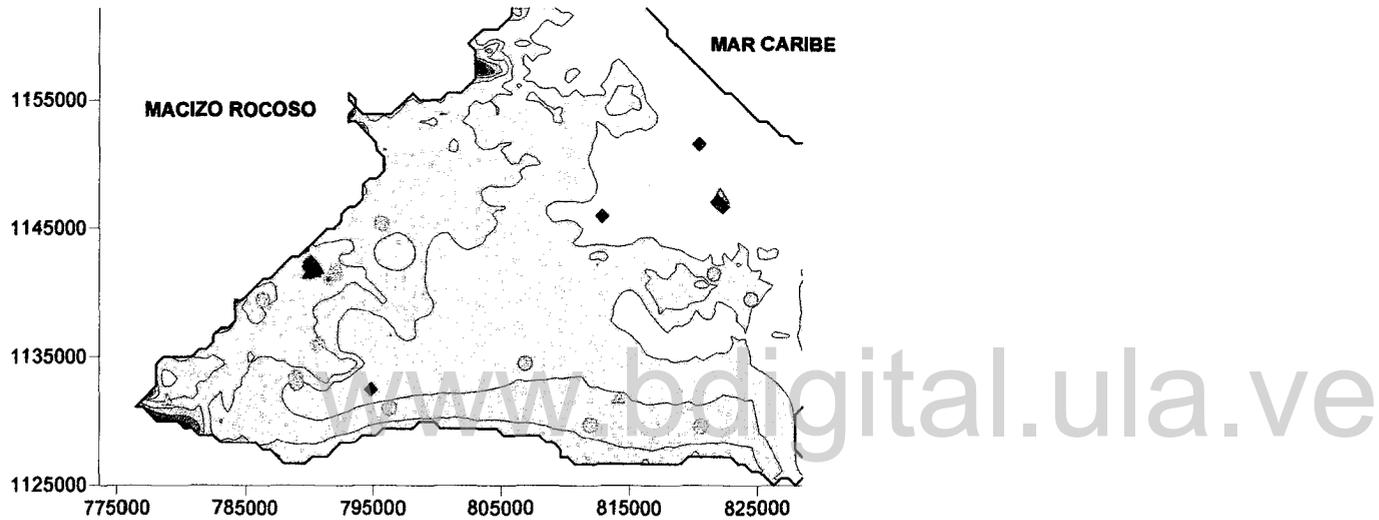
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Diagrama de Piper para la zona 1.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha:
		Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



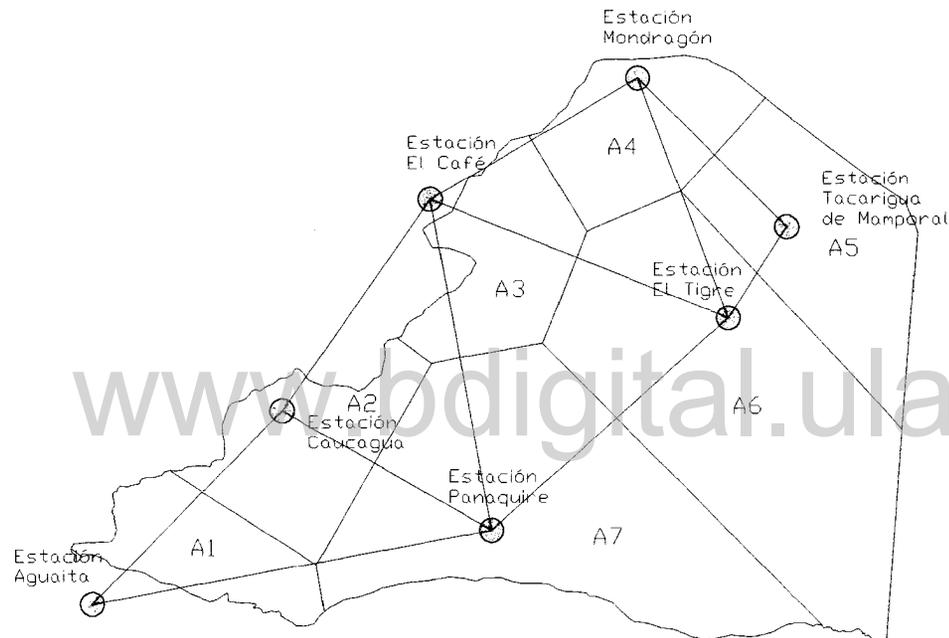
Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Diagrama de Piper para la zona 2.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Mapa de distribución de los tipos de agua.		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luís. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006

Anexo II
Mapas y secciones.



Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería		
Barlovento Estado Miranda		
Polígonos de Theisen..		
Tesis de grado Brs: Gutiérrez Luis. Pérez Flor.	Tutor Académico: Profesor Hervé Jegat N.	Fecha: Enero de 2006



Formación Cauagua.



Formación Urape. Medición de la foliación.