

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ARENAS  
ACUÍFERAS MAGUAP-2 Y MAGUAP-3, EN LOS PROYECTOS  
P50, P60, P64, P90, P95, P99 Y P109 PERTENECIENTES A LOS  
CAMPOS LIMÓN, LIMÓN ESTE, NARDO, NIEBLAS Y ZUMO  
DE LAS FORMACIONES MESA- LAS PIEDRAS DEL ESTADO  
ANZOÁTEGUI.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS  
BACHILLERES: MARIN M  
MARINELLY J. FEBRES G.  
JHONNY J. PARA OPTAR A  
LOS TÍTULOS DE GEÓLOGO  
E INGENIERO GEÓLOGO  
RESPECTIVAMENTE**

**CIUDAD BOLÍVAR, JULIO 2010**

## HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado: “**Caracterización geológica de las arenas acuíferas MAGUAP-2 y MAGUAP-3, en los proyectos P50, P0, P64, P90, P95, P99 y 109 pertenecientes a los campos Limón, Limón Este, Nardo Nieblas y Zumo de las formaciones Mesa-Las Piedras del estado Anzoátegui**”, presentado por los bachilleres: **Marin M. Marinelly J. y Febres G. Jhonny J.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

(Tutor Académico)

Profesor Francisco Monteverde

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Profesora Rosario Rivadulla  
Jefe del Departamento de Geología

Profesor Enrique Acosta  
Jefe del Departamento de Geotecnia

Ciudad Bolívar \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2010

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios por haberme ayudado a lograr este sueño tan anhelado y por haber estado conmigo en las buenas y en las malas. Gracias señor!. A mis padres adorados, Iraida de Febres y Anurfo Febres las personas que más quiero en este mundo, por haberme ayudado en todos estos años de vida y guiarme por el camino del bien además de enseñarme las cosas buenas de la vida y también por sus oportunos consejos y principalmente porque siempre confiaron en mí. Son dos seres especiales e insustituibles. A mí segunda mamá Iradis Bolívar, a mí adorada abuela Carmen Bolívar por estar siempre a mí lado brindándome su apoyo incondicional. A mis hermanas Adriana M. Febres G y Andreina M. Febres G. por el cariño y apoyo prestado en todos estos años. Muy especialmente a mis sobrinas bellas Arianna y Andrea, una de mis alegrías. Las Quiero!. A Jetsy Bolívar y su familia quienes me apoyaron durante toda mí carrera y colaboraron para cumplir esta meta. A la familia Durán quienes demostraron ser amigos incondicionales así como la familia García, gracias por siempre estar en los momentos difíciles y los en los buenos y a mi ahijada linda por existir. A mí tía Mislady, mis tíos Oswaldo y Orlando, a mis primos, en especial a un ser que quiero mucho el cual ocupa un lugar muy especial en mi corazón, es como un padre Cesar A. Febres, este logro también fue impulsado por él. A todas las personas cercanas a mí, que colocaron su granito de arena para ayudarme a cumplir esta meta. A mí compañera de tesis Marinelly Marin con la cual compartí y aprendí mucho. A los compañeros Richard y Zonimar.

*Jhonny J. Febres G.*

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado que representa un esfuerzo por superarme tanto en mí vida profesional como en la personal, se lo dedico a Dios y la Virgen del Valle que me dan fortaleza espiritual en los momentos difíciles. Muy especialmente y con todo mí amor a mí mamá *Orlidia Marin*, quien me ha enseñado con su ejemplo a rebasar todas las barreras que la vida nos presenta, a querer ser mejor cada día, a entender que no hay nada imposible y que sólo hay que esmerarse y sacrificarse, si es necesario, para lograr las metas que nos planteamos. A mis hermanas *Marjorie Maricelli* y *Maryelli Marin* por su apoyo incondicional durante mí carrera universitaria y durante toda mí vida, gracias por estar allí. A mí esposo *Luís Trillo* porque has sido parte fundamental no solo de mi carrera sino de mí vida. Te amo! Gracias por estar siempre, por el apoyo, y por acompañarme. A la Familia *Velásquez Liccien* por su apoyo constante y por confiar en mí como una gran persona. A mí amiga *Vanessa Marcano* gracias hermana nunca existió un no de tu parte para ayudarme durante la carrera, y a todas mis amistades que estuvieron presente durante este tiempo. A mí compañero de tesis *Jhonny Febres* porque de ti aprendí mucho a pesar de nuestras diferencias, de igual manera a *Zonimar* y *Richard*. A la universidad de oriente (U.D.O) que se convirtió en mí segunda casa, a mis profesores *Enrique Acosta*, *María Sampol*, *Francisco Monteverde*, *Lino Castillo*, *Iris Marcano* y *Wilmer Zerpa*, Gracias por su paciencia y sus enseñanzas.

***Marinelly Marin M.***

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Oriente, nuestra casa de estudio, gracias por habernos entregado las herramientas necesarias para forjarnos un futuro profesional.

A todo el personal de la Gerencia de Yacimientos PDVSA-San Tomé en especial a nuestro tutor industrial ingeniero geólogo *Luís Oporte*, a los geólogos *Eudis Alcalá*, *Yvett Alliendre* y *Aleomar Gamboa*, a los ingenieros *Leobardo Campos*, *Aldo Sardelli*, *Alfredo Duerto* y *Alberto Ache*, a los técnicos *Jhonny Gil* y *Joaquín Caraballo*, a la doctora *Yarimar Rodríguez* a todos gracias por su apoyo y dedicación en la realización de este proyecto, por siempre darnos una visión positiva y orientarnos a dar lo mejor de nosotros.

A nuestro asesor industrial Geólogo *Hernán Meneses* y a nuestro tutor académico profesor *Francisco Monteverde*, agradecemos su gran dedicación su apoyo incondicional y por ser un gran guía en el desarrollo de este trabajo de grado.

Muchas gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron para que este proyecto culminara con éxito y así superar una etapa más de nuestras vidas.

***Marinelly Marin & Jhonny Febres.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Les doy mil gracias a todos mis familiares que incondicionalmente siempre me apoyaron y estuvieron en los momentos buenos y malos. A mis amigos y compañeros de igual manera gracias por su apoyo. Le doy gracias a *Jetsy Bolívar* quien siempre me acompañó y ayudó a lo largo de la carrera y fue un ser incondicional, al igual que su mamá *Migdalia Rodríguez*. A mi hermano *Anurfo Febres* le doy por guiarme y encaminarme hacia el mundo de la geología la cual es muy bonita. Gracias a mis compadres y hermanos *Argenis García, Isabel Sarti y Daniel Duran* por compartir tantos momentos. Y un agradecimiento especial a *Libia García, Virginia de Duran y Luis Daniel Duran* por considerarme como un hijo como un miembro más de su familia. Los quiero mucho.

Les doy mil gracias a todos aquellos que colaboraron y colocaron su granito de arena para que pudiera cumplir esta meta. Siempre les estaré agradecido. Mil bendiciones para ustedes.

***Jhonny J. Febres G.***

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Distrito San Tomé-División Faja Petrolífera del Orinoco, estado Anzoátegui, específicamente al Este de la ciudad de El Tigre, el área de interés tiene una extensión de 912 Km<sup>2</sup>. El objetivo general es caracterizar geológicamente las arenas acuíferas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 de las formaciones Mesa y Las Piedras en los campos Limón, Limón Este, Nardo, Nieblas y Zumo, para así darle un uso racional a los sistemas acuíferos y desarrollar nuevas perforaciones de manera estratégica, planificada y no indiscriminada en estos campos. Se inició con la limitación geográfica del área de estudio para así proceder a realizar la correlación de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 en los 143 pozos que conforman el área de interés, luego se elaboraron secciones estratigráficas y estructurales, mapas estructurales, mapas isópacos, mapa isópaco unificado, mapas de paleoambiente, mapas de distribución areal de agua, mapa de ubicación de secciones, se tomaron muestras de agua de pozos cercanos a los pozos en estudio, con la finalidad de determinar los parámetros físico-químico, se observó una serie de canales apilados, así mismo se muestra que las arenas de interés presentan continuidad lateral y vertical a lo largo de todo el área de estudio, y la estructura predominante un Homoclinal con buzamiento menor a 1° en dirección Noreste. Analizando las electrofacies se interpretó que las arenas de interés se sedimentaron en un ambiente fluvial de canales entrelazados con facies de canales y de llanuras de inundación, caracterizada por la presencia de zonas: de canales, de llanura de inundación. La porosidad en el área de estudio es de 35%. El cálculo de volumen de agua distribuido en el área de estudio es de 3096,27 Hm<sup>3</sup> para las arenas MAGUAP-2, MAGUAP-3 y de 48930,29Hm<sup>3</sup> para toda la columna acuífera de las formaciones Mesa-Las Piedras, con los cuales se podría abastecer durante un mes y un año a Venezuela con el primer volumen y 18,5 años con el segundo volumen. Se determinaron, 3 zonas más prospectivas en el área de estudio para futuras perforaciones de pozos de agua para consumo humano. Los estudios físico-químicos arrojaron como resultado que el agua es apta para el consumo humano.

# CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN .....	II
DEDICATORIA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN .....	VII
CONTENIDO .....	VIII
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE TABLAS .....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I .....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
CAPÍTULO II.....	8
GENERALIDADES .....	8
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA.....	8
2.2 ACCESO AL ÁREA.....	8
2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA .....	9
2.3.1 <i>Clima, temperatura, evaporación y vientos</i> .....	9
2.3.2 <i>Vegetación</i> .....	10
2.3.3 <i>Hidrografía</i> .....	10
2.3.4 <i>Geología del área de estudio</i> .....	11
2.4 GEOLOGÍA REGIONAL.....	15
2.4.1 <i>Cuenca Oriental de Venezuela</i> .....	15
2.5 SUELOS.....	65
2.5.1 <i>Características físicas de los suelos</i> .....	65
CAPÍTULO III.....	70
MARCO TEÓRICO .....	70

3.1 ANTECEDENTES .....	70
3.2 BASES TEÓRICAS.....	71
3.2.1 Hidrología .....	71
3.2.2 Suministros de agua freática .....	74
3.2.3 Familias de aguas subterráneas desde el punto de vista geológico y técnico geológico .....	79
3.2.4 Distancias recomendadas de separación entre fuentes de contaminación y pozos públicos de agua potable.....	82
3.2.5 Clasificación de las aguas .....	83
3.2.6 Hidráulica de aguas subterráneas .....	85
3.2.7 Ambientes sedimentarios .....	86
3.2.8 Correlación de registros de pozos .....	93
3.2.9 Secciones geológicas.....	95
3.2.10 Mapas geológicos: es el producto final de una interpretación geológica y se clasifican en: estructurales, isópacos y de tendencia. ....	97
3.2.11 Clasificación de los mapas isópacos .....	99
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>100</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>	<b>100</b>
4.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	100
4.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	100
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....	101
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	101
4.5 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO .....	101
4.5.1 Recopilación y validación de la información.....	102
4.5.2 Creación de la base de datos .....	105
4.6 MODELO ESTRATIGRÁFICO.....	106
4.6.1 Correlación litoestratigráfica .....	106
4.6.2 Elaboración de secciones estratigráficas .....	107
4.6.3 Mapa isópaco .....	109
4.7 MODELO ESTRUCTURAL .....	111
4.7.1 Secciones estructurales.....	111
4.7.2 Mapa estructural .....	112
4.8 MODELO SEDIMENTOLÓGICO .....	113
4.8.1 Elaboración de mapas de electrofacies .....	113
4.9 MODELO HIDROGEOQUÍMICO .....	114
4.10 CANTIDAD Y VOLUMEN DE AGUA.....	115
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>119</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>119</b>
5.1 FACTORES LIMITANTES .....	119
5.1.1 Otras limitaciones fueron .....	119
5.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	120
5.3 MODELO ESTRATIGRÁFICO.....	121
5.3.1 Identificación litoestratigráfica de las diferentes arenas.....	121
5.3.2 Correlación litoestratigráfica .....	121
5.3.3 Secciones estratigráficas.....	122

5.3.4 Mapa isópaco .....	127
5.4 MODELO ESTRUCTURAL .....	129
5.4.1 Secciones estructurales.....	129
5.4.2 Mapas estructurales .....	132
5.5 MODELO SEDIMENTOLÓGICO .....	132
5.5.1 Interpretación del ambiente sedimentario .....	132
5.6 MODELO HIDROGEOQUÍMICO .....	134
5.6.1 Análisis químico comparativo.....	134
5.7 CANTIDAD Y VOLUMEN DE AGUA.....	137
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>139</b>
CONCLUSIONES .....	139
RECOMENDACIONES.....	141
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>144</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>147</b>
APÉNDICE A .....	147
<i>Espesores de las arenas MAGUA P-2 y MAGUA P-3 unificadas.....</i>	<i>147</i>
APÉNDICE B.....	151
<i>Espesores para mapa de distribución areal.....</i>	<i>151</i>
APÉNDICE C.....	153
<i>Base de datos.....</i>	<i>153</i>
APÉNDICE D .....	169
<i>Resultados de análisis físicos- químicos realizados a las muestras de agua. Parámetros según Gaceta Oficial N° 36.395 de Febrero de 1998. Calidad de agua.....</i>	<i>169</i>
APÉNDICE E.....	173
<i>Resultados de análisis físicos- químicos realizados a las muestras de agua. Parámetro según Gaceta Oficial N° 5021 de Diciembre de 1995.....</i>	<i>173</i>
APÉNDICE F .....	177
<i>Cálculo de volumen de agua de las arenas MAGUAP-2, MAGUAP-3 y de la sumatoria de toda la columna acuífera de las formaciones Mesa-Las Piedras. Cantidad de población. Consumo de agua de la población.....</i>	<i>177</i>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y EXTENSIÓN DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA. (SCHLUMBERGER, 1999). .....	16
FIGURA 2.2 NORTE DE VENEZUELA, DONDE SE OBSERVA CLARAMENTE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA CON SUS SUBCUENCAS (GUÁRICO Y MATURÍN). (DI CROCE, 1999). .....	17
FIGURA 2.3 SUBCUENCA DE GUÁRICO. (SCHLUMBERGER 1999). .....	18
FIGURA 2.4 FLANCO NORTE DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN. (SCHLUMBERGER, 1999). .....	19
FIGURA 2.5 CORTE NORTE–SUR DONDE SE OBSERVA EL GRADO DE COMPLEJIDAD ESTRUCTURAL DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN. (SCHLUMBERGER, 1999). .....	20
FIGURA 2.6 MARCO TECTÓNICO DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN. (SCHLUMBERGER 1999). .....	21
FIGURA 2.7 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA. (SCHLUMBERGER, 1999). .....	22
FIGURA 2.8 SECCIÓN GEOLÓGICA NORTE–SUR, CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA. (BALBRIN OSCAR, 1991). .....	23
FIGURA 2.9 EXTENSIÓN GEOGRÁFICA DE LA FORMACIÓN LAS PIEDRAS. (PDVSA-INTEVEP. 1997). .....	57
FIGURA 2.10 EXTENSIÓN GEOGRÁFICA DE LA FORMACIÓN MESA. (PDVSA-INTEVEP. 1997). .....	61
FIGURA 2.11 CUADRO DE CORRELACIÓN DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA. (PDVSA INTEVEP, 1997). .....	69
FIGURA 3.1 CICLO HIDROLÓGICO. (CUSTODIO Y LLAMAS, 1976). .....	73
FIGURA 3.2 TIPOS DE ACUÍFEROS. (CUSTODIO Y LLAMAS, 1976). .....	73
FIGURA 3.3 FUENTES COMUNES DE CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA. (CUSTODIO Y LLAMAS, 1976). .....	80
FIGURA 3.4 DIFERENTES TIPOS DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS. (SCHLUMBERGER, 1999). .....	88
FIGURA 3.5 MODELO ESQUEMATIZADO DE UNACORRIENTE MEANDROSA. (ALFONSI, P. 1999). .....	89
FIGURA 3.6 EJEMPLOS DE AFLORAMIENTO DE DEPÓSITOS LACUSTRES. (ALFONSI, P. 1999). .....	90
FIGURA 4.1 FLUJOGRAMA METODOLÓGICO. .....	102
FIGURA 4.2 TRANSFORMADOR DE COORDENADAS. .....	104
FIGURA 4.3 TRANSCOORDENADAS. .....	105

<b>FIGURA 4.4 VENTANA DE INICIO SIGEMAP 3.0. ....</b>	<b>105</b>
<b>FIGURA 4.5 REGISTRO TIPO, HOLE 341-PROYECTO 74.....</b>	<b>107</b>
<b>FIGURA 4.6 VENTANA DE INICIO GEOGRAPHIX. ....</b>	<b>109</b>
<b>FIGURA 4.7 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE FACIES. ....</b>	<b>109</b>
<b>FIGURA 4.8 LÍNEA DE CUTOFF. ....</b>	<b>111</b>
<b>FIGURA 4.9 REPRESENTACIÓN GRÁFICA RESPUESTA ELÉCTRICAS. (ALFONSÍ, 1999).....</b>	<b>114</b>
<b>FIGURA 4.10 POLÍGONOS GENERADOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN DEL ISÓPACO MAGUAP-2Y MAGUAP-3. ....</b>	<b>116</b>
<b>FIGURA 4.11 RESULTADO DE VOLUMEN DE POLÍGONO 1 DEL MAPA ISÓPACO MAGUAP-2 Y MAGUAP-3. ....</b>	<b>116</b>
<b>FIGURA 4.12 POLÍGONO DEL MAPA DE DISTRIBUCIÓN AREAL DE AGUA.....</b>	<b>117</b>
<b>FIGURA 4.13 VOLUMEN DE ARENA NETA ACUÍFERA DEL MAPA DE DISTRIBUCIÓN AREAL DE AGUA. .....</b>	<b>118</b>
<b>FIGURA 5.1 MAPA ÍNDICE DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS.....</b>	<b>123</b>
<b>FIGURA 5.2 MAPA ÍNDICE DE SECCIONES ESTRUCTURALES. ....</b>	<b>130</b>
<b>FIGURA 5.3 PLANTA COMPRESORA NARDO. ....</b>	<b>136</b>
<b>FIGURA 5.4 ESTACIÓN NIPA10.....</b>	<b>136</b>
<b>FIGURA 5.5 ESTACIÓN LEONA 20.....</b>	<b>137</b>

## **LISTA DE TABLAS**

<b>TABLA 3.1 DISTANCIAS ENTRE FUENTES CONTAMINANTES Y POZOS DE AGUA POTABLE. (CASTANY, G., 1971).</b> .....	<b>83</b>
<b>TABLA 4.1 CLASIFICACIÓN APHA (1995). (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, (O.M.S), 1974).</b> .....	<b>110</b>

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida. Sin embargo, es escasa para millones de personas en todo el mundo. Muchos millones de niños mueren a diario por enfermedades transmitidas por el agua. Además, la sequía azota periódicamente algunos de los países más pobres del planeta.

El objetivo es alcanzar el ámbito del agua, el saneamiento y sentar las bases para seguir avanzando en los años siguientes. Estamos ante un asunto urgente de desarrollo humano y de dignidad humana. Juntos podemos proporcionar agua potable y apta para el consumo a todas las personas del mundo. Los recursos hídricos del planeta son nuestro único medio de supervivencia y de desarrollo sostenible en el siglo XXI.

La escasez de agua constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo. A lo largo del último siglo, el uso y consumo de agua creció a un ritmo dos veces superior al de la tasa de crecimiento de la población y, aunque no se puede hablar de escasez hídrica a nivel global, va en aumento el número de regiones con niveles crónicos de carencia de agua.

La escasez de agua es un fenómeno no solo natural sino también causado por la acción del ser humano. Hay suficiente agua potable en el planeta para abastecer a 6.000 millones de personas, pero ésta está distribuida de forma irregular, se desperdicia, está contaminada y se gestiona de forma insostenible.

El objetivo de este proyecto es caracterizar geológicamente las arenas acuíferas MAGUAP-2 y MAGUAP-3, abarcando el área correspondiente a los campos Limón, Limón Este, Nardo, Nieblas y Zumo de la Formación Mesa - Las Piedras ubicada al Este de la Ciudad de El Tigre, estado Anzoátegui.

Dicha caracterización surge por la necesidad de la Gerencia de Yacimientos del Distrito San Tomé en realizar un estudio que permita evaluar en detalle la distribución horizontal, vertical y disponibilidad de las aguas subterráneas en el Área Mayor de Oficina, con la finalidad de suministrar información y asesoramiento técnico a PDVSA, comunidades, industria agrícola, industria pecuaria y a empresas relacionadas con el suministro de agua.

El valor agregado de este trabajo de investigación es establecer el beneficio de las comunidades más afectadas en el área de estudio debido a la problemática global por escasez de agua potable que día a día estamos presentando.

El proyecto se desarrollo en capítulos, el I capítulo de ellos analiza la importancia del estudio, el II capítulo trata las generalidades del área, el capítulo III se refiere a las bases teóricas utilizadas mientras que el IV capítulo establece la metodología aplicada, en el V capítulo se analizan los resultados obtenidos, para finalmente pasar a las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **SITUACIÓN A INVESTIGAR**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El agua constituye un elemento natural indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades humanas; resulta difícil imaginar cualquier tipo de actividad en la cual no se utilice, de una u otra forma.

En nuestro planeta cubre el 75% de su superficie, pero no toda el agua se encuentra en condiciones aptas para el uso humano. El 97.5% del agua es salada, el 2.5% resultante es agua dulce distribuida en lagos, ríos, arroyos, embalses y glaciares; esta mínima proporción es la que podemos usar con más facilidad.

El agua para satisfacer distintas necesidades se transforma en un recurso. Sin embargo no todas las personas disponen de él. Esto sucede por varios motivos, entre los cuales se pueden mencionar la desigual distribución natural del agua en la superficie terrestre. Esta imposibilidad lleva a situaciones de escasez, que no tiene causas exclusivamente naturales, sino que también sociales. Esto nos permite decir que existe una estrecha relación entre la posibilidad de abastecimiento y el desarrollo, porque cuanto mayor es el desarrollo, mayor es la capacidad para obtenerla.

La humanidad requiere el agua cada vez en mayores cantidades para realizar sus actividades. El mayor consumo de agua también se debe al incremento de las prácticas de irrigación agrícolas, al gran desarrollo industrial o a la existencia de hábitos de consumo que, en ocasiones, implican su derroche.

Estamos viviendo en una crisis de los elementos, no solo vinculada con una crisis energética sino también una “crisis del agua”. Por todo lo anteriormente expuesto, se requiere desarrollar nuevas perforaciones de manera estratégica, planificada y no indiscriminada en el área de las formaciones Mesa-Las Piedras debido a que en esa zona esta la mayor reserva de agua de Venezuela, y por esto la industria petrolera venezolana requiere información de las características geológicas de dichos acuíferos, mediante la elaboración de un modelo estático. Por lo tanto, es necesario determinar el modelo estratigráfico, estructural y sedimentológico.

Siguiendo estos lineamientos se ha propuesto hacer la caracterización geológica de 2 arenas con una elevada potencialidad: MAGUAP-2 y MAGUAP-3, pertenecientes a las formaciones Mesa-Las Piedras, estado Anzoátegui; con el fin de cuantificar y calificar el agua contenida en dichas arenas en un área asignada de 32 km y así calcular la zona con mayor potencialidad de agua dulce.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Caracterizar geológicamente las arenas acuíferas (agua dulce) MAGUAP-2 y MAGUAP-3, en los proyectos P50, P60, P64, P90, P95, P99 y P109 en las formaciones Mesa-Las Piedras, entre los campos Limón, Limón Este, Nardo, Nieblas y Zumo, al Noreste de la Ciudad de El Tigre, estado Anzoátegui.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Describir geográficamente el área de estudio.

2. Elaborar el mapa base con la información de los pozos existentes en el área de estudio.
3. Correlacionar litoestratigráficamente, todos los pozos que conforman los campos del área de estudio.
4. Determinar la continuidad lateral de las arenas en estudio a partir del modelo estratigráfico.
5. Definir los tipos de ambientes sedimentarios, mediante el análisis de electrofacies que representen el modelo sedimentológico.
6. Visualizar la estructura del área de estudio, a partir de la elaboración del modelo estructural.
7. Determinar los espesores de arena neta acuífera para las distintas arenas en estudio.
8. Calcular el volumen de agua a partir del mapa isópaco-estructural usando el método volumétrico
9. Caracterizar la calidad de agua en la zona de estudio, mediante análisis físico-químico y bacteriológico a partir del modelo hidrogeoquímico.
10. Estimar el volumen de agua existente en las formaciones Mesa-Las Piedras, en el área de estudio.

### **1.3 Justificación de la investigación**

El presente estudio se efectúa para evaluar en detalle la distribución horizontal, vertical y la disponibilidad de las aguas subterráneas en el Área Mayor de Oficina, con la finalidad de suministrar información y asesoramiento técnico a PDVSA, comunidad, industrias y cualquier empresa que la requiera.

### **1.4 Alcance de la investigación**

La elaboración de este proyecto se hará con el fin de cumplir con un requisito exigido por la Universidad de Oriente (UDO), para optar el título de Ingeniero Geólogo y Geólogo.

Al mismo tiempo, el presente estudio se efectúa para evaluar en detalle la distribución horizontal y vertical y disponibilidad de las aguas subterráneas en el Área Mayor de Oficina, con la finalidad de suministrar información y asesoramiento técnico a PDVSA, a la comunidad, a la industria agrícola y pecuaria local y a empresas relacionadas con el suministro de aguas. El trabajo de investigación se inició con el análisis de antecedentes existentes, destacándose las perforaciones iniciadas por MENEGRANDE OIL COMPANY en el año 1939 hasta mitad de la década de 1940. Al realizar las evaluaciones geológicas de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3, se persigue conocer el volumen total de agua dulce, la calidad del agua y el espesor promedio en esos acuíferos.

### **1.5 Limitaciones de la investigación**

1. La falta de una base de datos donde estén cargados los pozos vectorizados y digitalizados.

2. Insuficiencia de información en los cabezales de los registros de pozos.
3. El gran deterioro de muchos registros complicó en muchos casos la correlación litoestratigráfica.
4. La curva de potencial espontáneo (SP) no es confiable en medios contenidos con agua dulce, ya que esta curva registra, es el potencial eléctrico producido por contacto de soluciones de diferentes salinidades. (reacciona en función de los cationes  $\text{Na}^+$  y los aniones  $\text{Cl}^-$ ).

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 Ubicación geográfica del área**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Cuenca Oriental de Venezuela en el Área Mayor de Oficina, cubre un área aproximada de 912 km<sup>2</sup> entre las coordenadas U.T.M:

- 1) N:1.019.000; E:377.000
- 2) N:1.019.000; E:415.000
- 3) N: 995.000; E: 377.000
- 4) N: 995.000; E: 415.000

Estas coordenadas pertenecen geopolíticamente a los Municipios Simón Rodríguez, Guanipa y Freites, estando en ella las áreas pobladas de gran importancia como la Ciudad de El Tigre, San José de Guanipa (El Tigrito) y San Tomé.

#### **2.2 Acceso al área**

La accesibilidad al área se logra a través de las vías principales que comunica a la ciudad de El Tigre con Ciudad Bolívar al Sureste de la zona de estudio; una vía desde Pariaguán al Oeste, la vía que comunica San Tomé y San José de Guanipa con Barcelona al Norte, Igualmente hay una carretera desde el Noreste que conecta a Maturín con San Tomé. Todas estas carreteras son nacionales, totalmente asfaltada. A los pozos en estudio y ríos, se accede en muchos casos por carreteras secundarias (engranzonadas, de tierra y picas).

## 2.3 Características generales del área

El área de estudio está contenida en la parte Centro-Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela que está limitada al Norte por la Serranía del Interior de Anzoátegui y Monagas, al Sur por el Escudo de Guayana, al Oeste por el Arco de El Baúl y al Este su prolongación se pierde en el Delta del Orinoco.

La sección geológica completa de edades Mesozoica, Cenozoica y Reciente del área de estudio es bastante simple y empieza con la sedimentación sobre el basamento del Grupo Temblador seguida por las formaciones Merecure, Oficina, Freites, Las Piedras y Mesa. Esta sección está compuesta mayormente de lutitas, arenas, limolitas, con contenidos menores de arcilitas, gravas y lignitos depositados en ambiente litoral a transicional - deltaico. Todas estas formaciones han sido plegadas suavemente con rumbos Este - Oeste y falladas en el Mio -Plioceno con excepción de las formaciones Las Piedras y Mesa que no presentan fallamiento en el área de estudio, pero sí un plegamiento Pleistoceno - Reciente evidenciado por unos pliegues muy suaves descritos en este trabajo.

### 2.3.1 Clima, temperatura, evaporación y vientos

El clima predominante es tropical húmedo, con una temperatura media anual que puede variar entre los 25° y 30° aproximadamente, la humedad relativa anual en la región es de 3%. El régimen pluviométrico está caracterizado por dos temporadas claramente definidas: un período de lluvia, comprendido entre los meses de Mayo a Octubre, con una precipitación media anual de 1.200 mm y un período de sequía y verano entre los meses de Diciembre hasta Abril.

Los vientos alcanzan una velocidad media anual, que oscila entre 5.5 y 5.9 km/h. Los valores medios más elevados se presentan en los meses de verano (75 km/h), sin embargo en el mes de Marzo se han registrado valores de hasta 15 Km/h.

### 2.3.2 Vegetación

La vegetación del área es típica de sabana tropical, dominada por el clima y tipos de suelos imperantes, constituida por varias especies gramíneas, chaparros y especies arbóreas aisladas y de poca altura, también es común encontrar moriches en los márgenes de drenajes que se encuentran en la región.

### 2.3.3 Hidrografía

La principal cuenca hidrográfica de la región la constituye el río Tigre, que nace en la parte Norte de la localidad del mismo nombre. Al Oriente de la Mesa Tentación pasa el río Caris que nace al Noroeste de la ciudad de El Tigre, recibe numerosos afluentes, entre los principales se encuentran: El Moquete, La Peña, La Canoa y El Chipire. En los valles altos del río El Caris, se fomenta la agricultura, aunque no a gran escala. (Casado M. 1984).

Vale la pena destacar, que la mayor parte de los cauces no se secan durante la época de ausencia de precipitación, pero si se ve disminuido sus caudales en grandes proporciones. Los ríos Guanipa y Cachama nacen en un sector boscoso de Las Mesas, localizados entre El Tigre y Pariaguán.

En cuanto a los acuíferos, los estudios de registros eléctricos, nos permiten inferir que abarcan una área bastante extensa en las Formaciones Mesa y Las Piedras, con espesores de los paquetes superiores e inferiores que varían de 30 m hasta 250 m

de espesor, la mayoría de estos acuíferos son de tipo confinado y libre en forma de mantos y/o lentes.

En la Formación Freites, no hay estudios muy precisos, sin embargo, se ha detectado presencia de acuíferos en sus arenas superiores.

Podemos resumir afirmando que en las tres formaciones anunciadas anteriormente presentan acuíferos no muy bien definidos ya que una gran sección de ellos se encuentra intercomunicados unos con otros. Es importante destacar que la Formación con mayor potencial acuífero es la Formación Mesa e intervalos superiores y medios de la Formación Las Piedras.

#### 2.3.4 Geología del área de estudio

2.3.4.1 Historia geológica: la historia geológica de Venezuela es muy amplia y compleja. Amplia, porque su inicio se remonta al Precámbrico y compleja, por que su configuración actual es el resultado de toda una serie de eventos geológicos de diferentes naturalezas e intensidades: Transgresiones, depositación en diferentes ambientes, regresión, erosión, intrusiones, volcanismo, metamorfismo y deformaciones tectónicas. (González de Juana y C. 1980).

Con relación a la Cuenca Oriental de Venezuela, su porción más antigua corresponde a su basamento peneplanado, constituidos por diversidad de rocas cristalinas, ígneas y metamórficas. La edad que se le asigna va desde el Precámbrico al Triásico - Jurásico, período durante el cual estuvo sometido a transgresiones y regresiones, fenómenos ígneos, metamórficos y peneplanación. (González de Juana y C. 1980).

Las únicas evidencias de deposición durante el Paleozoico (Medio o Superior) lo constituyen las formaciones Hato Viejo y Carrizal. (González de Juana y C. 1980).

Es a inicios del Cretáceo, o tal vez a finales del Jurásico, cuando debido al hundimiento ocurrido entre el relativamente estable Escudo Guayanés, al Sur y la supuesta tierra firme de Paría, al Norte; se forma la cuenca. Comenzó así, el desarrollo del Geosinclinal Oriental de Venezuela, que se mantuvo activo a través del Cretácico y del Terciario, y cuyo eje muestra un desplazamiento progresivo hacia el Sur. (González de Juana y C. 1980).

Se distinguen dos ciclos mayores de sedimentación; uno a finales del Mesozoico (Cretáceo) y otro en el Cenozoico (transgresión que depositó al Grupo Merecure). (González de Juana y C. 1980).

Ya a mediados del Terciario, comenzó una transgresión máxima hacia la parte meridional de la cuenca, la cual llegó a cubrirla en su totalidad, si bien no antes del Oligoceno. (González de Juana y C. 1980).

Posteriormente, la Cuenca fue levantada e inclinada hacia el Este, se retiró el Mar en esa dirección cesando así la sedimentación y pasando a ser la cuenca parte integrante del Continente Suramericano. (González de Juana y C. 1980).

Movimientos orogénicos ocurridos en el frente de montañas en el Norte de Monagas, provocaron una discordancia angular entre la Formación La Pica (Mioceno) y la Formación Carapita infrayacente. En la región de Anaco se desarrolló una ligera discordancia como consecuencia del replegamiento de tales movimientos hacia la parte Central de la Cuenca, iniciándose así la transformación de la Cuenca sedimentaria Oriental en una Cuenca estructural. (González de Juana y C. 1980).

La división de la Cuenca Oriental de Venezuela en las subcuencas estructurales de Maturín y Guárico, ocurrió debido a esfuerzos provenientes del Norte y Noreste y que alcanzaron la región de Anaco donde se formaron una serie de domos alargados de dirección Noreste, los cuales fueron empujados al Sureste (Falla de corrimiento de Anaco).

Esto es valedero para algunos autores, sin embargo para González de Juana no hay razones geológicas de peso, estratigráficas ni estructurales para estar de acuerdo con esta división de la cuenca en dos subcuencas.

Este autor prefiere distinguir en la cuenca ocho áreas principales productoras de petróleo: Área de Guárico, Área Mayor de Anaco, Área Mayor de Oficina, Área Mayor de Temblador, Faja Petrolífera del Orinoco, Área Mayor de Jusepín, Área de Quiriquire y Área de Pedernales.

Por último, ya en el Cuaternario y quizás ya a finales del Plioceno, se depositó la Formación Mesa antes de los movimientos tectónicos más recientes. Y ya en las postrimerías del Pleistoceno, la Cuenca fue expuesta a la erosión y la topografía fue esencialmente la misma de hoy en día.

2.3.4.2 Evolución Tectónica de la Cuenca Oriental de Venezuela: la Cuenca Oriental de Venezuela, es el resultado de una compleja interacción entre las placas de Norteamérica, Sudamérica y la Placa del Caribe. Según Di Croce *et al*, (1999), la evolución de la cuenca está controlada por tres etapas importantes. Dichas etapas están asociadas al movimiento relativo de la placa sudamericana con el movimiento de las placas de Norteamérica y del Caribe. La primera etapa va desde el Jurásico medio al Cretáceo tardío (165 – 80 ma) y muestra una divergencia con dirección Noroeste – Sureste. En el margen Norte de Sudamérica hubo subsidencia para permitir el desarrollo de un extenso margen pasivo. Una cuña sedimentaria de 3 a 4 kilómetros de espesor se depositó sobre el margen Norte de Suramérica con la depositación predominante de rocas clásticas marinas, aunque la sección del Cretáceo Temprano también contiene algunos carbonatos. La segunda etapa comprende desde el Campaniense al Eoceno (80 – 49 ma), en el Campaniense, el arco de islas magmáticas del Cretáceo de las proto Antillas colisionó con el margen pasivo de Norteamérica (Cuba, La Española) y Suramérica (Venezuela). Durante el Paleoceno Inferior cesa la expansión del piso marino entre Norte y Suramérica y la Placa Caribe comenzó a migrar hacia el Noreste. Y por último la etapa que domina desde el Eoceno y hasta el presente (49 – 0 ma), la cual comprende el movimiento relativo de la placa Caribe hacia el Este.

Basado en el escenario anterior de placas tectónicas, dichas etapas pueden diferenciarse de la siguiente manera:

1. Del Triásico al Jurásico tardío la fase rift (rompimiento de Pangea).
2. Fase de margen pasivo, la cual comprende desde el Jurásico tardío hasta el Cretáceo tardío en el occidente de Venezuela y hasta el Oligoceno en Venezuela Oriental.

3. Fase de margen activo, la cual domina hasta el Reciente. La misma está caracterizada por una depresión “foredeep” que se mueve hacia el Este.

También, Panaud, en 1995 había presentado una evolución más completa que la anterior, agregándole una primera etapa. Él afirma que la evolución geodinámica de la Cuenca Oriental de Venezuela puede ser dividida en cuatro episodios importantes:

1. Una fase Pre – Rift en el Paleozoico.

2. Una fase Rifting y Drifting durante el Jurásico y el Cretáceo temprano. Esta fase está caracterizada por grábenes, generación de corteza oceánica y la presencia de una discordancia regional.

3. Fase de margen pasivo durante el Cretáceo – Paleógeno.

4. Una fase final durante la colisión oblicua en el Neógeno y Cuaternario. Dicha fase dio como resultado la formación de la Serranía del Interior y la transformación de la cuenca de margen pasivo a una cuenca antepaís (o cuenca “foreland”). Esta colisión de la placa Caribe con la placa sudamericana fue diacrónica con un progresivo desplazamiento de Oeste a Este.

## **2.4 Geología regional**

### **2.4.1 Cuenca Oriental de Venezuela**

Esta cuenca está situada en la zona Centro-Este de Venezuela, formando una depresión topográfica y estructural, limitada al Sur por el curso del río Orinoco desde la desembocadura del río Arauca hacia el Este hasta Boca Grande, siguiendo de modo aproximado el borde septentrional del Cratón de Guayana; al Oeste por el

levantamiento de El Baúl y su conexión estructural con el mencionado Cratón, que sigue aproximado el curso de los ríos Portuguesa y Pao y al Norte, por la línea que demarca el piedemonte meridional de la Serranía del Interior Central y Oriental.

Hacia el Este la cuenca continúa por debajo del Golfo de Paria, incluyendo la parte situada al Sur de la Cordillera Septentrional de la Isla de Trinidad y se hunde en el Atlántico al Este de la costa del Delta del Orinoco. La Cuenca Oriental de Venezuela está localizada al Noreste entre los 8° y 11° de latitud Norte y los 61° y 66° de longitud Oeste. (González de Juana, 1980) le asigna en Venezuela una longitud aproximada de 800 Km. en sentido Oeste-Este, una anchura promedio de 200 Km. de Norte a Sur y un área aproximada de 165.000 Km<sup>2</sup>. (Figura 2.1).

Panaud *et al*, (1995) afirma que el límite Norte de la cuenca esta dado tanto por un cinturón de plegamiento, el cual se corresponde con la Serranía del Interior, como por la falla del Pilar, la cual marca un importante límite de placas entre la placa del Caribe y la placa Sudamericana.



Figura 2.1 Ubicación Geográfica y extensión de la cuenca oriental de Venezuela.  
(Schlumberger, 1999).

Di Croce *et al*, (1999), indica que la Cuenca Oriental de Venezuela, incluyendo tanto costa afuera como la parte continental, mide cerca de 200.000 Km<sup>2</sup>. Así mismo él afirma que la cuenca es alargada, asimétrica y presenta más de 8 Km. de espesor de sedimentos terciarios. (Figura 2.2).

La Cuenca Oriental ha sido subdividida basándose en sus características sedimentológicas, tectónicas y estratigráficas en dos subcuencas, las cuales son: la Subcuenca de Guárico y la Subcuenca de Maturín.

La subcuenca de Guárico comprende los Campos del estado Guaneó y parte Norte del estado Anzoátegui. El flanco Norte de la Subcuenca se encuentra asociado al frente de deformación donde se ubica el sistema de fallas de Guárico, el cual sobrecarga rocas Cretácicas y Terciarias, produciendo un marco tectónico complejo.

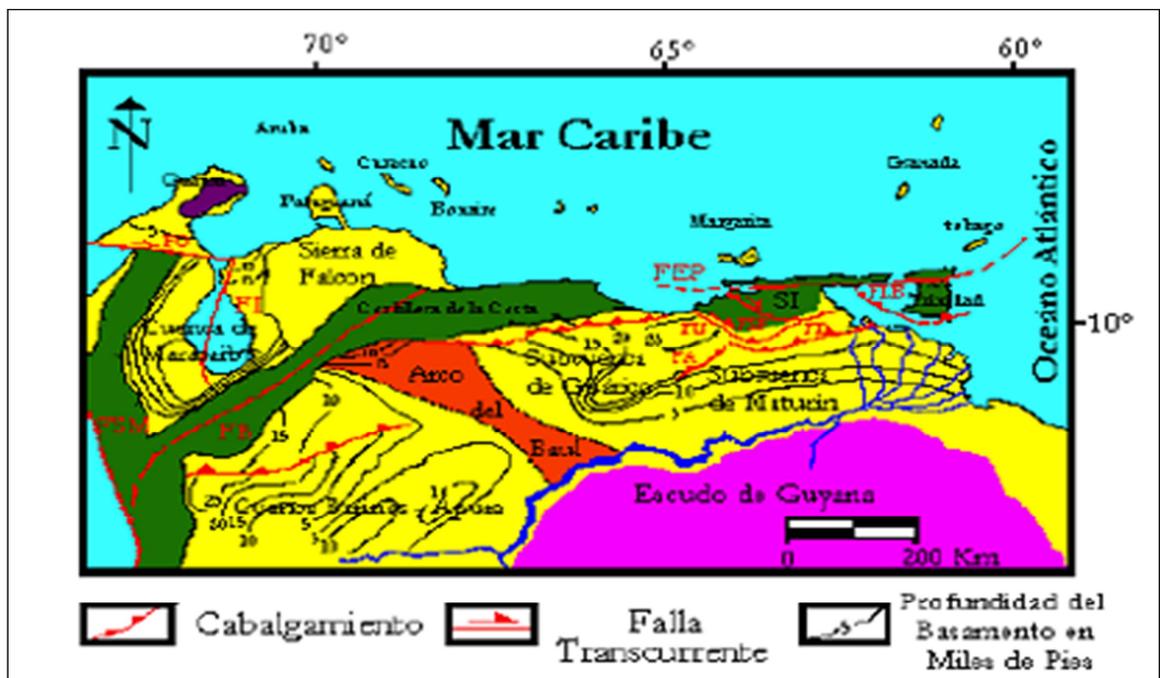


Figura 2.2 Norte de Venezuela, donde se observa claramente la Cuenca Oriental de Venezuela con sus Subcuencas (Guárico y Maturín). (Di Croce, 1999).

Hacia el Sur, la estructura es más sencilla, con evidencia de depresiones estructurales en las que se conservaron rocas Jurásicas y Paleozoicas, y con un acunamiento de las secuencias Cretácicas y Terciarias en la misma dirección. Las principales trampas son combinadas de tipo estructural y estratigráfico, en los campos alejados del frente de corrimientos.

La roca madre principal (Grupos Guayuta y Temblador) se supone sobrecomida actualmente por el frente de deformación del Norte de Guaneó. La generación está asociada al avance de las capas y lleva rápidamente a la ventana de gas por la sobrecarga tectónica, por lo menos desde el Eoceno Tardío; de ahí que la principal acumulación al Sur del Frente de Montañas sea de gas y no de petróleo líquido. (Figura 2.3).

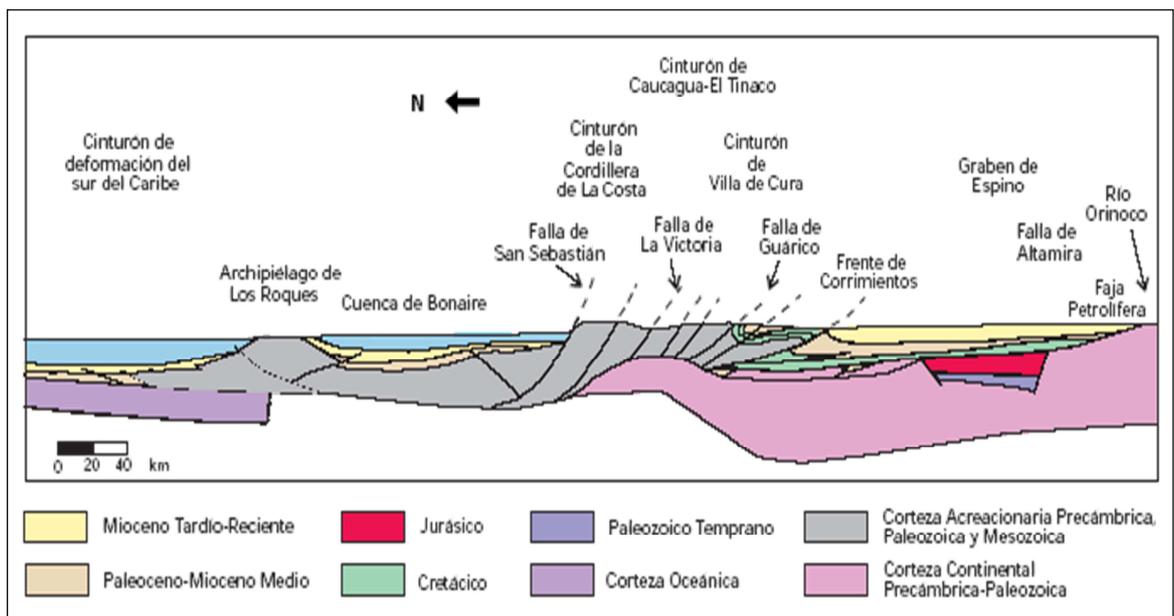


Figura 2.3 Subcuenca de Guárico. (Schlumberger 1999).

La faja del Orinoco se extiende hacia el Este, marcando el límite Sur de toda la Cuenca Oriental. Los sellos lutíticos más importantes se encuentran dentro de las

mismas unidades yacimientos, como Roblecito, Chaguaramas y Oficina, las trampas constituyen combinaciones de tipo estructural (fallas extensionales) y estratigráficas (canales).

2.4.1.1 La subcuenca de Maturín: constituye la principal unidad petrolífera de la Cuenca Oriental de Venezuela (Funes, 1994). Podría afirmarse que la deformación estructural y los acñamientos de las unidades estratigráficas hacia el Sur definen dos dominios operacionales: el primero al Norte del corrimiento de Pirital y el segundo al Sur. La estratigrafía de la Serranía del Interior Oriental representa en buena parte la sedimentación del flanco Norte de la Subcuenca de Maturín: una espesa y compleja secuencia que abarca desde el Cretácico Inferior hasta el Pleistoceno. (Figuras 2.4 y 2.5).

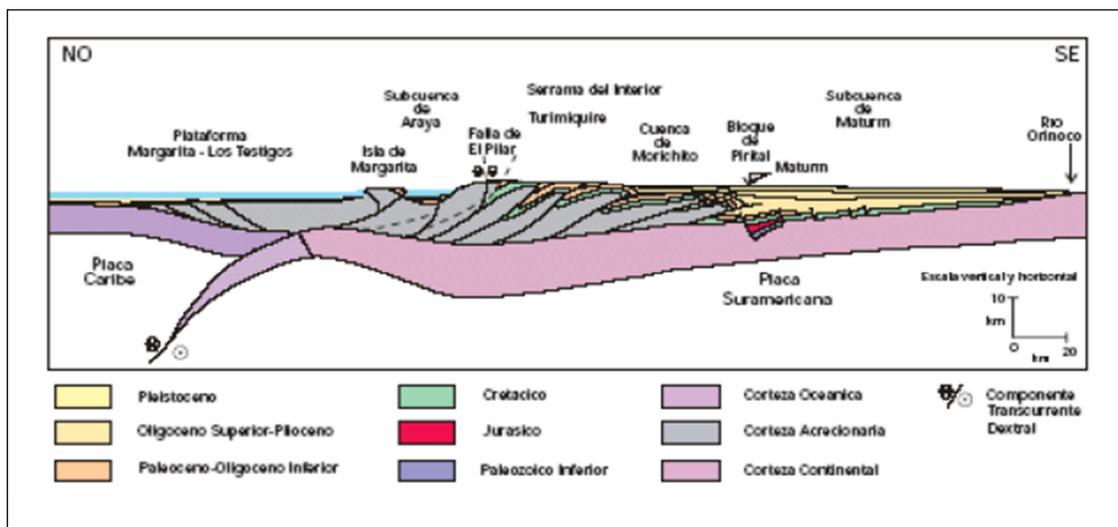


Figura 2.4 Flanco Norte de la subcuenca de Maturín. (Schlumberger, 1999).

El flanco Sur, en cambio, presenta una estratigrafía más sencilla, semejante a la estratigrafía de la Subcuenca de Guárico en el subsuelo, con el Grupo Temblador, en su parte inferior, como representante del Cretácico, y un Terciario suprayacente de

edad fundamentalmente Oligoceno - Pleistoceno, en el que se alternan ambientes fluvio-deltáicos y marinos someros, hasta su relleno final de ambientes continentales.

En la Serranía del Interior la roca madre principal se encuentra representada por el Grupo Guayuta, particularmente la Formación Querecual, la cual llega a tener más del doble del espesor de su equivalente (Formación La Luna) en Venezuela Occidental, con similares características de la roca madre.

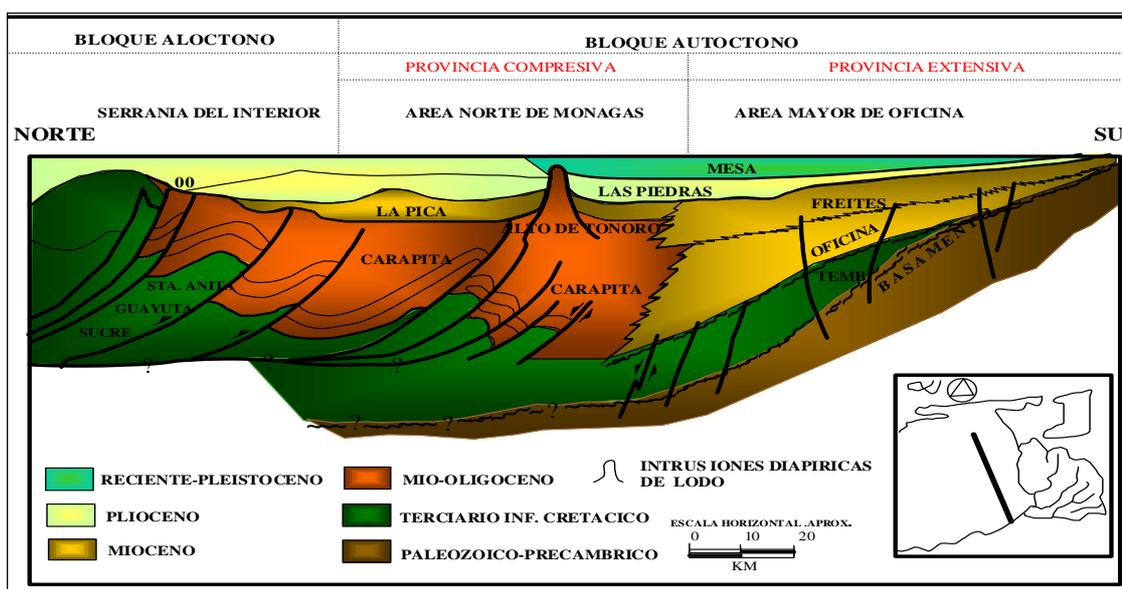


Figura 2.5 Corte Norte-Sur donde se observa el grado de complejidad estructural de la Subcuenca de Maturín. (Schlumberger, 1999).

Debido al espesor considerable de la secuencia Neógena en el flanco Norte de la Subcuenca, se puede establecer con claridad cómo se produce el cambio lateral de las unidades Cretácicas hacia el Grupo Temblador del Sur; sin embargo, se estima que para los equivalentes laterales del Área Mayor de Oficina, el caso pudo haber sido muy semejante, con generación por una roca madre cercana. Las dos subcuencas, localizadas al Noreste de Venezuela, son de tipo "foreland"; y están separadas por

unos anticlinales en superficie, y en el subsuelo por el sistema de fallas de Anaco y sus estructuras inversas asociadas. La falla de Urica, la cual estuvo intermitentemente activa durante el Mioeno-Holoceno. Sin embargo, James *et al*, (1999, p. 142) en Di Croce *et al*, 1999, sostiene que ambas subcuencas están separadas por la falla o Corrimiento de Anaco-Altamira, debido a la considerable actividad sedimentaria de ésta, que permite considerar suplantarse la falla de Úrica. (Figuras 2.6 y 2.7).

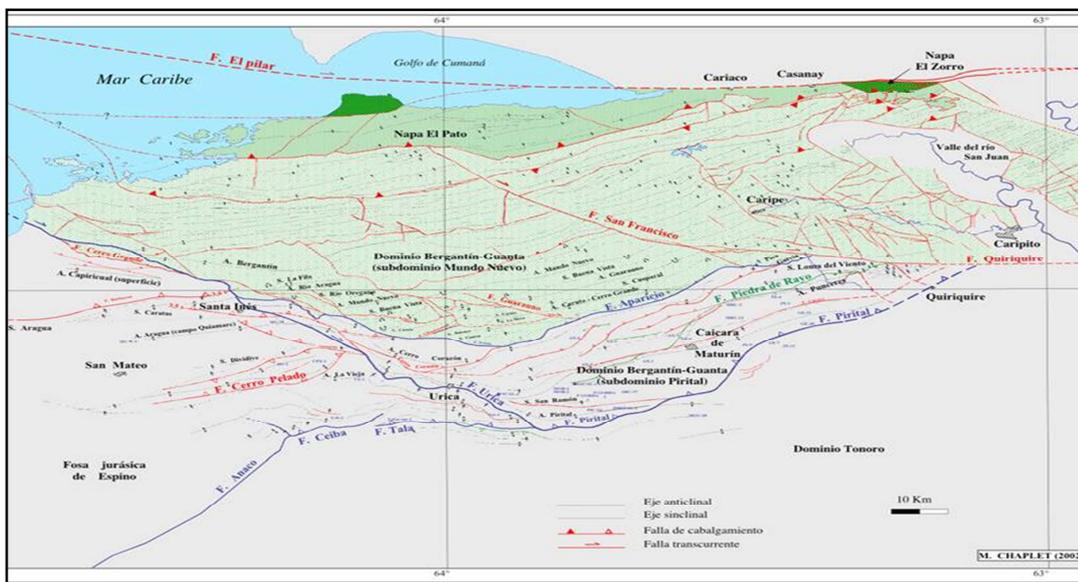


Figura 2.6 Marco tectónico de la subcuenca de Maturín. (Schlumberger 1999).

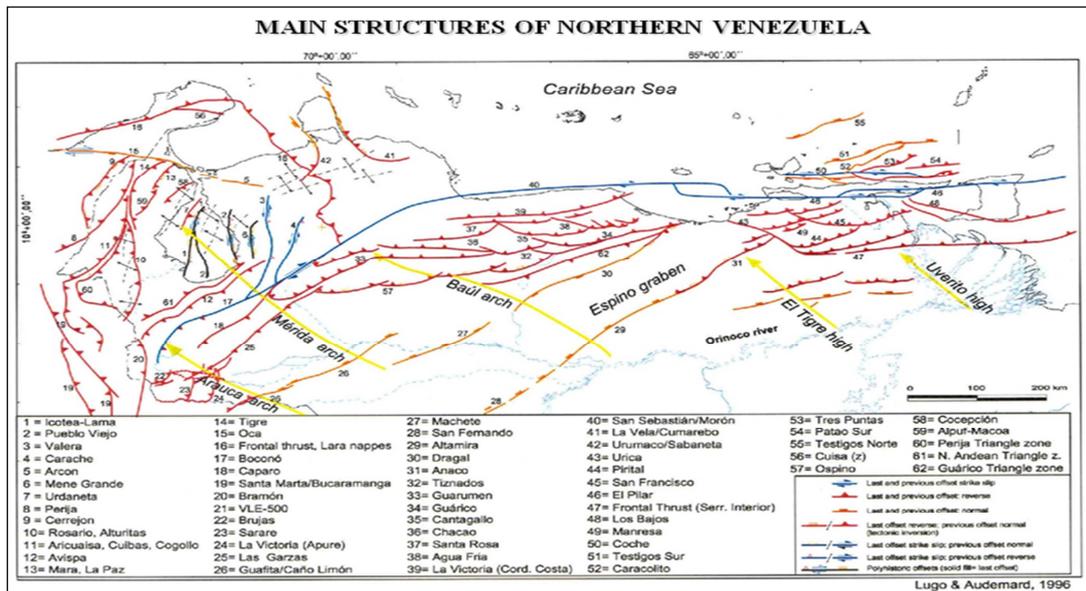


Figura 2.7 Principales características estructurales de la Cuenca Oriental de Venezuela. (Schlumberger, 1999).

Balbrin Oscar, (1991), dividió la Cuenca Oriental de Venezuela en varias subregiones o áreas productoras de petróleo, desde el punto de vista operacional, y diferenciadas entre si por el tipo de acumulación o por las características geológicas, (Figura 2.8). Ellas son:

1. Área Mayor de Oficina.
2. Norte de Anzoátegui: Área de Guaribe - Chaparro en el extremo Noroccidental.
3. Área Mayor de Anaco al Sur, y el Área de Úrica al Este.
4. Área Centro de Anzoátegui y Monagas.

5. Área Norte de Monagas: Quiriquire, Jusepín, Santa Bárbara.
6. Área de Guaneo.
7. Área Mayor de Temblador.
8. Pedernales (Delta).
9. Faja Petrolífera del Orinoco.

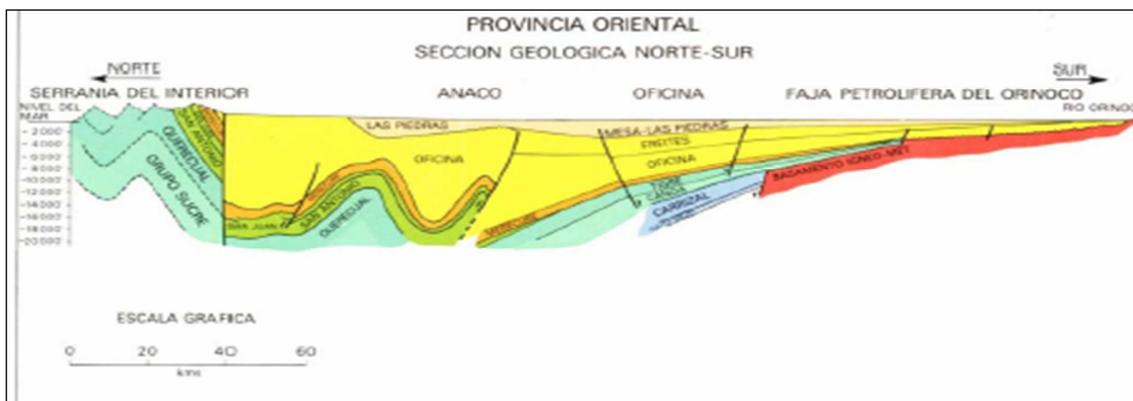


Figura 2.8 Sección geológica Norte–Sur, Cuenca Oriental de Venezuela.  
(Balbrin Oscar, 1991).

La estratigrafía de la Cuenca Oriental de Venezuela consta exclusivamente de areniscas y lutitas, con edades que van desde el Paleozoico al Pleistoceno; las acumulaciones más importantes de hidrocarburos pertenecen a las formaciones del período Terciario especialmente del Oligoceno y del Mioceno. La secuencia sedimentaria desde el Cretáceo al Plioceno está representada por el Grupo Temblador y las Formaciones San Juan, Vidoño, Caratas, Merecure, Oficina, Freites, Las Piedras y Mesa. (González de Juana y C. 1980).

Según diversos estudios realizados en la Cuenca Oriental de Venezuela, determinan que los cuerpos de arena que la constituyen fueron depositados en un ambiente deltáico con dominio fluvial. (González de Juana y C. 1980).

El basamento ígneo-metamórfico del flanco Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela, presentan varias depresiones, entre las cuales están las de Machete, Carrizal y El Tigre. En estas depresiones existen grandes espesores de rocas paleozoicas descritas como Formación Hato Viejo y Formación Carrizal.

Las siguientes formaciones se encuentran en el subsuelo del área estudiada:

- Formación Hato Viejo: el término Formación Hato Viejo fue publicado originalmente por Hedberg (1942), siendo el autor del nombre M. W. Haas (1939, citado por Hedberg 1950). Feo-Codecido (L.E.V. I, 1956) resumió lo publicado sobre la unidad por Liddle (1946), Bucher (1952) y Feo-Codecido (1953-54). (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: Pozo Hato Viejo, de la Standard Oil Company, en el intervalo 835 m (2.740 pies) a 869 m (2.850 pies). El pozo está ubicado a unos 50 km al Sur de Pariaguán, en el Distrito Monagas del estado Anzoátegui. (Hoja 7240, esc. 1:100.000, Cartografía Nacional).

Descripción litológica: la unidad es esencialmente una arenisca de grano fino a grueso, colores gris-rosado, gris y gris oscuro, friable, dura, maciza y áspera, ligeramente calcárea y en partes muy micácea y pirítica; los granos son redondeados y muy bien cementados. La arenisca contiene conglomerados y peñas de cuarcita a intervalos irregulares; localmente, se presentan vetas de calcita a lo largo de fracturas.

Ciertas secciones de la arenisca muestran características cuarcíticas; otras son muy feldespáticas, verdes y glauconíticas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Hedberg, añadió que la formación consiste principalmente en areniscas arcósica-cuarcíticas, de grano mediano a grueso, con algunas láminas de argilita verde. En la parte inferior, el conjunto mineralógico se caracteriza por leucoxeno y zircón, hacia arriba, pasa a uno con granate y biotita.

Espesor: el espesor máximo penetrado es de unos 91 m (300 pies). La formación desaparece al Este de Anzoátegui meridional, donde el Grupo Temblador del Cretácico, es discordante sobre rocas precámbricas del escudo de Guayana, y parece ser relativamente delgada, en la mayoría de los pozos perforados en el estado Guárico.

Extensión geográfica: subsuelo de la parte Sur del estado Guárico, y Sur occidental del Estado Anzoátegui, se desconoce en afloramientos.

Contactos: la formación infrayace a la Formación Carrizal del Paleozoico (Cámbrico Temprano), con la cual guarda estrecha relación, y suprayace discordantemente a las rocas precámbricas del escudo de Guayana. En pozos del área de Zuata, se encuentran intercalaciones arenosas dentro de la Formación Carrizal, que presentan las características de la Formación Hato Viejo. Podría considerarse, que en su parte más joven al menos, esta última formación equivale cronológicamente a la Formación Carrizal.. (PDVSA-Intevep. 1997).

Formación Carrizal: consideraciones históricas, Hedberg (1942) publicó la primera referencia a la Formación Carrizal, reconocida en el pozo Carrizal N° 1, en el subsuelo de Anzoátegui. Stover (1967) postuló una edad Devónico-Carbonífero, en base a estudios palinológicos. Di Giacomo (1985) y Sinanoglu (1986) establecieron la

edad Cámbrico temprano, a partir de estudios de acritarcos en núcleos de pozos del sector Zuata, de la faja petrolífera del Orinoco. Funes (1985) la mencionó en pozos del norte del sector Hamaca de la misma faja, y Jam y Santos (1989) informaron de su posible extensión al sector cerro Negro, de la faja, en el Sur de Monagas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: la sección tipo de la formación está en el pozo Carrizal 1, situado en el Distrito Monagas del Estado Anzoátegui, a unos 65 km al Suroeste de Pariaguán, y a unos 40 km al Sureste de Santa María de Ipire (Hoja 7141, esc. 1:100.000, Cartografía Nacional), entre la profundidad de 1.111 m (3.645 pies) y el fondo del pozo a 1.598 m (3.645 pies). Esta sección corresponde a la parte superior de la unidad. Una sección de referencia representando la parte inferior, está en el pozo Zuata N° 1, aproximadamente 40 Km al Sur - Suroeste del Carrizal 1, entre las profundidades de 458 m (1.503 pies) y 777 m (2.550 pies).

Descripción litológica: la formación está constituida por una espesa secuencia de arcilitas verdosas a gris oscuro, duras, masivas y densas, ocasionalmente teñidas de rojo, duras y compactas. Contiene algunas capas de limolita y areniscas. Generalmente está fuertemente bioturbada. Es notablemente homogénea, pese a su contenido variable de limo, con intercalaciones locales de areniscas o conglomerados de guijarros. Intercaladas, y generalmente hacia la base de la formación, se han observado cuerpos de arenas. Ocasionalmente, se presenta calcita como cemento en las capas de limolita y en diaclasas verticales. (PDVSA-Intevep. 1997).

Mineralógicamente, la unidad se caracteriza por granate, biotita, feldespatos, cuarzo, chert, muscovita y glauconita como minerales más comunes, y es claramente diferenciable en los registros eléctricos, en base a la respuesta de las curvas de rayos gamma y potencial espontáneo, típico de sedimentos lutíticos.

Espesor: en el pozo Carrizal 2X se han medido 1.827 m (5.975 pies), pero se supone que el espesor sea mucho mayor. (PDVSA-Intevep. 1997).

Extensión geográfica: subsuelo de la parte meridional de los estados Guárico y Anzoátegui, y probablemente Sur de Monagas.

Contactos: el tope de la Formación Carrizal es siempre erosional, estando cubierto por sedimentos precretácicos, por el grupo Temblador o por la formación Oficina. En la base suprayace a la Formación Hato Viejo, con la cual guarda estrecha relación.

Fósiles: los únicos fósiles hallados en la Formación Carrizal son *acritarcos*, organismos unicelulares de afinidad incierta, los cuales han sido descritos en estudios publicados por Stover (1967), Di Giacomo (1985) y Sinanoglu (1986). En estos estudios se mencionan los géneros *Michrystridium*, *Dictyotidium*, *Gorgoniosphaeridium*, *Goniosphaeridium*, *Leiosphaeridia*, *Skigiagia*, entre otros. (PDVSA-Intevep. 1997).

Edad: Stover (1967), al estudiar los *acritarcos* de la Formación Carrizal, le asignó una edad Devónico tardío a Missisipiano temprano, pero Di Giacomo (1985) y Sinanoglu (1986), basándose en nuevos conocimientos sobre estos fósiles, le han asignado una edad Cámbrico temprano. (PDVSA-Intevep. 1997).

2.4.1.2 Correlación: en pozos del área de Zuata se encuentran intercalaciones arenosas dentro de la Formación Carrizal, que presentan las características de la formación Hato Viejo. Podría considerarse que, en su parte más vieja, al menos, la formación Carrizal equivale cronológicamente a la formación Hato Viejo.

2.4.1.3 Paleoambientes: las estructuras sedimentarias sugieren, que estas litologías fueron depositadas bajo condiciones de ambiente marino (nerítico), en aguas someras y condiciones de corrientes típicas de llanuras de marea.

- Grupo Temblador: constituido por dos formaciones: Canoa y Tigre.

a) Formación Tigre

Referencia original: A. N. Dusenbury, 1960-a, p. 250-255.

Consideraciones históricas: Hedberg *et al.* (1947), se refirieron a la parte superior de su formación Temblador, con la designación de miembro glauconítico superior (upper glauconitic member). Patterson y Wilson (1953), elevaron la formación al rango de grupo, y llamaron al término descriptivo anterior formación glauconítica (glauconitic formation). Dusenbury (1960-a), modificó este término indeseable por no geográfico, al de Formación Tigre, presente en los Estados Monagas y Anzoátegui meridional, y que equivale a la secuencia de las formaciones La Cruz, Infante y Guavinita (Patterson y Wilson, *op. cit.*) presentes en Guárico. Dusenbury (*op. cit.*) propuso reducir estas unidades al rango de miembros, que en la zona de Guárico, constituirían a la formación Tigre. Van Erve (1985), realizó determinación de edades de la sección cretácea, en el subsuelo del área de Zuata de la Faja Petrolífera del Orinoco, en base de palinomorfos. Kiser (1987) y Vega y de Rojas, (1987), describieron y discuten brevemente la distribución de esta formación en las áreas de Machete y Zuata respectivamente, en la faja petrolífera del Orinoco. Cabrera y Villain (1987) realizaron una síntesis bioestratigráfica de la sección cretácica del Noreste de la subcuenca de Guárico, correspondiente a las formaciones Tigre y Canoa. (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: Hedberg *et al.* (1947), propusieron al pozo Tigre-1, intervalo 1769-1864 m (5805'-6117'), cambiado posteriormente a 1779-1864 m (5836'-6117') por Dusenbury (1969). Este pozo se encuentra ubicado en la hoja No. 7442 de Cartografía Nacional, y sus coordenadas son N-158.994 y E-617.797. (PDVSA-Intevep. 1997).

Descripción litológica: en la región tipo, en Monagas meridional, la formación es una secuencia variable, irregularmente estratificada, de areniscas y limolitas de grano fino, glauconíticas, gris a gris verdoso, areniscas gruesas friables y espesas, limolitas gris a gris verdoso y lutitas carbonosas y fosfáticas (Hedberg *et al.* 1947). Hay intercaladas en la sección, calizas dolomíticas y dolomias en capas blanquecinas, delgadas, duras y con frecuencia fosilíferas y glauconíticas. Se presentan pocos intervalos de arcilitas blancas y moteadas. (PDVSA-Intevep. 1997).

La presencia en forma persistente en la región de Guárico de un nivel de calizas (Patterson y Wilson, *op. cit.*) ha dado lugar a una división de la formación en tres miembros: miembro La Cruz (inferior) con sección tipo en el pozo Mercedes N° 8 (estructura de La Cruz en el Área de Las Mercedes), el cual está constituido por un miembro inferior de areniscas lenticulares, caoliníticas, de grano grueso, con intercalaciones menores de lutita negra, carbonosa y fosilífera, y uno superior que se inicia con una lutita negra fosilífera y continua con areniscas de grano fino, calcáreas y glauconíticas que presentan intercalaciones delgadas de lutita muy fosilífera (Patterson y Wilson, *op. cit.*). El conjunto de minerales pesados característicos de este miembro es la asociación magnetita-ilmenita-zircón turmalina-epidoto-estauroлита-cianita-glaucófano (suite naranja-púrpura) y cantidades variables de actinolita, hornblenda sódica u otras especies de anfíboles no identificables. (PDVSA-Intevep. 1997).

El Miembro Infante (medio) con sección tipo en el pozo Guayabo-2, constituido por una caliza densa, compacta y fosilífera, gris, localmente glauconítica. Hacia el Sur y Noroeste se va haciendo más arenoso hasta convertirse en areniscas que no se pueden diferenciar de los miembros infra- y suprayacentes (Patterson y Wilson *op. cit.*). Villain y Cabrera (1988), destacan al norte de la subcuenca de Guárico el carácter marcadamente margoso de este intervalo. El nombre de este miembro deriva del Distrito Infante del Estado Guárico, y equivale a la caliza "N", excelente horizonte de reflexión sísmica en estudios geofísicos. (PDVSA-Intevep. 1997).

El Miembro Guavinita cuya sección tipo está en el pozo Mercedes N° 8, toma su nombre del campo Guavinita, y está constituido por un intervalo basal lutítico de unos 15 m de espesor, seguido de intercalaciones de areniscas, lutitas, margas, calizas delgadas y ftanitas negras, todas con restos de peces y/o nódulos fosfáticos, con un espesor de unos 30 m (Patterson y Wilson, 1953). Debido a un hiatus sedimentario, (ausencia del Campaniense detectado por fósiles) este miembro puede ser dividido en dos intervalos (Villain y Cabrera, 1988, en prensa). El intervalo inferior, con variable cambio de litofacies, incluye desarrollos masivos y locales de areniscas masivas, de grano grueso con brechas del tipo de flujo de detritos, interpretados como influjos turbidíticos asociados a un ambiente profundo de talud y detectados en pozos en el área de Macaira-Uveral. Hacia el Norte de esta área, se desarrolla una sección marcadamente lutácea con delgados niveles de areniscas de grano fino. En el tope de este intervalo inferior, se desarrolla un fondo endurecido de composición fosfática (nódulos) cementado por calcita, que aparentemente representa el hiatus cronológico (Villain y Cabrera, 1988). El intervalo superior, está caracterizado por lutitas arenosas o limolitas, que se adelgazan y desaparecen hacia, el SSE del área de Macaira-Uveral. Los conjuntos de minerales pesados, característicos tanto del Miembro Infante como Guavinita, son una asociación compuesta de magnetita-ilmenita-zircón-turmalina-estaurolita-epidoto y glaucófano. (PDVSA-Intevep. 1997).

Espesor: tiene un espesor en la sección tipo de 92,7 m (Hedberg *et al.*, 1947). En el área de Macaira-Uveral, tiene un espesor promedio de 346,5 m (Villain y Cabrera, *op. cit.*). Hacia el área de Machete (F.P.O.), el promedio de espesor es de 170 m (Escalona, 1985). Desaparece por erosión al Este del área de Hamaca, así como hacia el escudo de Guayana (Latreille *et al.* en Isea, 1987). El espesor de la parte inferior del Miembro Guavinita se mantiene en unos 116 m en los pozos estudiados. (PDVSA-Intevep. 1997).

Extensión geográfica: subsuelo en el Sur, centro y parte del Norte de los estados, Monagas, Anzoátegui y Guárico. (PDVSA-Intevep. 1997).

Contactos: su contacto inferior es diacrónico y transicional sobre los sedimentos continentales de la Formación Canoa (Patterson y Wilson, 1953). Su contacto superior es discordante, de carácter erosional, por debajo de las formaciones La Pascua o Merecure, según la región de estudio. Este contacto corresponde a un hiatus de considerable duración González de Juana y C. 1980).

Fósiles: los fósiles más comunes son amonites, foraminíferos, restos de peces, braquiópodos y linguloides, especialmente abundantes en las lutitas intercaladas en las areniscas (Patterson y Wilson, 1953). En el Miembro La Cruz, se encuentran pequeños moluscos (*Inoceramus* sp) y foraminíferos cretáceos (*Guembelina* sp). En las calizas del Miembro Infante, se encuentran amonites y restos de peces. En el Miembro Guavinita se encuentran también restos de peces y foraminíferos arenáceos. Hedberg *et al.* (1947), En forma general, mencionaron especies de *Exogyra* sp, *Plicatula* sp, *Astarte* sp, *Nereites* sp ?, *Requienia* sp, *Lingula* sp y *Turritella* sp. Van Erve (1985), reconoce las zonas palinológicas de *Droseridites senonicus*, *Triorites africaensis* y *Auriculiidites reticularis*. (PDVSA-Intevep. 1997).

El Miembro La Cruz contiene los foraminíferos *Hedbergella* sp., *Whitinella* sp., y los nannoplancton *Watznaueria barnesae*, *Cretarhabdus broinsonia*, *Eiffellithus eximus* y *Quadrum gartneri*. En el Miembro Infante, identificaron a *Buliminidae*, *Lenticulina*, *Hedbergella*, moluscos y equinodermos, indicativos de un ambiente de plataforma, aguas someras y oxigenadas. (PDVSA-Intevp. 1997).

Cabrera y Villain, mencionan además en el miembro Guavinita, ciertas secciones con marcadores hacia el tope del intervalo inferior (nivel fosfático endurecido), con foraminíferos tales como *Lenticulina* sp., *Praebulimina* sp., *Globotruncana angusticarinata* y *G. carinata*, además de abundantes *Hedbergella* sp y *Buliminidae*. (PDVSA-Intevp. 1997).

Encima del hiatus regional, aparece una fauna abundante y variada del Maestrichtiense que incluye a *Lituokidae*, *Ataxophragmiidae*, *Cyclamina* sp., *Lenticulina* sp., *Praebulimina* sp., *Nodosaria* sp., *Gavelinella* sp., *Neoflabellina* sp., *Pellenia* sp., *Gavenopsis* sp., *Allomorpha* sp., *Suiphogenerinoides parva*, *S. cretae*, *Praebulimina kackopoensis*, *Bolivina decoratus*, *Globotruncana stuartiformis*, *G. gansseri*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Hetrohelix* sp. y *Pseudotextularia* sp. (PDVSA-Intevp. 1997).

Edad: Cabrera y Villain (1987) según estudios de foraminíferos y nannoplancton en siete pozos del Norte de Guárico (MGPA-25, MGKA-1X, MGKA-2X, MGPA-3E, MGPA-3X, MG-4E y MGK-5X) determinaron la edad de la Formación Tigre como Turoniense-Maastrichtiense, con un hiatus en el Miembro Guavinita que aparenta comprender el Campaniense. (PDVSA-Intevp. 1997).

El hiatus regional intra-Guavinita está marcado en todos los pozos por la ausencia de fósiles del Campaniense y por un "hard ground" de nódulos fosfáticos cementados por calcita en precipitación química y asociados por ftanita

microfósilífera (que incluye a *Globotruncana carinata*) (Cabrera y Villain, op. cit.). Los autores correlacionan este evento con uno similar en los pozos DSDP, en la costa afuera de Venezuela. En la parte basal de la formación (Miembro La Cruz), se encuentran amonites y foraminíferos que permiten comparar este miembro con la parte Turoniense inferior de la Formación Querecual, sin excluir la posibilidad de incluir el Cenomaniense (González de Juana et al., op. cit.) El Miembro Infante es de edad Turoniense (Coniaciense). (PDVSA-Intevep. 1997).

Van Erve (1985), establece en base de palinomorfos, un rango de edad variable entre el Albiense y el Santoniense, con un hiatus en el Cenomaniense. (PDVSA-Intevep. 1997).

Correlación: una correlación cronoestratigráfica permite establecer equivalencia entre la Formación Querecual y Formación San Antonio con los Miembros La Cruz, Infante y parte basal del Miembro Guavinita de la Formación Tigre. La parte superior de la Formación San Antonio y la Formación San Juan se consideran parcialmente equivalentes de la parte superior del Miembro Guavinita de la Formación Tigre. (González de Juana y C. 1980).

Paleoambientes: según Cabrera y Villain (1987) la fauna encontrada en el Miembro Guavinita indica un ambiente de plataforma que varía hacia arriba desde plataforma exterior a talud. (PDVSA-Intevep. 1997).

El ambiente sedimentario de la formación es generalmente profundo y de tipo talud, con el desarrollo de ambientes de plataforma hacia el Sur de la región de Guárico. La transición entre ambos ambientes, fue muy suave y con pocas diferencias. La plataforma presentaba variaciones en extensión, dando por origen variación en los espesores y texturas de las calizas.

Sinonimia: un término equivalente de la Formación Tigre, ya en desuso, es el de "glauconítico superior" (Hedberg et al., 1947). La parte superior de lo que este mismo autor denominó "miembro inferior abigarrado", corresponde parcialmente al Miembro La Cruz de la Formación Tigre. El Miembro Infante se ha descrito profusamente en la literatura y se le compara con el término informal de Caliza "N". (PDVSA-Intevep. 1997).

#### b) Formación Canoa

Referencia original: A. N. Dusenbury Jr., 1960, p. 250-255.

Consideraciones históricas: Hedberg et al. (1947) se refirieron a la parte inferior de su Formación Temblador, con la designación de miembro inferior abigarrado (lower mottled member). Patterson y Wilson (1953) elevaron la formación al rango de grupo, y llamaron el término descriptivo anterior, Formación Abigarrada (Mottled Formación). Dusenbury (1960) modificó, este término indeseable por no geográfico, al de la Formación Canca. Van Erve (1985) realizó determinaciones de edades de la sección cretácea, en el subsuelo del área Zuata, del Campo Faja del Orinoco, en base de palinomorfos. Kiser (1987) y Vega y de Rojas (1987) describen y discuten brevemente la distribución de esta formación en las Áreas de Machete y Zuata, respectivamente, del Campo Faja del Orinoco. (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: Dusenbury (1960) retuvo como sección tipo, la designada originalmente por Hedberg et al. (1947) en el pozo Tigre-1, intervalo 9 m. Este pozo se encuentra ubicado en la hoja N° 7442 de Cartografía Nacional, y sus coordenadas son N-158.994 y E-617.797. Sin embargo, el nombre se tomó del pozo Canoa-2. (PDVSA-Intevep. 1997).

Extensión geográfica: (Patterson y Wilson, 1953). Subsuelo de la región meridional, central y parte de la región septentrional de los estados Monagas, Anzoátegui y Guárico. (PDVSA-Intevep. 1997).

Descripción litológica: Conglomerados de grano fino y areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas y arcilitas generalmente moteadas con manchas grises, gris verdoso, amarillo, marrón, rojo, púrpura (Hedberg, 1950). Se encuentran también algunos intervalos de grano grueso, areniscas y limolitas blanquecinas, pulverulentas e intercalaciones de arcilita gris azulada, con restos de plantas (Hedberg, op. cit.). En el subsuelo de Guárico, consta de lutitas y arcilitas irregularmente estratificadas, típicamente abigarradas, en tonos de gris, verde, rojo, amarillo y morado, con algunas areniscas moteadas (Patterson y Wilson, 1953). El conjunto de minerales pesados característicos de esta unidad, corresponden a una suite verde (magnetita-ilmenita-zircón-turmalina-epídoto-zoisita); y menores cantidades de estauroлита y anfíboles sin diferenciar. (PDVSA-Intevep. 1997).

Kiser (1987) describió a la Formación Canoa en el Área de Machete como predominantemente arenas fluviales masivas, no consolidadas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Espesor: En la sección tipo tiene 100 m de espesor (Dusenbury, 1960). Según González de Juana, et al. (1980), varía de cero a varios cientos de metros. En el Campo Faja del Orinoco (área Machete), tiene un promedio 90 m (Escalona, 1985). La unidad se adelgaza hasta desaparecer al Sur, hacia el escudo de Guayana, así como hacia el Área de Hamaca. (PDVSA-Intevep. 1997).

Contactos: El contacto inferior es marcadamente discordante sobre una superficie aparentemente peneplanada, constituida por rocas ígneas y metamórficas del basamento, o localmente con las formaciones Hato Viejo y Carrizal. (PDVSA-Intevep. 1997).

El contacto superior es transicional y marca un cambio de facies predominantemente continental (Formación Canoa), a facies predominantemente marinas suprayacentes (Miembro La Cruz de la Formación Tigre). (PDVSA-Intevep. 1997).

Kiser (1997, comentarios enviados al CIEN) observa que la formación se acuña erosional y estratigráficamente contra el Escudo de Guayana, estando ausente en el Área de Cerro Negro, pero atravesando la parte Norte de las Áreas Hamaca, Zuata y Machete; aparentemente, se acuña estratigráficamente contra el Arco de El Baúl. (PDVSA-Intevep. 1997).

Fósiles: a excepción de restos de plantas no identificados (Hedberg, et al., 1947), no se conocen fósiles en la Formación Canoa. Van Erve (1985) reconoció palinomorfos (Zona de Tricolpites-Exesipollenites tumulus) en el subsuelo del área de Zuata (pozos NZZ-19X y NZZ-116X) en una secuencia de ambiente continental infrayacente al Miembro La Cruz (Formación Tigre), que aparentemente se identifica con la Formación Canoa. (PDVSA-Intevep. 1997).

Sinanoglu, (1984) describió palinomorfos del núcleo de un pozo Maraven en el Área Zuata, intervalo 1.272,5-1.278,6 m, ubicado a unos 5 m por encima del basamento Paleozoico, que comprenden 19 géneros y 33 especies no-marinos de flora, lo cual constituye la primera descripción reportada de microflora del Cretácico Temprano en Venezuela. Los palinomorfos identificados son: *Cicatricosisporites* spp., *Cyathydites* sp., *Concavisporites* sp., *Gleicheniidites apilobatus*, *Verracosisporites* sp. A, *Biretisporites* cf. *potoniaes*, *Dictyphyllidites equiximus*, *Contignisporites firmicatus*, *Leptolepitides verrucatus*, *Retitricolpites vulgaris*, *Lycopodiumsporites paleocenicus*, *Leptolepitides major*, *Foveotriletes* sp., *Klukisporites variegatus*, *Monosulcites* sp. A, *Cingulatisporites verrucatus*, *Sergipea naviformis*, *Coptospora* sp. A, C. sp. B, *Schizea reticulata*, *S. certa*, *Eucommidites* sp.

A, Hamulatiporis hamulatis, Velosporites sp. A, Calliasporites dampiere, Perotriletes pannuceus, Gnetaceaepollenites sp. A, Verrusiscoporites sp. B, G. sp. B, G. sp. C, G. sp. D, G. sp. E, Zonalapollenites sp. A, Retimonocolpites sp. A. (PDVSA-Intevp. 1997).

Edad: se considera Cretáceo medio (pre-Turoniense), debido a su posición infrayacente al Miembro La Cruz, de edad Turoniense Temprano-Cenomaniense, con el cual guarda relación concordante, y suprayacente a rocas Paleozoicas o Precámbricas en forma discordante (Hedberg, et al., 1947). De acuerdo a los palinomorfos arriba mencionados, Van Erve (1985) le asigna una edad Aptiense-Albiense. Sinanoglu (op. cit.) concluyó que la edad más probable para el anterior conjunto de fósiles es Aptiense-Albiense Medio, parte Temprano. (PDVSA-Intevp. 1997).

Correlación: se correlacionan cronoestratigráficamente con algunas de las formaciones del Grupo Sucre (Chimana, El Cantil y parte superior de Barranquín), de acuerdo a González de Juana, C (1980).

Paleoambientes: la presencia de conglomerados y restos de plantas, sugiere su depositación en ambientes continentales (Hedberg et al., 1947). Según Sinanoglu (op. cit.) el ambiente sedimentario es fluvial, probablemente de "point bar", en aguas llanas no-marinas "sub-arial", bajo clima árida y una topografía plana. (PDVSA-Intevp. 1997).

Sinonimia: los siguientes son términos equivalentes, ahora en desuso, de esta Formación: Miembro Inferior Abigarrado de la Formación Temblador (Hedberg et al., 1947) y Formación Abigarrada de Patterson y Wilson (1953). (PDVSA-Intevp. 1997).

### c) Formación Merecure

Referencia original: H. J. Funkhouser, L. C. Sass y H. D. Hedberg, 1948. p. 1870-1872.

Consideraciones históricas: Funkhouser et al. (1948) introdujeron el término Formación Merecure en el subsuelo de los campos petrolíferos de Anaco, para sustituir al término "Formación Periquito", que consideraron sinónimo innecesario debido a la reconocida equivalencia de "Periquito" con la "Formación" Merecure de Hedberg (1937-a, b, c) del afloramiento en Anzoátegui noroccidental. Hedberg (1947), en el área Mayor de Oficina, incluyó a Merecure en la parte basal de la Formación Oficina como las arenas "U". De Sisto (1960-d) notó lo anterior y revisó la sección tipo de la Formación Oficina (pozo Oficina-1) para definir el tope de la Formación Merecure en el tope de la Arena U-2, seguida actualmente por la mayoría de los geólogos De Sisto (1961-b) corroboró que las arenas de Merecure se extienden hasta el Campo Temblador. De Sisto (1972) describió al Grupo Merecure en el Campo La Vieja, indicando equivalencia con las Formaciones Naricual y Los Jabillos. (PDVSA-Intevep. 1997).

Peirson, (1965-a) analizó las relaciones estratigráficas regionales de la Formación Merecure, y llegó a la conclusión de que Merecure equivale a "Chaguaramas basal" (Kiser, 1987), la cual equivale a Naricual. (PDVSA-Intevep. 1997).

Para González de Juana et al., (1980) la Formación Merecure, en el sentido moderno es el equivalente lateral arenoso del Grupo Merecure, definido en la Serranía del Interior, restringida al subsuelo de la cuenca de Venezuela oriental. Campos et al. (1985), debido a la ausencia de facies de lutitas típicas de la Formación Areo, emplean el nombre de Formación Merecure en el Noreste de Anzoátegui

(campos La Vieja, La Ceiba, Cerro Pelado, Santa Rosa, Quiamare, etc.), para describir la secuencia penetrada por los pozos subyacentes a las formaciones Las Piedras, Capaya u Oficina, que suprayacen a la Formación Caratas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Arnstein, analizó los ciclos sedimentarios a través de las electrofacies y la bioestratigrafía, y establecieron la edad Oligoceno-Mioceno Temprano para la Formación Merecure, con la presencia de su "Zona Ciperensis" (Oligoceno) en pozos del área de Anaco y Santa Fé. En el área San Mateo-Anaco-Urica, Campos describieron la estratigrafía de la Formación Merecure, entre otras. (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: la localidad tipo está en pozos no especificados del campo de Santa Ana, en la región de Anaco, estado Anzoátegui. Una sección columnar fue ilustrada por Funkhouser et al. (1948, Fig. 4), donde muestran al perfil eléctrico del pozo AM-2 como "columna típica" del campo Santa Ana y, en su Figura-6, al perfil del pozo Guarío-3 del campo San Joaquín. (PDVSA-Intevep. 1997).

Descripción litológica: Funkhouser la formación se compone más del 50% de areniscas, de color gris claro a oscuro, masivas, mal estratificadas y muy lenticulares, duras, de grano fino a grueso, incluso conglomerática, con estratificación cruzada y una variabilidad infinita de porosidad y permeabilidad; el crecimiento secundario de cuarzo es común. Se separan por láminas e intervalos delgados de lutitas de color gris oscuro a negro, carbonáceas, irregularmente laminadas, algunas arcilitas ferruginosas y ocasionales lignitos. En general, la litología del subsuelo es similar a la del afloramiento. Se caracteriza por un conjunto mineralógico sencillo, aunque localmente el conjunto granate-cloritoide de la Formación Oficina se extiende a Merecure; brookita y anatasa son más abundantes que en Oficina. De Sisto (1972)

reportó la presencia de calizas orbitoidales en la base de su "formación Los Jabillos" al Oeste del Campo La Vieja. (PDVSA-Intevep. 1997).

Para Campos (1985) en el pozo La Vieja 1, el intervalo comprendido entre 1.870 y 4.210' de profundidad, representa a la unidad. El intervalo inferior (3.698-4.210') se caracteriza por el predominio de areniscas masivas, con algunas intercalaciones de capas delgadas de lutitas y una capa de lignito; las areniscas se presentan en paquetes de hasta 90' de espesor. En el intervalo comprendido entre 2.912 y 3.698', las lutitas y lignitos son más abundantes que en el intervalo inferior, mientras que en el intervalo 1.870-2.912', las areniscas se presentan en capas delgadas y los paquetes de lutitas llegan a alcanzar hasta más de 60' de espesor. (PDVSA-Intevep. 1997).

Hacia el Suroeste (campos La Ceiba y Santa Rosa), la parte superior de la unidad se hace más arenosa. En los registros eléctricos se observa la existencia de picos casi continuos en la curva de SP, mientras que la resistividad es alta, independientemente de la existencia o no de hidrocarburos. (PDVSA-Intevep. 1997).

Espesor: Funkhouser et al. (1948) mencionaron un espesor máximo de 520 m (1.900 pies), ilustrado en el registro eléctrico del pozo Guarío N° 3. Mencher et al. (1953) señalaron un espesor total de 494 m (1.800 pies) en el campo Toco. Según Campos et al. (op. cit.). El espesor de la unidad es de 2.340' en el pozo La Vieja 1 (tope erosionado), 2.162' en el pozo CG-18X y de aproximadamente 2000' en el Campo Santa Rosa. (PDVSA-Intevep. 1997).

La formación se adelgaza hacia el Sur hasta acunarse, por debajo de la Formación Oficina, en los límites Sur del Área Mayor de Oficina.

Extensión geográfica: la Formación Merecure es reconocida en el subsuelo de la subcuenca de Maturín, al Sur del frente de deformación y en los campos de Anaco. (PDVSA-Intevep. 1997).

Expresión sísmica: el tope de Merecure constituye un reflector regional en toda la cuenca, debido al contraste acústico entre las areniscas masivas (Merecure) y la alternancia de arenisca-lutita (Oficina). (PDVSA-Intevep. 1997).

La expresión de la unidad en los registros eléctricos, con picos casi continuos, muestra contraste marcado con los picos discontinuos de la Formación Oficina.

Expresión topográfica: la formación es una unidad netamente del subsuelo. (PDVSA-Intevep. 1997).

Contactos: se presume una marcada discordancia basal por encima del Grupo Temblador del Cretácico, que, sin embargo, no está bien documentada. El contacto superior con la Formación Oficina es de aparente concordancia, pese al marcado cambio litológico a ese nivel. Por consideraciones regionales, se presume que tanto el tope como la base de la Formación Merecure, se hacen más jóvenes hacia el Sur y reflejan el avance del mar de Oficina en esa dirección. (LEV II, 1970); González de Juana et al. (op. cit.). Para Campos et al. La Formación Merecure, en el Noreste de Anzoátegui, subyace concordantemente a las formaciones Oficina o Capaya y discordantemente a la Formación Las Piedras; el contacto inferior de la unidad, a pesar de la aparente concordancia sobre la Formación Caratas, representa un hiatus. Es probablemente de contacto transicional lateralmente con la parte inferior de la Formación Carapita.

Fósiles: en *Léxico Estratigráfico de Venezuela II* mencionan escasos foraminíferos arenáceos y abundantes restos de plantas en la Formación Merecure.

Campos, et al. (op. cit.) Mencionan la siguiente fauna en el pozo La Vieja-1X: el intervalo 1.870-2.500' corresponde a la parte inferior de la Zona Eggerella 3/7, mientras que el intervalo 2.500-4.210' representa la Zona Ammobaculites-Grupo 1. El intervalo 1.870-2.185' representa la Zónula Ostrácodo-40-Trochammina 5, y entre las especies figuran Ostrácodo 40, Trochammina laevigata y Milammina fusca. El intervalo 2.185-2.500' presenta Eggerella sp. aff. Eggerella scabra, Ammonia beccarii, Ammobaculites sp. aff. Ammobaculites salsus, Globigerina sp., Gasterópodos y Ostrácodos. El intervalo 2500-3085' contiene Quinqueloculina 9, Trochammina 5, Ammobaculites 1, Gasterópodos, Pelecypodos y Ostrácodos. Entre 3.655 y 3.685' aparece el Horizonte Textularia 18, caracterizado por Allorphina cf. 1, Discorbis sp., Globigerina 2, Lagena sulcata, Nonion 1, Textularia 18 y Trochammina sp. (PDVSA-Intevep. 1997).

Edad: Arnstein et al. Plantean que la Formación Merecure, del flanco Sur de la subcuenca de Maturín, es de edad Mioceno Medio, mientras que en la región Noreste, la unidad equivalente es Oligoceno y está representada por las formaciones Los Jabillos, Areo y Naricual. (PDVSA-Intevep. 1997).

En el Léxico Estratigráfico de Venezuela, se le asigna una edad Oligoceno a Mioceno Temprano, sin mayores explicaciones. González de Juana, C (1980), en base a consideraciones regionales, admiten que la unidad se hace más joven hacia el Sur Campos et al. (op. cit.), por consideraciones regionales y su equivalencia lateral con el conjunto de las formaciones Los Jabillos, Areo y Naricual, proponen una edad Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano para la Formación Merecure, dejando abierta la posibilidad de que se haga más joven hacia el Sur. Cabrera y Di Gianni (1994) indicaron la edad Mioceno Temprano para el intervalo Merecure-Oficina. (PDVSA-Intevep. 1997).

Correlación: Litológicamente la Formación Merecure es diacrónicamente correlativa del Grupo Merecure del flanco Norte de la cuenca, pero la Formación Areo, integrante de este grupo, desapareció hacia el Sur por acuñaamiento, al perder las aguas la necesaria profundidad. Cronoestratigráficamente, las formaciones Merecure, Oficina y parte inferior de Freites, son correlativas de la Formación Carapita. (PDVSA-Intevep. 1997).

La Formación Merecure de los campos de Anaco se correlaciona con confianza por electrofacies, a través de los pozos de Chaparrito, Guárico-9.1, Las Ollas, Aníbal, Retumbo y el Campo Ipire-7 con la parte basal de la Formación Chaguaramas, y esta a su vez, se correlaciona con las Formaciones Naricual/Quebradón del piedemonte de Guárico y de la localidad tipo de Naricual. Por lo tanto, la Formación Merecure del flanco Sur de la subcuenca de Maturín se correlaciona aproximadamente con la Formación Naricual del flanco Norte, lo cual indica que la Formación Los Jabillos está sobrelapada por Naricual desde el Norte hacia el Sur. Según la interpretación de De Sisto (1972), los 183 m inferior de "Merecure" pertenecen a la Formación Los Jabillos, y los 610 m superiores a la Formación Merecure sensu stricto. Como clástico basal de la transgresión regional del Eoceno Tardío-Mioceno Temprano, es equivalente estratigráfico del Miembro Arauca de la Formación Guafita del Estado Apure y con la Formación Carbonera de la Cuenca de Maracaibo. (PDVSA-Intevep. 1997).

Paleoambientes: según el LEV, la sedimentación de la Formación Merecure ocurrió en aguas dulces a salobres. Campos et al. (op. cit.) Interpretan un ambiente variable de lagunas y aguas salobres a francamente marinas. El ambiente es típico de clásticos basales transgresivos depositados por corrientes fluviales entrelazadas y, en posición más distal, por condiciones deltaícas. Las areniscas se orientan preferencialmente en sentido aproximadamente Norte – Sur. En el subsuelo del

campo de Onado, el ambiente sedimentario de la Formación Merecure parece ser deltaico, del lado continental del delta. (PDVSA-Intevep. 1997).

Importancia económica: la Formación Merecure representa, junto con la Formación Oficina, las principales unidades productoras de hidrocarburos en la Cuenca Oriental. (PDVSA-Intevep. 1997).

Sinonimia: Periquito.

#### d. Formación Oficina

Referencia original: H. D. Hedberg, L. C. Sass y H. J. Funkhouser, 1947, p. 2107-2108.

Consideraciones históricas: Hedberg et al. (1947) fueron los primeros en publicar el nombre de la Formación Oficina. Funkhouser et al. (1948) diferenciaron siete miembros dentro de esta formación, en el área de Anaco. Hedberg (1950) incluyó la Formación Oficina dentro del Grupo Santa Inés. Mencher et al. (1951, 1953) reconocieron la Formación Oficina en el campo petrolero de Temblador. Taylor (1962) propuso la subdivisión de la Formación Oficina en los Miembros Mamey, San Isidro y Unare. Campos et al. (1985) emplearon el nombre Formación Oficina, para designar los sedimentos miocenos de plataforma que existen en el área de Quiamare, los cuales habían sido incluidos por otros autores, dentro de la Formación Capiricual. Arnstein et al. (1985) destacan que la Formación Oficina de los campos de Anaco y de la subcuenca de Maturín, pertenecen a ciclos sedimentarios diferentes, por lo cual no debe utilizarse un solo nombre formacional. Audemar et al. (1985) se refieren a la Formación Oficina de la Faja Petrolífera del Orinoco. (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: La sección tipo se encuentra en el pozo Oficina N° 1 (OG-1), ubicado en el Distrito Freites, estado Anzoátegui. (PDVSA-Intevep. 1997).

Descripción litológica: Hedberg et al. (op. cit.) Describen la Formación Oficina como "una alternancia de lutitas grises, gris oscuro y gris marrón, intercaladas e interestratificadas con areniscas y limolitas de color claro y grano fino a grueso. Componentes menores, pero importantes de la unidad, son las capas delgadas de lignitos y lutitas ligníticas, arcilitas verde y gris claro, con esférulas de siderita, areniscas siderítico-glauconíticas y calizas delgadas con estructuras cono en cono. El material carbonoso es común, y en algunos pozos pueden encontrarse hasta 40 ó 50 capas de lignito, que varían desde pocos centímetros hasta 60 cm de espesor y que son de considerable valor en las correlaciones. Muchas de las areniscas pueden ser llamadas asperones, otras son conglomeráticas, con guijarros de cuarzo y ftanita. En general, las areniscas se hacen más abundantes, de mayor espesor y de grano más grueso hacia la base de la formación. Un conjunto de minerales pesados granate-cloritoide, caracteriza la formación en la parte occidental del Área Mayor de Oficina; sin embargo, el cloritoide disminuye con la profundidad y hacia el Este, y así en la parte oriental del Área Mayor de Oficina, este conjunto granate - cloritoide es reemplazado por el conjunto granate - estaurolita con abundante ilmenita. (PDVSA-Intevep. 1997).

La Formación Oficina del área de Anaco tiene más lutitas que en el área tipo (Funkhouser et al.; op. cit.). La Formación Oficina, del área mayor de Temblador, es más arenosa que en los campos de Anaco y Área Mayor de Oficina, por su mayor cercanía al borde Sur de la cuenca (González de Juana et al., 1980). Las características y naturaleza sedimentaria de las arenas de Oficina, han sido descritas y analizadas por Passega (1953, 1954), Probst (1953), Passega et al. (1958) y Alberding et al. (1958). Banks (1958) indicó que los lignitos constituyen un elemento característico de la unidad, alcanzando un promedio de 2% del volumen total en

Anzoátegui central. El número de las capas de carbón varía desde 75 en el Área Mayor de Oficina, hasta 120 en el Área de Anaco. Audemar et al. (1985) describen la Formación Oficina de la Faja Petrolífera del Orinoco, dividiéndola en tres unidades: la Unidad I (Miembro Morichal del Área de Cerro Negro; Formación Oficina Inferior en Zuata) caracterizada por areniscas masivas progradantes y la intercalación de lutitas y areniscas transgresivas; la Unidad II (Miembro Yabo del Área de Cerro Negro; Formación Oficina Media en Zuata) representa una secuencia lutítica con intercalaciones ocasionales de areniscas y limolitas; la Unidad III (miembros Jobo y Pílon del Área de Cerro Negro; Formación Oficina Superior de Zuata) es una secuencia predominantemente arenosa. (PDVSA-Intevep. 1997).

Espesor: en el área tipo, el espesor de la Formación Oficina varía de 2000 a 4000' (Hedberg et al., op. cit.). En los campos de Anaco varía entre 7.800 y 10.600' (Funkhouser et al., op. cit.). El espesor de la unidad en el área de Temblador es de 600', que aumenta hacia el Oeste (Mencher et al., 1951). Según González de Juana et al. (1980, op. cit.), el espesor de la Formación Oficina aumenta desde los bordes de la cuenca hacia su eje: 220-275 m en Temblador, 600 a más de 1400 m en el área mayor de Oficina, más de 2000 m en Anaco y unos 1000 m en Anzoátegui nororiental. Campos et al. (1985, op. cit.) Mencionan que el espesor de la Formación Oficina en el área de Anaco, es de unos 6550', el cual disminuye hacia Cerro Pelado, por efectos de la erosión ocurrida antes de la sedimentación de la Formación Las Piedras.

Extensión geográfica: la Formación Oficina ha sido reconocida en el subsuelo de los Estados Anzoátegui y Monagas, formando parte de las unidades de la cuenca oriental. Aflora en la superficie de los domos de Santa Ana y San Joaquín y en las cercanías del campo Cerro Pelado. (PDVSA-Intevep. 1997).

Contactos: el contacto inferior de la formación puede ser discordante sobre unidades cretácicas (Hedberg et al., op. cit.) o más antiguas (Audemar et al., op. cit.),

así como también, concordante sobre la Formación Merecure (Funkhouser et al., op. cit.). Arnstein et al. (op. cit.) Reconocen en el pozo SFV-9, al Sur del corrimiento de Anaco, la existencia de una discordancia dentro de un intervalo asignado a la Formación Oficina; consideran que dicha discordancia, separa dos ciclos sedimentarios diferentes representativos del Mioceno Medio y del Oligoceno; proponen, además, que la Formación Oficina descansa concordantemente sobre la Formación Merecure en los pozos Mata 11-14 y Mata 5-174 de la subcuenca de Maturín. (PDVSA-Intevep. 1997).

El contacto superior de la Formación Oficina con la Formación Freites, ha sido definido como concordante, por la mayoría de los autores. Campos et al. (op. cit.) proponen que en el campo Quiamare, la Formación Oficina subyace concordantemente a la Formación Quiamare; en el campo de Cerro Pelado está discordante bajo la Formación Las Piedras, mientras que en la mayor parte del Área de Anaco, su tope es concordante con la base de la Formación Freites. (PDVSA-Intevep. 1997).

La Formación Oficina pasa lateralmente a la Formación Carapita y a la parte media y superior de la Formación Chaguaramas. (González de Juana y C. 1980).

Fósiles: Funkhouser et al. (op. cit.) Reconocieron los géneros titulares de las zonas informales: Bolivina, Operculinoides, Robulos, Elphidium, Rotalia y Buliminella, los cuales permiten deducir el ambiente sedimentario de la formación, Sulek (1961) indicó que el tope de la Formación Oficina coincide con la extinción del índice zonal de Globorotalia fohsi. El genero Globigerinoides (foraminífero planctónico), fue descrito originalmente dentro de esta formación (Bolli, 1962). Germeraad et al. (1968), dentro de su zonación del área del Caribe, establecieron que la Formación Oficina del pozo OG-2 corresponde a las zonas Multimarginites vanderhammeni, Psiladiporites mínimus y Jandoufouria seamrogiformis. Campos et

al. (op. cit.) mencionan que muy cerca del tope del Miembro Verde (nomenclatura informal de Meneven-Corpovent), en el pozo RG-195 S (campo Santa Rosa), se encontró el nannofósil *Helicosphaera ampliapertura*; igualmente, consideran que la parte inferior de Oficina corresponde a las zonas *Globorotalia peripheroronda* y *Praeorbulina glomerosa*, de la zonación de Stainforth et al. (1975). Audemar et al. (op. cit.) dentro de la Unidad II, en los pozos MA-107 y CNX-5 del área Cerro Negro, indican la presencia del nannofósil *Discoaster exilis*; en el pozo CNX-1, dentro de la misma unidad, mencionan la presencia de *Globorotalia fohsi fohsi*; igualmente, y de la misma unidad en los pozos MFA-1S, MA-107, SE-2, SE-14, SE-12 y PCN-7, destacan la presencia del palinomorfo *Verrutricolporites rotundiporis*; esta misma zona de palinomorfos fue encontrada dentro de la Formación Oficina Inferior del área de Zuata. Arnstein et al. (1985) mencionan la presencia de las zonas de foraminíferos planctónicos *Globorotalia fohsi lobata-robusta* y *Globigerina ampliapertura* (zonación de Stainforth, 1975), dentro de intervalos asignados a la Formación Oficina en el pozo SFV-9; igualmente, en la Formación Oficina del pozo RZ-50 S, señalan la existencia de las zonas de Stainforth et al. (1975) *Globigerinatella insueta*, *Globorotalia kuglieri* a *Catapsydrax stainforthi* y *Globorotalia opima opima* a *Globigerina ciproensis*. Lorente (1986) reconoce las zonas de palinomorfos *Verrutricolporites*, *Psicadiporites* y *Crassoretiletetes* en los intervalos de la Formación Oficina de los pozos Oficina 1 (OG-1X), NZZ-154X, NZZ-159X, Panchita 1X y Pariaguán-1X. Muller et al. (1987; 1985, Tabla I) y siguiendo su zonación para el Norte de América del Sur, distinguen dentro de la formación, las siguientes zonas de palinomorfos: Zona 26 (*Verrutricolporites rotundiporis* - *Echidiporites barbeitoensis*); Zona 27 (*Echitricolporites maristellae* - *Psiladiporites minimus*) y Zona 28 (*Crassoretiletetes vanraadshooveni*). (PDVSA-Intevep. 1997).

Edad: Hedberg et al. (1947) la consideran del Oligoceno-Mioceno. Funkhouser et al. (op. cit.) Postulan que la edad de la Formación Oficina va desde el Oligoceno

medio, al Mioceno medio. Sulek (1961) considera que el tope de Oficina corresponde al Mioceno medio. Germeraad et al. (1968) consideran que la Formación Oficina del pozo OG-2, es de edad Mioceno inferior a medio. Campos et al. (1985) postulan una edad Mioceno inferior a medio para la Formación Oficina, en el Noreste de Anzoátegui. Arnstein et al. (1985) mencionan que Oficina y Carapita superior, constituyen las unidades litoestratigráficas representativas del Mioceno medio, al Sur del corrimiento de Anaco (pozo SFV-9), mientras que la llamada Formación Oficina al Norte de dicho corrimiento (campos de Anaco), pertenece a otro ciclo sedimentario y es de edad Mioceno inferior, tal como ocurre en el pozo RZ-50 S. Audemar et al. (1985) señalan que el pico máximo de transgresión observado en la Unidad II de la Faja Petrolífera del Orinoco, tiene una edad Mioceno medio temprano, mientras que los clásticos basales de la Unidad I, pudiesen corresponder a la parte superior del Mioceno inferior. Lorente (1980) asigna una edad Mioceno inferior a medio para la Formación Oficina, en varios pozos de la cuenca oriental. Muller et al. (1987; 1985, Tabla I) y Campos et al. (1988), concuerdan en que la Formación Oficina pertenece al Mioceno inferior y medio. (PDVSA-Intevep. 1997).

Correlación: las publicaciones antiguas (Hedberg et al., 1947; Funkhouser et al., 1948; Hedberg, 1950) relacionaban la Formación Oficina con parte de la Formación o Grupo Santa Inés del Norte de Anzoátegui, y con parte de la Formación Brasso de Trinidad. La Formación Oficina se correlaciona por transición lateral directa con las formaciones del Mioceno inferior y medio, depositadas en diferentes sectores de la cuenca: parte media y superior de la Formación Chaguaramas (subcuenca de Guárico), la combinación de las formaciones Capiricual y Quiamare (Norte de Anzoátegui) y gran parte de la Formación Carapita (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970; González de Juana et al., 1980; Campos et al., 1985). Arnstein et al. (1985), niegan la correlación de lo que se llama Formación Oficina al Norte y al Sur del corrimiento de Anaco; consideran, además, que la Formación Oficina correlaciona con la parte superior de la Formación Carapita. La Formación Oficina de

Zuata y Cerro Negro correlaciona con las unidades I, II y parte de la III descritas por Audemar et al. (1985) en la Faja Petrolífera del Orinoco. (PDVSA-Intevep. 1997).

Paleoambientes: para Hedberg et al. (1947) la sedimentación de la Formación Oficina se inicia en condiciones de aguas dulces o salobres, continuando con repetidas alternancias de ambientes marinos someros, salobres y pantanosos; en general, las condiciones se hacen más marinas de Oeste a Este y de Sur a Norte. Funkhouser et al. (1948, Passega (1953, 1954), Probst (1953), Passega et al. (1958) y Alberding et al. (1958), concuerdan con dichas condiciones de sedimentación. González de Juana et al. (1980) y Méndez (1985), consideran que la Formación Oficina se sedimentó en un inmenso complejo fluvio-deltaíco, donde son comunes las arenas lenticulares y de relleno de canales de ríos. Campos et al. (1985) establecen que la Formación Oficina del Norte del corrimiento de Anaco, se acumuló en condiciones marinas marginales a neríticas, con una mayor influencia marina en la parte media. Para Audemar et al. (1985) La parte inferior de la Formación Oficina se inicia con una progradación (relleno de paleotopografía) seguida por una transgresión (sistema playa-isla de barrera); posteriormente, se establecen condiciones de costa afuera en las áreas de Cerro Negro y Hamaca, mientras que hacia Zuata, prevalecieron ambientes más restringidos influenciados probablemente por mareas; la formación termina con la instalación de un delta progradante. Para Campos et al. (1988), el ambiente sedimentario de la llamada Formación Oficina en el Norte del Área Mayor de Oficina, puede resumirse como repeticiones de ciclos caracterizados por transgresiones marinas, asociadas a caídas del nivel del mar, y progradaciones de la plataforma. (PDVSA-Intevep. 1997).

Importancia económica: las arenas de la Formación Oficina, constituyen los principales yacimientos petrolíferos en la mayoría de los campos de la Cuenca Oriental. Las lutitas de la unidad han sido consideradas por algunos autores, como posible roca generadora de hidrocarburos. (PDVSA-Intevep. 1997).

Sinonimia: Oficina, Arenas "A" a "U"; Oficina, Arenas "1" a "13".

e. Formación Freites

Referencia original: H. D. Hedberg, L. C. Sass y H. J. Funkhouser, 1947, p. 2105-2107.

Consideraciones históricas: Hedberg et al. (1947) introdujeron el nombre, para designar el conjunto de sedimentos arcillosos de edad miocena, en el subsuelo del campo petrolero Oficina, Distrito Freites del Estado Anzoátegui. De Sisto (1961-a) describió la formación y sus relaciones estratigráficas sobre el flanco Sur de la cuenca, anotó las desviaciones de la litología típica de Hedberg et al. (op. cit.), la correlacionó con la parte basal de La Pica (Zonas C a F). Sulek (1961) estableció su correlación con las formaciones Carapita y la Pica, al Norte de Monagas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Audemard et al. (1985) y Jam y Santos, (1987) señalan el cambio litológico de la formación en el sector Cerro Negro de la Faja Petrolífera del Orinoco, al Sur de Monagas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: la sección tipo es aquella penetrada por los pozos del campo Oficina, Distrito Freites del estado Anzoátegui. (PDVSA-Intevep. 1997).

Descripción litológica: en la localidad tipo, Hedberg et al. (op. cit.) Describen lutitas físciles verdes a gris verdoso, con areniscas en el tope y la base, que permiten la subdivisión de la unidad en tres intervalos: un intervalo superior de unos 100 m, con capas delgadas de areniscas arcillosas de grano fino, de color blanco verdoso, algo glauconíticas y muy persistentes lateralmente. Un intervalo predominantemente lutítico, y un intervalo inferior de aproximadamente 100 m de lutitas intercaladas con

areniscas verde-amarillentas, de grano medio a grueso, glauconíticas, calcáreas o sideríticas y muy fosilíferas. En las lutitas, a través de toda la formación, son frecuentes concreciones amarillentas, calcáreo-ferruginosas. Hedberg et al. (op. cit.) Dieron los nombres informales de Sigma y Rho, a las arenas más prominentes del intervalo superior y Mu y Lambda, a las del intervalo inferior. Funkhouser et al., (1948) describen la formación en los campos de Anaco, basándose en la sección penetrada en el pozo GR-1, y la dividen en un intervalo superior de 346 m, no fosilífero, en el cual, además de las lutitas y areniscas grises a gris verdosas, señalan capas de guijarros de ftanita y arcilitas rojas y abigarradas; un intervalo medio de 172 m de lutitas y areniscas gris verdoso, con gravillas fosilíferas y un intervalo inferior de 161,5 m de conglomerados de ftanita negra, gravillas fosilíferas, calizas arenosas y lutitas gris-verdoso. (PDVSA-Intevep. 1997).

En su estudio regional, De Sisto, (1961) mencionó que la división tripartita de Hedberg et al. no se sostiene regionalmente. Este autor notó tres cambios significantes en Freites hacia el Este: 1) las partes arenosas cambian a lutitas (e. g., Aceital-2); 2) el típico color verdoso se interdigita casi totalmente con el color gris (típica de la Formación La Pica); 3) en el área de Onado-1, el área Aceital y Sotil-1, los conjuntos paleontológicos de Freites están fuertemente influenciados por fauna de La Pica inferior, conjuntamente con el cambio en el color de las lutitas. Freites retiene sus fauna características en toda la parte Norte del área estudiada (nivel Este - Oeste de Oritú - Mata). (PDVSA-Intevep. 1997).

Jam y Santos, (1987) observaron que la formación se vuelve mas arenosa en cuanto mas se adelgaza en el área Cerro Negro de la Faja Petrolífera del Orinoco. Las variaciones verticales en el contenido de arcilla, lutita, limo y siderita permiten una correlación extraordinaria, sobre la mayor parte del flanco Sur de la cuenca, por variaciones en la curva de resistividad amplificada de los perfiles eléctricos. (PDVSA-Intevep. 1997).

Espesor: Hedberg et al. Mencionaron espesores de 335 m a 610 m desde el campo Yopales hacia los campos de Guara Oeste, Nipa y Leona Norte. Funkhouser et al. (1948) reportaron un espesor de 792 m en la carretera de Aragua de Barcelona. En el Área Cerro Negro, la formación se reduce desde 550 m en el Norte a 73 m en el Sur. (PDVSA-Intevep. 1997).

Extensión geográfica: La Formación Freites se extiende, en el subsuelo, a través de todo el flanco Sur de la Subcuenca de Maturín casi hasta el río Orinoco. Funkhouser et al. (1948) afirmaron que aflora en los domos de Santa Ana y San Joaquín del Área de Anaco y en una faja amplia al Oeste del campo Santa Ana y al Norte hasta Aragua de Barcelona. (PDVSA-Intevep. 1997).

Expresión sísmica: Típicamente, se presenta como un intervalo "opaco" en los perfiles sísmicos. (PDVSA-Intevep. 1997).

Expresión topográfica: En las pocas áreas donde aflora, mantiene una topografía baja, sin relieves significantes. (PDVSA-Intevep. 1997).

Contactos: La Formación Freites suprayace concordantemente a la Formación Oficina en casi toda su extensión, excepto en el área de Anaco, donde se presenta una discordancia. En esa región, en los domos de Santa Ana y San Joaquín, y en una amplia franja al Oeste del campo. Santa Ana, la formación aflora, estando en contacto discordante sobre la Formación Quiamare (González de Juana y C. 1980).

Hacia el tope, la Formación es concordante con la Formación Las Piedras suprayacente. El contacto superior se identifica con el tope del mas alto nivel marino de Freites; el contacto inferior se ubica en el cambio de color de gris o gris marronusco de Oficina al color verdoso de Freites (Hedberg et al., 1947). De Sisto, (1961) correlaciona este tope hacia el Noreste hasta el Campo Oritú, pero reconoció

que, hacia el campo Temblador, Las Piedras basal es lutítica, por lo cual se dificulta la ubicación del contacto. Este autor postuló la posibilidad de que el contacto Freites-Las Piedras sea discordante en el área Oritú-Temblador.

Funkhouser, (1948) observaron que Las Piedras (Sacacual) sobrelapa discordantemente a Freites en el área de Anaco. De Sisto (1961-c) mostró y discutió el contacto fuertemente discordante y angular de Freites intermedia sobre Oficina en el flanco Sureste del domo Guárico del área de Anaco.

Fósiles: Funkhouser et al. (1948) reportaron especies de los moluscos de agua marino somero en el pozo RG-1 del Campo Santa Rosa: Chione, Chlamys, Tellina, Corbula, Anomia y otras. La extinción de *Globorotalia fohsi* en el tope de la Formación Oficina, indica según Sulek (1961), que Freites pudiera corresponder a la zona de *Globorotalia manardii*. Van Der Bold (1964), describió especies de ostrácodos, entre ellos *Costa Variabilocostata*, *Cytherides bronnimanni*, *Baslerites minutus*, entre otros. (PDVSA-Intevep. 1997).

Van Der Bold, (1972) identificó los siguientes ostrácodos en la Formación Freites del pozo Oficina-7: *Bairdia* sp., *Cyprideis pascagoulaensis*, *Costa variabilocostata*, y en La Freitera-1: *Argilloecia* sp., *Cytheridea? Bronnimanni*, *Costa variabilocostata*, *Puriana* sp., *Buntonia guntheri*, *Cytheretta* sp., *Basslerites cuspidatus*, *B. minutus* y *Cytheropteron subreticulatum*. Macsotay (fide Jam y Santos op. cit.) al examinar muestras colectadas en el sector Cerro Negro de la Faja Petrolífera del Orinoco identificó micromoluscos como *Cuneocorbula cercadica*, *Casinella midiensis*, *Strioterebrum zapotaliensis* y *Microdilia trina* y el branquiópodo *Capularia cabariensis*. (PDVSA-Intevep. 1997).

De Cabrera y Di Gianni, (1994) ubicaron a Freites en las zonas planctónicas *Globorotalia fohsi robusta* y *G. siakensis* (N-13/N-14) y las zonas de nannoplancton

Discoaster exilis y D. kugleri (NN-7/NN-8). En la Faja Petrolífera del Orinoco, Isea (1987, p. Figura-2) mostró a unidad IV (Freites) en las zonas planctónicas Globorotalia lobata/G. robusta (N-12/N-13) o, según Audemard et al. (1985), ligeramente encima de la zona Globorotalia fohsi fohsi, es decir las zonas Globigerinoides ruber o Globorotalia menardii. (PDVSA-Intevep. 1997).

Edad: los datos de Sulek (op. cit.) ubican a Freites en el Mioceno Medio, llegando posiblemente al Mioceno Tardío (Zona Globorotalia menardii). Las zonaciones de Cabrera y Di Gianni (1994), Isea (1987) y Audemard et al. (1985) ubican a la formación en el Mioceno Medio, zonas G. fohsi robusta a G. siakensis (zonas N-12/N-14). Los ostrácodos indican al Mioceno Medio tardío, también. Los microfósiles reportados por Jam y Santos (1987) pertenecen también al tope del Mioceno Medio-base del Mioceno Tardío. (PDVSA-Intevep. 1997).

Correlación: De Sisto (1960, 1961) concluyó que, en el área Oritú-Temblador, la Formación Freites "es esencialmente equivalente a la Formación La Pica inferior, o capas equivalentes en edad a las zonas "C", "D", "E" y "F" de su sección suplementaria de La Pica. Sulek (1961) correlacionó a Freites con la parte mas superior de la Formación Carapita y con el tercio inferior de la Formación La Pica. (PDVSA-Intevep. 1997).

Regionalmente, la Formación Freites es crono-equivalente aproximado de la parte superior de la Formación Quiamare, de las formaciones Cumaca-Aramina del Área del Tuy, las formaciones Isnotú, Cuiba-Los Ranchos y La Puerta de la Cuenca de Maracaibo, las formaciones Socorro-Caujarao de la Cuenca Falcón, la parte media de la Formación Parángula de la Cuenca de Barinas y las formaciones Tamana-Lengua de Trinidad. (PDVSA-Intevep. 1997).

Paleoambiente: en la mayor parte de la cuenca, la Formación Freites representa en general un ambiente marino somero en su proporción inferior, pasando a ambientes de aguas algo más profundas en la parte media. La parte superior corresponde de nuevo a ambientes de aguas llanas. Hedberg y Sass, 1936 (fide De Sisto, 1961, p. 101), para explicar los cambios de color y de fauna hacia el Norte y Noreste, postularon un ambiente estancado y ligeramente ácido por debajo del nivel de oleaje. El ambiente sugerido por los ostrácodos es infralitoral, llegando a litoral. En el área Cerro Negro, la fauna es de ambiente transgresivo marino costero. Audemard et al. (1985) identifican a la Formación Freites con su Unidad IV, la cual representa "el pico máximo de la segunda transgresión mayor del Mioceno". El carácter de la formación es nerítico. Hacia el margen Sur de la Cuenca, en el sector Cerro Negro de la Faja Petrolífera del Orinoco, la Formación Freites disminuye de espesor al paso que se hace muy arenosa, al extremo que en los pozos más arenosa, al extremo que en los pozos más meridionales del área, se hace difícil su diferenciación de las formaciones Oficina y Las Piedras. En dicho sector, el ambiente de sedimentación es de tipo litoral, según la fauna de moluscos. (PDVSA-Intevep. 1997).

Importancia económica: las lutitas y arcillas de la formación constituyen el sello principal de los reservorios petrolíferos de la Formación Oficina en el área Mayor de Oficina, y contienen, en la parte inferior, arenas productoras de hidrocarburos en algunos campos de la parte media y Sur de esa área. (PDVSA-Intevep. 1997).

Sinonimia: los nombres Punche y Aragua fueron invalidados por Salvador (1964-b) y Hedberg (1950), respectivamente. (PDVSA-Intevep. 1997).

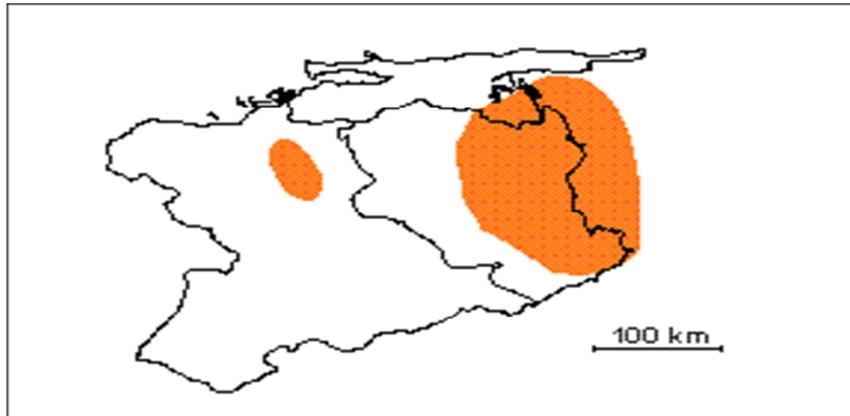


Figura 2.9 Extensión geográfica de la Formación las Piedras.  
(PDVSA-Intevep. 1997).

#### f. Formación Las Piedras

Referencia original: C. González de Juana, 1946, p. 16.

Consideraciones históricas: el término fue establecido por Hedberg y Sass en un informe privado de la Mene Grande Oil Co. en 1936, quienes describieron la sección tipo original en el Pozo Las Piedras N° 1. La primera referencia publicada de la Formación Las Piedras es de González de Juana (1946). Hedberg (1950) describió la formación como parte del Grupo Sacacual. Hadley (1956) y De Sisto (1961) describieron los miembros Caicaito y Prespantal, en base a informes inéditos de geólogos de la Mene Grande Oil Co., Salvador (1961) recomendó la adopción del nombre Formación Las Piedras, y el rechazo del término Grupo Sacacual y de las formaciones Algarrobo, Pando y Campo Santo, hasta entonces usadas como correlativas o sinónimos de Las Piedras. (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: pozo Las Piedras N° 1, de la antigua concesionaria California Petroleum Corp., entre 275 y 1280 m (González de Juana, 1946, p. 16), y el intervalo 488-1372 m (aproximadamente 1600 m-4500 m). (PDVSA-Intevep. 1997).

Descripción litológica: en la localidad tipo, la Formación Las Piedras consiste en areniscas micáceas, friables, de grano fino y colores gris claro a gris verdoso, interlaminada con lutitas gris a verdoso, arcillitas sideríticas, grises, lutitas ligníticas y lignitos (Hedberg (1950). También se encuentran algunas calizas arenosas duras y de color verde. González de Juana (*op. cit.*) mencionó un conjunto mineralógico más complejo que el de la Formación Mesa, con abundante andalucita, biotita, clorita, cloritoide, kyanita y corundum y, menos abundante, granate, glaucofano, hornblenda, epidota, estauroлита, sillimanita, muscovita y titanita. (PDVSA-Intevep. 1997).

El Miembro Basal Prespuntal, en su localidad tipo, entre los km 67 y 70 de la carretera de Puerto La Cruz a San Tomé, entre San Mateo y Cantaura, contiene en su parte inferior areniscas conglomeráticas que pasan hacia arriba a areniscas laminadas, ferruginosas con limolitas y arcillas pardo-rojizas moteadas. En la parte superior predominan arcillas pardo-rojizas yesíferas, con ocasionales capas de arenisca en capas delgadas. El Miembro Caicaito, localizado entre los km 73 y 79 de la misma vía, consiste principalmente en arcillitas y limolitas gris azulado, que meteorizan a colores pardos, con intercalaciones de areniscas laminares localmente duras y calcáreas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Espesor: en la sección tipo, la formación tiene 1005 m de espesor, el cual aumenta hacia el eje de la Cuenca de Maturín, hasta un máximo probable de 1370 m (L.E.V., 1970). Hacia los flancos de la cuenca, el espesor disminuye aproximadamente a la mitad. En cuanto a los Miembros Prespuntal y Caicaito, sus espesores en el área tipo San Mateo-Cantaura, son de 457 y 305 m, respectivamente. (PDVSA-Intevep. 1997).

Según Hedberg, (1950) 884 m en el pozo tipo, 460 m en los afloramiento de Anzoátegui hasta 1.525 m en pozos del eje de la cuenca. De Sisto (1961-c, Figura-6) mostró algunas 2.286 m de "Mesa-Sacacual" en el eje de la cuenca. Barnola (1960) reportó un espesor que varia entre cero y 2.400 m en el Campo Pedernales. (PDVSA-Intevep. 1997).

Extensión geográfica: la formación aflora en la porción septentrional de los estados Anzoátegui y Monagas. En el subsuelo se extiende al Este hasta Pedernales, Territorio Delta Amacuro y golfo de Paria. Hacia el Sur, llega a las cercanías del río Orinoco en la faja petrolífera. (PDVSA-Intevep. 1997).

Expresión sísmica: reflexiones de cierta amplitud y regular asistencia. (PDVSA-Intevep. 1997).

Expresión topográfica: terreno plano o de suaves ondulaciones. (PDVSA-Intevep. 1997).

Contactos: en la parte Norte de la cuenca de Maturín, la Formación Las Piedras es concordante sobre la Formación La Pica. En el borde Norte de la cuenca, la formación traslapa los límites de La Pica y yace con fuerte discordancia angular sobre unidades del Mioceno al Cretácico. En el flanco Sur de la cuenca, yace concordantemente sobre la Formación Freites. En el Área Mayor de Oficina, el contacto ha sido establecido en la base de la Arena Tau, nombre aplicado localmente a la arena basal de la formación. En general, se emplea el criterio de fijar el contacto donde aparezcan las primeras capas de ambiente marino de la Formación Freites. En el extremo Sur de la cuenca, ya cerca del río Orinoco, la formación yace posiblemente sobre el basamento ígneo metamórfico, al desaparecer la Formación Freites por acuñamiento. (PDVSA-Intevep. 1997).

En el lineamiento de los campos petroleros de Tacat-Santa Bárbara-Jusepín, Las Piedras aparenta descansar concordantemente sobre la Formación La Pica, y discordantemente sobre Morichito y Carapita al Norte del acuífero La Pica (Carnevali, 1988). Hacia Delta Amacuro, la parte superior de Las Piedras se confunde con la parte inferior de la Formación Paria. (PDVSA-Intevep. 1997).

Fósiles: en general, la Formación Las Piedras carece de fósiles. González de Juana (*op. cit.*) mencionó solo algunos foraminíferos arenáceos y algunos ejemplares del molusco *Corbicula*. Los fósiles se limitan a restos de peces y de plantas, algunos moluscos de agua dulce o salobre y algunos foraminíferos (Hedberg, p.1207). Hedberg, (1947) mencionan muy raros ejemplares de *Quinqueloculina fusca* Brady, además de restos de peces, tenazas de cangrejos y plantas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Edad: González de Juana la colocó en el Plioceno, basado en su posición estratigráfica discordante encima de la "formación Punche" (Freites) de edad "decididamente Mioceno Tardío". Los pocos fósiles y sus relaciones estratigráficas indican la edad de Mioceno Tardío a Plioceno. (PDVSA-Intevep. 1997).

Correlación: Las Piedras (parte superior) es parcialmente equivalente a las Formaciones Quiriquire y (parte inferior) a la Formación La Pica. En Trinidad, las unidades equivalentes son las formaciones Taipero y parte superior de Springdale (área Norte) y Erin y Morne l' Enfer. (PDVSA-Intevep. 1997).

Paleoambientes: aguas dulces a salobres según Hedberg (*op. cit.*). En el área del campo Pedernales, la formación fue depositada en un ambiente deltáico a marino somero. (PDVSA-Intevep. 1997).

Importancia económica: las arenas de la Formación Las Piedras son productoras de petróleo pesado en los campos de Orocuai, Manresa y Pirital, en el Norte del estado Monagas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Sinonimia: los términos Formación Algarrobo y Formación Campo Santo, hoy en desuso, eran sinónimos de La Formación Las Piedras. (PDVSA-Intevep. 1997).

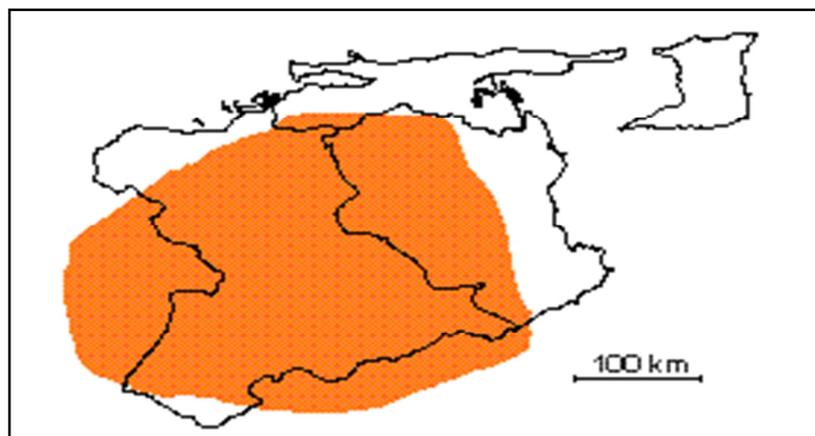


Figura 2.10 Extensión geográfica de la Formación Mesa.  
(PDVSA-Intevep. 1997).

#### g. Formación Mesa

Referencia original: H. D. Hedberg y A. Pyre, 1944, p. 25.

Consideraciones históricas: Hedberg y Pyre (1944) designaron como Formación Mesa, a los sedimentos jóvenes que cubren las masas de Venezuela oriental. Otras descripciones detalladas fueron publicadas por González de Juana (1946), Hedberg (1950), De Sisto (1961), Salvador (1961), Berthois y Roa (1971), Coplanarh, (1974). (PDVSA-Intevep. 1997).

Localidad tipo: no se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas, con secciones representativas. En particular, se han mencionado las Mesas de Guanipa (Anzoátegui), Tonoro y Santa Bárbara (Monagas), y los escarpados de Santa Rosa (Anzoátegui). Estas localidades se encuentran en las Hojas 7342, 7343, 7344, 7442 y 7444, escala 1:100.000 Cartografía Nacional.

Descripción litológica: en los límites Norte y Sur de la Mesa de Guanipa (González de Juana, 1980), la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso cementadas y muy duras; conglomerado rojo a casi negro, arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita. En la Mesa de Tonoro se observan capas lenticulares de conglomerado, arenas, y algunas arcillas. Al Noroeste de Santa Rosa existe una capa lenticular de conglomerado, de más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas.

En Santa Bárbara de Maturín, la parte superior (76 m) consiste en gravas con intercalaciones de arenas y arcilla roja y amarillo intenso: la parte inferior (60 m) formada por clásticos finos (arenas gris y blanco, intercaladas con arenas arcillosas y arcillas gris abigarradas). Al Suroeste de Maturín, la Formación Mesa está compuesta por arcillas moteadas y abigarradas, con nódulos sin arena. En los llanos centro-orientales, la formación, está constituida por arenas no compactadas. Los sedimentos de la Formación Mesa, gradan de Norte a Sur, de más gruesos a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del Norte; desde la parte central de Monagas al macizo de Guyana, gradan de más finos a más gruesos.

En la sección de río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas, la formación está constituida por conglomerados con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 0.15 metros de

diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo. (PDVSA-Intevep. 1997).

Espesor: el espesor de la Formación Mesa es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio - deltáica y aumenta de Oeste a Este, por el avance de los sedimentos deltáicos. (González de Juana y C. 1980).

En la Mesa de Maturín, la Formación Mesa tiene un espesor máximo de 275 m, mientras que en el Estado Bolívar rara vez llega a los 20 m.

Extensión geográfica: la Formación Mesa se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas). Se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar, inmediatamente al Sur del río Orinoco. (PDVSA-Intevep. 1997).

Contactos: la Formación Mesa suprayace en contacto concordante y transicional, a la Formación Las Piedras (Plioceno). (PDVSA-Intevep. 1997).

En la sección de río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas se encuentra discordante sobre las formaciones Querecual, San Antonio y San Juan. (PDVSA-Intevep. 1997).

Fósiles: e la Formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce, asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada. (González de Juana y C. 1980).

Edad: con base en la relación transicional con la Formación Las Piedras (Plioceno), se ha postulado una edad Pleistoceno para la Formación Mesa. Zinck y

Urriola (1970) y Coplanarh (1974), intentaron establecer una cronología de la formación, con base en la evolución de los suelos y usando el esquema estratigráfico originalmente de terrazas (t) y luego cronológico del Cuaternario (Q). De esta forma, sugirieron que los suelos desarrollados sobre la Formación Mesa, pertenecen al Pleistoceno temprano. Sin embargo, como lo indicaron Bezada y Schubert (1987), este esquema, basado en comparaciones directas con cronologías cuaternarias europeas, adolece de defectos, entre ellos, la variación en el tiempo de la formación de suelos bajo diferentes climas. (PDVSA-Intevep. 1997).

Carbón, en la región de Mapire (estado Anzoátegui) obtuvieron cuatro fechas termoluminiscentes, dos de las cuales indican datos cronológicos finitos y sugieren que los sedimentos de la Formación Mesa en esa región tienen edades entre 0,5 a 1 m.a. A.P; las otras dos muestras, por debajo de las primeras sugieren que su edad puede ser mayor de 2 m.a. A.P., aun cuando indican los autores que probablemente el mecanismo de reposición a cero de la termoluminiscencia (TL), para estas dos últimas muestras, no fue efectivo, por lo que las edades obtenidas son mayores que las reales. (PDVSA-Intevep. 1997).

Correlación: Los sedimentos de la Formación Mesa gradan hacia el Este a la Formación Paria. (PDVSA-Intevep. 1997).

Paleoambientes: Según González de Juana (1980), la Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltáica y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco. El mayor relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de grano más grueso, mientras que desde el Sur el aporte principal era de arenas. En la zona central, postuló la existencia de ciénagas. Coplanarh (1974) considera que los sedimentos de la

formación representan depósitos torrenciales y aluviales, contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior. (PDVSA-Intevep. 1997).

## 2.5 Suelos

Los suelos de la Mesa de Guanipa o cualquiera de las otras Mesas de los llanos Sur Oriental están formados por sedimentos residuales mal zonados provenientes del Escudo de Guayana, posteriormente a esta posición ocurrió la inversión de relieve (Zinck 1970) y la remodelación del paisaje que tenemos en la actualidad. En el subsuelo de esta zona existen abundantes arenas cuarcíferas mal escogidas y granos pobremente redondeados, gravas, limos y arcillas, estos están cubiertos esporádicamente por casquetes o fragmentos de óxido de hierro, que sostienen la pobre vegetación sabanera, que solo a las orillas de los morichales alcanza a sostener vegetación mayor y cultivos. Los suelos de la Mesa de Guanipa son muy pobres en Nitrógeno, Calcio y muy ácidos por lo que hay que neutralizarlos y fertilizarlos para obtener rendimiento económico de los cultivos, como es el caso del cultivo del maní, soya, que están en progreso rápidamente en el área. (Santos Antonio, 1974).

### 2.5.1 Características físicas de los suelos

Los suelos en general son texturas arenosas, con perfiles que varían para el caso de los Utisoles y Typic Haplustox desde arena-arena franca en los primeros 20-30 cm a texturas franco arenosas, franco-arcillo-arenoso y arcillo-arenosas en horizontes más profundos, moderadamente bien drenados de estructuras masivas a blocosa sub-angular, de débil a moderada, en los horizontes con mayor contenido de arcilla. (Santos Antonio, 1974).

La arenisca haplustox presenta un perfil de textura más arenosa, de arenas a arenas-franca en los primeros 50-80 cms y luego horizontes de textura franco-

arenosa, algo excesivamente drenado y de estructuras masivas con cierta tendencia a compactarse por predominar arena fina y muy fina en la fracción arenosa. (Santos Antonio, 1974).

Los suelos son generalmente desaturados, muy pobre en elementos nutritivos, la capacidad de intercambio catiónico, es de baja a muy baja, por presentarse arcillas de tipo caoliníticas y bajo contenido de materia orgánica, los valores de calcio, magnesio, sodio, y potasio cambiables son bajos, así como también, el fósforo soluble en ácido cítrico; para completar el cuadro son suelos muy ácidos, por lo tanto, la fertilidad natural es un poco baja. (Santos Antonio, 1974).

Los suelos presentes en la Mesa de Guanipa se dividieron de la siguiente manera:

2.5.1.1 Paisaje de Mesa (Sabana): en la Formación Mesa, se describen los suelos desarrollados sobre los sedimentos detríticos no consolidados. Suelos predominantemente arenosos a arcilla-arenosos, con cuarzo; en algunas oportunidades se encuentran capas arcillosas y capas arcillosas mezcladas con gravas de varios tamaños. (Santos Antonio, 1974).

El hecho de que no existan capas continuas de un mismo material; se observan capas de arcilla generalmente delgadas a poca profundidad, que cambian la textura y determinan el drenaje interno del suelo; todos estos hechos nos ayudan a explicar la heterogeneidad de los suelos. (Santos Antonio, 1974).

Otro factor de la heterogeneidad de los suelos, son los distintos grados de erosión, principalmente por escorrentía difusa de la superficie de la Mesa; que ha dado por erosión diferencial, según la naturaleza textura del material, formas

residuales (lomos) y zonas coluviales. La acción eólica es también marcada. (Santos Antonio, 1974).

La erosión actual por esorrentía difusa es débil, debido a la predominancia de pendientes suaves y a la naturaleza generalmente arenosa de los suelos. (Santos Antonio, 1974).

Este hecho es muy importante en ciertos sitios de la Mesa, sobre todo al Noreste; esas fallas son expresadas con marcadas rupturas de pendiente, forman escalones. En estas rupturas de pendiente se aprecian grandes formaciones de corazas (areniscas y conglomerados cementados por óxido de hierro), expuestas en la superficie por desmantelamiento debido a la erosión. (Santos Antonio, 1974).

2.5.1.2 Paisaje de Mesa Disectada: esta área de la Mesa ha sido fuertemente erosionada, formando grandes cárcavas debido a la erosión regresiva. Los suelos fueron separados según los grados de disección y de pendiente, constituyen formas misceláneas de tierra sobre material residual - coluvial de las distintas capas de la Mesa. Es muy típico ver en este paisaje zona de cárcavas, escarpados, farallones, cerros testigos. Los suelos en general son arenosos, profundos y bien drenados, pero menos desarrollados que los de la Mesa. (Granados, F. 1969).

Valles, en este subpaisaje se encontraron suelos formados por aluviones recientes del río Tigre y de sus principales afluentes. Los cauces de los ríos meándricos son bien marcados; excepto hacia las fuentes de ambos lados, se encuentran un material aluvial arenoso. El material depositado por el río Guanipa es también muy arenoso. Estas arenas están bajo bosque y no cubren grandes extensiones. (Santos Antonio, 1974).

2.5.1.3 Paisaje no definido (fuera de la Mesa): hay suelos desarrollados sobre material de formaciones adyacentes a los sedimentos de la formación Mesa. Estos suelos han sido originados por arenas y arcillas de la Formación Campo Santo. Se trata de un paisaje de colinas disectadas y áreas casi planas con vegetación típica de bosques con espinares (cujizales). (Santos Antonio, 1974).

Los suelos son arenosos, profundos, bien drenados, con vegetación de bosques y suelos arcillosos con drenaje deficiente, con vegetación de bosque seco. (Santos Antonio, 1974).

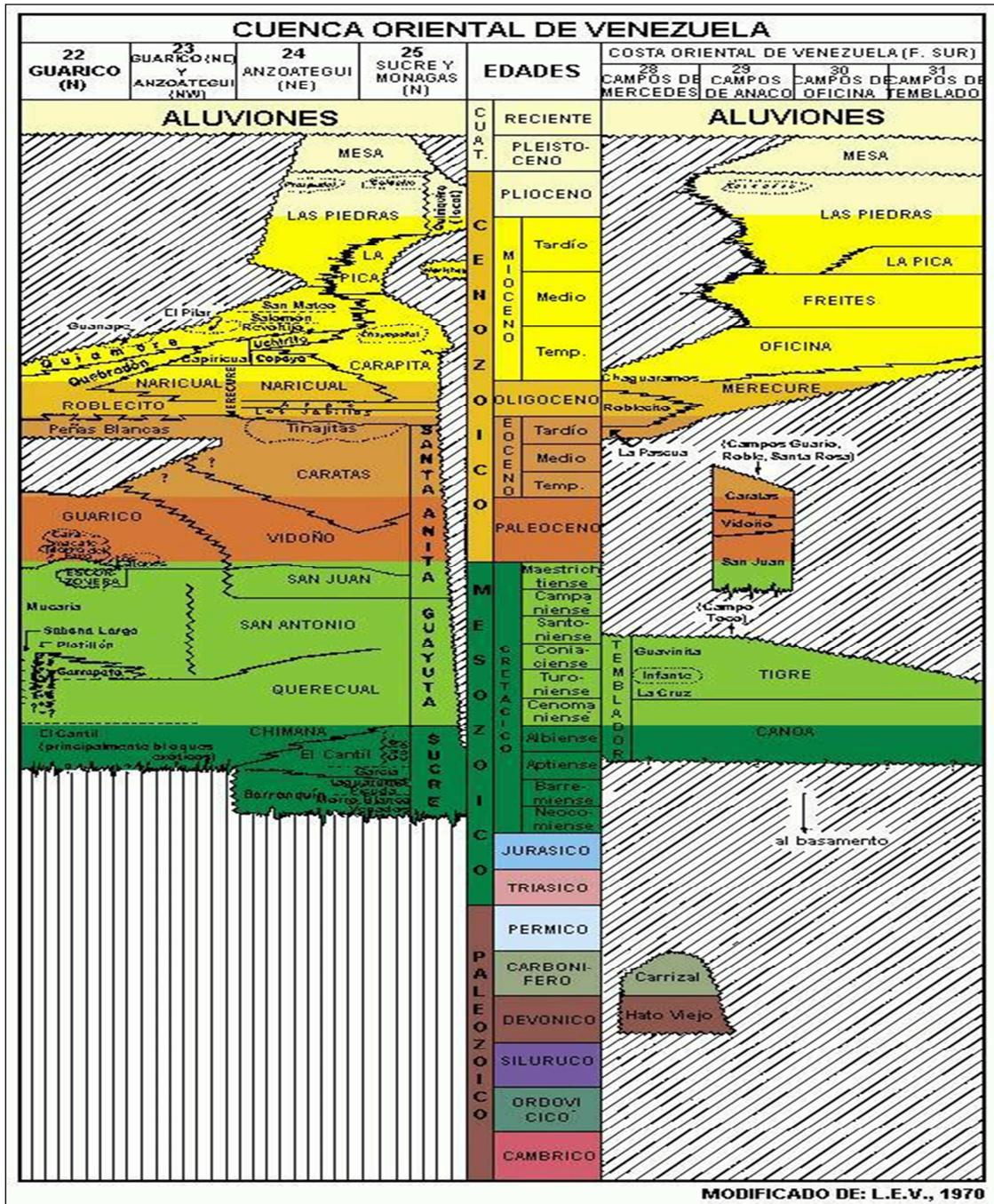


Figura 2.11 Cuadro de Correlación de la Cuenca Oriental de Venezuela.  
(PDVSA Intevp, 1997).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

El trabajo de investigación se inició con el análisis de antecedentes existentes, destacándose las perforaciones iniciadas por MENEGRANDE OIL COMPANY en el año 1939 hasta mitad de la década de 1940.

Esta investigación se basa principalmente en el estudio de registros eléctricos superficiales (Structural drill wells) en un número de 143, que sirvieron de base para la generación de datos básicos en la elaboración de los diferentes mapas, incluyendo el mapa base.

Casado Coromoto, 1984. **Influencia de la actividad petrolera en las aguas subterráneas en la Mesa de Guanipa**. Este trabajo se basó en la influencia de la actividad petrolera con respecto a las aguas subterráneas de la Mesa de Guanipa.

Santos Antonio, 1974. **Estudio del medio poroso en las formaciones Mesa Las Piedras para el desarrollo de aguas subterráneas en el Área Mayor de Oficina Cuadrángulo de Oficina estado Anzoátegui**. Este trabajo se basó en estudiar el medio poroso en las formaciones Mesa y Las Piedras a través de la petrofísica.

3. Aché Alberto, Rodríguez Luís. **Caracterización geológica de las arenas acuíferas (agua dulce) MaguaP-2, MaguaP-3, MaguaP-4, MaguaP-5, y MaguaP-6 de las formaciones Mesa-Las Piedras en 1099 km<sup>2</sup> en la zona de El Tigre, San José de Guanipa (El Tigrito) y San Tomé. “Proyecto Maguap” 2008**. Este trabajo

de grado se baso en la cuantificación del volumen de agua de las formaciones Mesa y Las Piedras a través de una caracterización geológica.

### **3.2 Bases Teóricas**

#### **3.2.1 Hidrología**

El agua fresca, es una fuente renovable, que constantemente regresa a la tierra en forma de lluvia. El ciclo hidrológico describe estos movimientos de agua alrededor de la Tierra, desde la evaporación a la atmósfera, la precipitación a la tierra (y el agua), corriendo sobre la tierra o filtrándose dentro del suelo y fluyendo lentamente como agua freática para mantener arroyos, manantiales y pozos antes de regresar finalmente al mar. Los hidrólogos estiman que más de la mitad de las aguas lluvias que caen a la tierra es regresada a la atmósfera mediante la evaporación y la transpiración de la vegetación, conjuntamente llamada "evapotranspiración," dejando que menos de la mitad llegue al mar mediante los ríos o el fluido subterráneo. Es este ciclo el que sostiene los suministros de agua fresca existentes en toda la Tierra. (Custodio y Llamas, 1976).

El agua en los ríos se mueve en forma rápida y su velocidad es comúnmente medida en metros por segundo (o décimas de kilómetros por día), mientras que el agua en el suelo se mueve lentamente y su velocidad es comúnmente medida en metros por año. El agua puede ser bombeada directamente desde los arroyos o lagos para obtener suministros de agua. Comúnmente, para poder tener suficiente cantidad de agua, se usan represas para recogerla de los arroyos para la creación de reservas de suministros de agua. Debajo del suelo, al agua se le obliga a moverse a través de los poros del suelo o de roca y por lo tanto, la proporción del flujo es reducida. (Figura 3.1).

Las formaciones de rocas saturadas, capaces de dar cantidades útiles de agua son llamadas acuíferos. Los depósitos aluviales formados por grava suelta y arena, que se encuentran en los valles pueden formar acuíferos altamente productivas que tienen un alto grado de saturación de agua. Aunque estos acuíferos, pueden ser muy productivos, son por lo general superficiales y están comúnmente localizados dentro y debajo de los lechos de crecienta de los ríos. (Figura 3.2 acuífero A). (Custodio y Llamas, 1976).

El lecho rocoso, generalmente consiste en capas de roca volcánica (Figura 3.2 acuífero B), es la base de una buena parte de Centro América, incluyendo los acuíferos aluviales y es también lo suficientemente absorbente como para ser fuente de agua a los pozos. Los pozos excavados en estos acuíferos son fuentes de suministro de agua.

Los manantiales ocurren donde el agua freática regresa a la superficie y se vuelve agua superficial nuevamente. (Custodio y Llamas, 1976).

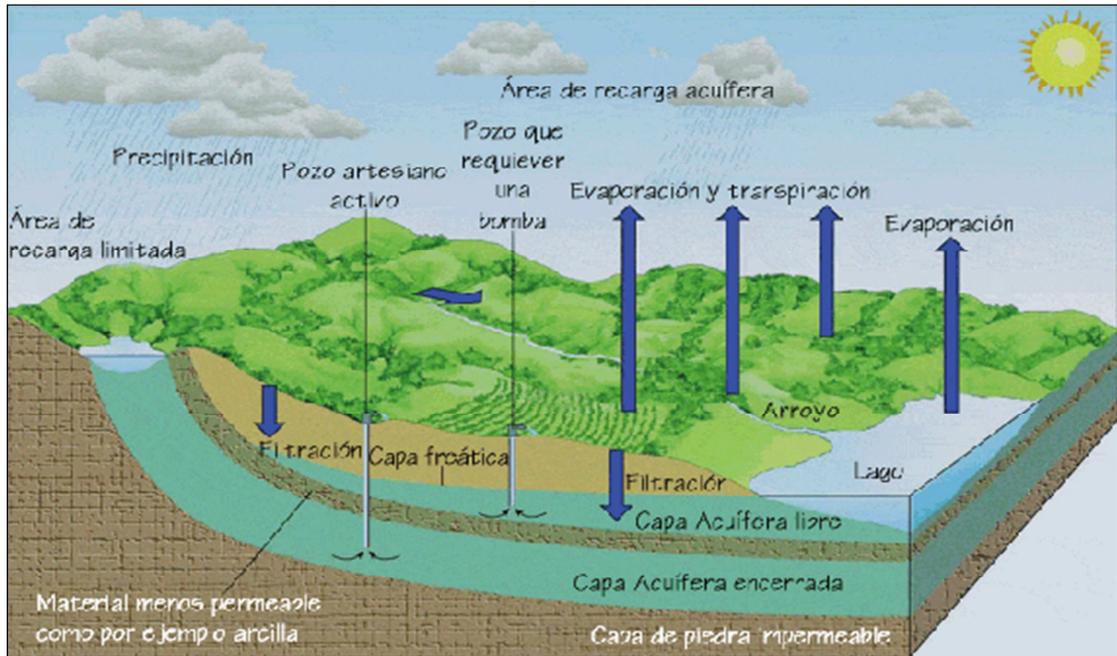


Figura 3.1 Ciclo hidrológico. (Custodio y Llamas, 1976).

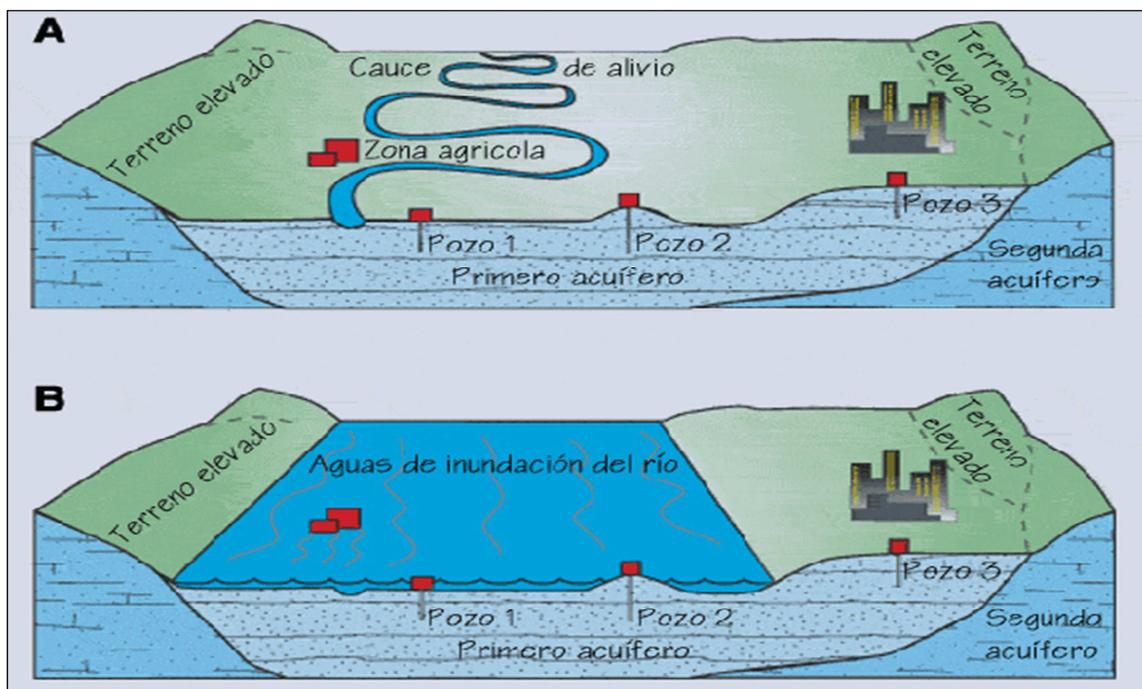


Figura 3.2 Tipos de acuíferos. (Custodio y Llamas, 1976).

### 3.2.2 Suministros de agua freática

Dentro de las aguas emergidas no todas van a parar directamente al mar, ni se evaporan. Parte de las aguas quedan atrapadas en puntos bajos que no tienen salida, las cuencas endorreicas, o en cuencas cuya salida es mucho menor que el caudal de entrada, o se acumulan bajo el suelo, los acuíferos. En estos dos modelos generales encontramos, según sus características, diferentes tipos.

Un acuífero es una capa de agua, que se almacena bajo la superficie de la tierra. Para que esto ocurra debe de tener ciertas características. La fundamental, es que la capa inferior sea impermeable. A esta capa se le llama muro y partir de aquí, el agua se acumula. La altura que alcanza el agua se llama nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a diferentes profundidades, incluso en un mismo lugar, dependiendo de las características geológicas, la presión atmosférica y la meteorología. Puede ir desde unos centímetros hasta muchos metros por debajo de la superficie. El nivel freático no es horizontal, sino que tiene una pendiente desde el nivel superior al inferior. La zona que se encuentra por encima y que no está saturada de agua se llama zona vadosa. En ella la circulación del agua es descendente por gravedad, ya que el movimiento principal es la infiltración. Si la presión del nivel freático es superior a la atmosférica el nivel del agua se llama piezométrico.

El almacenamiento de agua no siempre se hace como si fuera una cisterna, es decir, desalojando otro tipo de rocas, esto sólo ocurre en las calizas y los yesos que han desarrollado un relieve cárstico, lo más normal es que se encuentre «mezclada» con arenas, u otro tipo de rocas muy porosas, donde el agua se almacena: son los acuíferos libres. En ocasiones, la capa superior también es impermeable, y el agua llega al acuífero gracias a la circulación subterránea del agua, son los acuíferos subterráneos.

Al agua del acuífero se llega a través de pozos y galerías. El pozo, al desalojar la tierra que rodea al agua, permite que, en ese hoyo, se acumule en grandes cantidades, y así es aprovechable por el ser humano. En ocasiones el pozo se hace sobre un acuífero en el que el agua circula desde un punto más alto a un punto más bajo. Si el punto más alto está lo suficientemente elevado y cerca, al perforar el pozo el agua asciende hasta el nivel de base del punto alto. A este se le llama pozo artesiano, y en él el nivel piezométrico está por encima de la superficie de la tierra.

En ocasiones el nivel freático del acuífero está tan elevado que sale a la superficie; en realidad lo que pasa es que la presión del nivel piezométrico hace surgir el agua. Cuando estas surgencias están localizadas en un punto se llaman manantiales. Cuando las aguas de este manantial surgen calientes, tendremos las aguas termales. En ocasiones el agua se ve impulsada hacia arriba por el aumento de la presión interna del acuífero debido a un calentamiento hasta la ebullición. Cuando la presión es máxima el agua sale bruscamente formando un géiser. A través de estas surgencias el acuífero se descarga poco a poco.

El agua de los acuíferos se renueva con los mismos mecanismos de alimentación que tienen los ríos. El hielo y la nieve no se infiltran en los acuíferos, hasta que no se derrite. Además, su renovación toma más tiempo en el llenado de ríos, lagos y pantanos, ya que la capacidad del suelo de absorber agua depende por un lado de su porosidad, y por otra del caudal de agua. De tal manera que si la cantidad de agua que circula por superficie es mayor que la capacidad del suelo para absorberla, por unidad de superficie y tiempo, el agua corre por la superficie sin infiltrarse en el acuífero, aunque no esté saturado. Es lo mismo que intentar llenar una botella de cuello estrecho con un chorro muy grueso. Si el agua que sale del chorro es mayor que la que puede entrar por el cuello de la botella el agua rebosará aunque la botella no esté llena.

Las condiciones de recarga de un acuífero se pueden modificar por diversas causas, hasta hacer descender el nivel freático. La más evidente es la sobreexplotación, es decir sacar del acuífero más agua de la que entra. Esta circunstancia es muy habitual, ya que a los acuíferos se recurre en épocas de sequía. El que las aguas descendan por debajo del nivel normal puede significar que el acuífero se contamine, al concentrar más sales de las que normalmente contiene.

La extensión de los cultivos de regadío y la repoblación forestal también pueden modificar las condiciones de recarga, ya que las plantas acumulan y evaporan buena parte del agua que antes iba al acuífero, aunque hacen aumentar la humedad ambiental.

En general, las aguas de un acuífero pueden ser consumidas por el ser humano sin mayores riesgos, ya que al atravesar capas de rocas suelen dejar detrás los contaminantes. No obstante, los contaminantes que lleva en disolución se mantienen, por lo que un acuífero se puede contaminar con nitratos, sales, disolventes, pesticidas, pinturas, barnices, gasolina, etc. Los acuíferos cercanos a la costa pueden tener infiltraciones de agua marina. Un acuífero contaminado se mantiene en ese estado mucho más tiempo que las aguas superficiales, ya que esta circula más lentamente por su interior, y algunos contaminantes quedan adheridos a las rocas, con lo que contamina el agua que se renueva.

El agua freática (subterránea) pueda que no se encuentre en grandes volúmenes, pero casi en todas partes está en cantidades pequeñas; sin embargo hay algunas excepciones significativas. Las fuentes superficiales son generalmente preferidas para las grandes áreas metropolitanas. El agua freática tiene muchas ventajas sobre el agua superficial para suministros de municipalidades o comunidades medianas o pequeñas, por las siguientes razones.

1. Está accesible en casi todos los lugares en cantidades capaces de sostener pequeños suministros.
2. No tiene que ser filtrada.
3. Por lo general está libre de patógenos y no necesita ser tratada para que sea segura para tomar, sin embargo es una buena práctica de manejo el tratar los suministros de agua freática pública o de la comunidad con la clorinación como una medida preventiva contra la exposición a contaminantes dentro del sistema de distribución.
4. Los pozos pueden ser diseñados o localizados de manera que no sean vulnerables a la contaminación por inundaciones o sistemas de aguas residuales (sépticas u otras).
5. Los pozos son comúnmente menos caros que construir represas de seguridad.
6. Los suministros de agua subterránea de pozos moderadamente hondos a muy hondos son comúnmente menos vulnerables a las sequías, y los suministros de aguas superficiales menos vulnerables a la contaminación por descargas de aguas residuales o de campos abiertos.

Debido a estas características, los pozos son comúnmente las fuentes preferidas de agua potable para las áreas rurales, las haciendas, para comunidades, aldeas, ciudades pequeñas y para propósitos comerciales e industriales. Debido a que el agua freática se mueve a través de los pequeños poros del suelo y la roca, las partículas de materia, tales como sólidos suspendidos, bacteria y virus, son naturalmente filtrados y sacados del agua. También debido a que el agua freática se mueve lentamente, los

contaminantes tales como las bacterias de las aguas de las inundaciones no pueden persistir lo suficiente para llegar hasta el pozo. Debido a estos factores, el agua freática no es generalmente vulnerable a la contaminación por inundación, exceptuando los siguientes tres casos:

1. Las aguas de las inundaciones pueden encauzarse a un pozo a través de un equipo de bombeo, o enterrarlo en el sedimento si el pozo está en el camino de la inundación.

2. Si la parte abierta de arriba del pozo está debajo del nivel del agua de la inundación, las aguas de la inundación pueden entrar en el pozo, fluir hacia abajo hasta dentro de la acuífera subyacente y contaminar el suministro. Esta condición puede ser evitada, ya sea colocando el pozo en suelo más alto que el nivel de la inundación o levantando la tierra alrededor del pozo y extendiendo el cajón del pozo a un nivel sobre el nivel de la inundación.

3. El pozo puede estar localizado en una acuífera que descansa debajo de un área de inundación de agua marina cerca de la costa.

Después que el agua marina, inunda el área de recarga sobre una acuífera, el agua del pozo puede volverse algo salada por un largo tiempo, quizás aún años, después de la inundación. La sal puede ser lavada al renovar la recarga con agua fresca con el tiempo, pero debido a que el agua freática se mueve lentamente, el lavado puede tomar mucho tiempo.

### 3.2.3 Familias de aguas subterráneas desde el punto de vista geológico y técnico geológico

3.2.3.1 Agua de aluviones: son acuíferos, que se almacenan dentro de los terrenos de rellenos, aluviones ó coluviones; esta agua se va a conseguir dentro de las capas con granulometría gruesa y se mantiene a su nivel por las capas de arcillas. El nivel estático corresponde a menudo a los niveles del mar ó de un río. La cantidad de agua en este caso es directamente ligada a la Pluviometría local; Es entonces frecuente encontrar fuerte variación de débito en el mismo pozo en función de la temporada. En un mismo sitio las cantidades de agua pueden variar de un punto al otro a menudo debido a grandes capas de arcillas impermeables de diferente espesor formando ríos acuíferos. (Custodio y Llamas, 1976).

3.2.3.2 Agua de roca: las aguas, de lluvias percolan dentro de las rocas por las fracturas naturales provenientes de las rupturas de la misma roca bajo la influencia de la presión de los movimientos tectónicos. Esta agua, circula en un conjunto complicado de fracturas con una velocidad muy lenta (varios centímetros a unos metros por día) es entonces frecuente explotar agua de varios meses ó varios años. (Custodio y Llamas, 1976).

De hecho, los pozos en la roca tienen producción a menudo inferior en cantidad instantánea pero con menos variación en las temporadas (sequías y lluvias). En este caso la ubicación de un pozo de reconocimiento, se debe ubicar en una buena zona de fracturas. En facto es posible que a poca distancia una perforación sea completamente seca y la otra con buena producción. (Custodio y Llamas, 1976).

Debido a que los caminos que conducen los contaminantes a las aguas y los suministros de agua freática son diferentes, las amenazas potenciales los contaminantes y usos de tierra también son diferentes. Estudios de casos de

contaminación en los Estados Unidos durante las últimas décadas han desarrollado la siguiente lista de usos de tierra o materiales que deben ser restringidos o limitados dentro de una ZPCP. (Custodio y Llamas, 1976). (Figura 3.3).

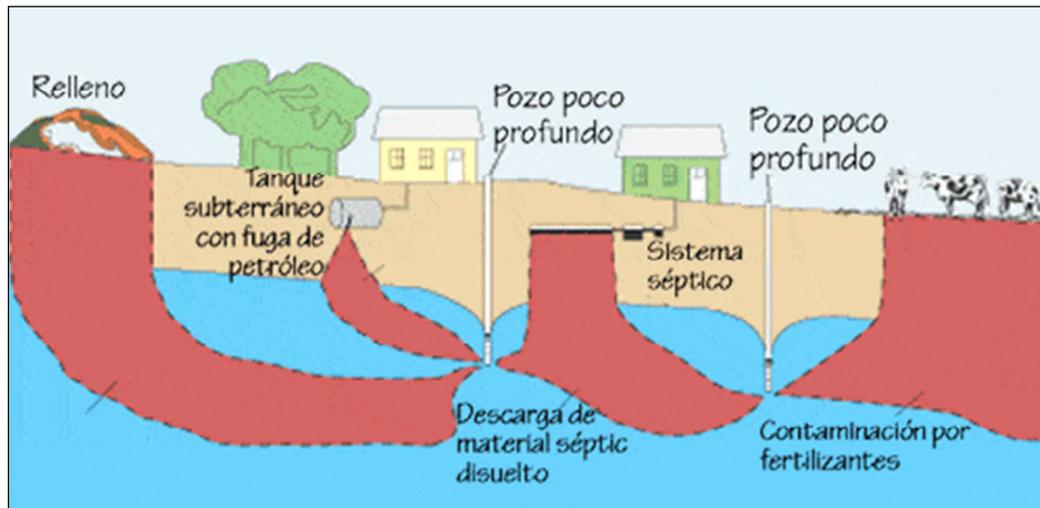


Figura 3.3 Fuentes comunes de contaminación de agua subterránea.

(Custodio y Llamas, 1976).

Sistemas de aguas residuales domésticos en el sitio (sentinas y sistemas sépticos).

1. Tratamientos de cloacas e instalaciones de eliminación.
2. Tuberías de recolección de cloacas con goteras.
3. Lotes para alimentación animal, o patios para ejercicios y establos.
4. Almacenamiento de fertilizantes y áreas de manejo.
5. Almacenamiento de pesticidas y áreas de manejo.
6. Tanques de almacenamiento de combustible subterráneos con goteras.
7. Basureros.
8. Lagunas y áreas de eliminación de desperdicios industriales.
9. Materiales peligrosos (solventes volátiles orgánicos).

10. Residuos de campos de aceite.
11. Residuos de minas y residuos de molinos.
12. Derramamientos accidentales de químicos industriales.
13. Fuga de los lotes de estacionamiento de buses y automóviles.

Esta lista es algo diferente a la lista para los suministros de agua superficial, debido a las diferentes condiciones físicas que ocurren a lo largo de los caminos a los suministros superficiales y los suministros de agua freática. Mientras los contaminantes en el agua superficial están sujetos a muchas mezclas y adulteraciones, los contaminantes en el agua freática están sujetos a pocas mezclas y adulteraciones. Mientras que los materiales suspendidos pueden viajar largas distancias (muchos kilómetros) en agua superficial, pueden viajar distancias muy limitadas (décimas de metros) en agua freática. Mientras los contaminantes volátiles no persistirán en la superficie antes de ser disipados en la atmósfera dentro de unos cuantos días, ellos pueden persistir por unas decenas de años o más bajo tierra donde están atrapados en los poros de la roca. (Custodio y Llamas, 1976).

La amenaza de contaminación del agua freática, por solventes orgánicos volátiles, se controla mejor a través del control de los materiales peligrosos, el inventario y el seguimiento desde el origen hasta la disposición final, que por medio de los controles del uso de la tierra. (Custodio y Llamas, 1976).

A pesar que los suministros de agua pública, son comúnmente examinados en búsqueda de contaminantes periódicamente, los pequeños suministros domésticos son raramente examinados o nunca se examinan. Algunos niveles peligrosos de contaminación, pueden que no sean detectados con el paladar y los que beben de esa agua pueden envenenarse sin saberlo. Por ejemplo, el nitrato de los desechos humanos o animales o los fertilizantes pueden estar presentes en agua de pozo en concentraciones que no afectan a los adultos, pero que son letales para los niños. Es

importante que los dueños de pequeños pozos estén informados acerca de las fuentes potenciales de contaminación del agua de pozo para que puedan tomar medidas para prevenir la contaminación de sus suministros de agua. (Custodio y Llamas, 1976).

#### **3.2.4 Distancias recomendadas de separación entre fuentes de contaminación y pozos públicos de agua potable**

La lista de fuentes potenciales de contaminación de agua freática, (arriba) proporciona una guía para el dueño de un pozo para la protección de la calidad del agua de su pozo. Las actividades más comunes o los usos de tierra que necesitan mantenerse separados de los pequeños pozos son los desechos humanos, tales como sentinas o sistemas sépticos y los desechos de animales de los establos. Para pozos domésticos y de granjas, es recomendable que se mantenga una separación de por lo menos 30 metros entre un pozo y estas fuentes de contaminación. También es recomendable, que el almacenaje o la mezcla de fertilizantes y pesticidas tóxicos, no sea permitida dentro de 30 metros de distancia de un pozo, porque estos se pueden deslizar hacia adentro del suelo y dentro del agua. Ningún material tóxico tal como diluyentes o pesticidas, deben de desecharse sobre o dentro del suelo cercano a un pozo. La eliminación de tales materiales, dentro de sistemas de eliminación de desechos subterráneos puede ser especialmente peligrosa para la calidad del agua freática. (Tabla 3.1). (Castany, G., 1971).

Tabla 3.1 Distancias entre fuentes contaminantes y pozos de agua potable. (Castany, G., 1971).

Sistemas de aguas residuales domésticos onsite	122 m
Facilidades del tratamiento y disposición de aguas cloacales	1.6 km
Alcantarillas que tienen fugas	122 m
Corrales de alimentación o ejercicio de animales y establos	122 m
Áreas de almacenamiento y manejo de fertilizante	122 m
Áreas de almacenamiento y manejo de pesticidas	122 m
Tanques subterráneos de almacenamiento de combustibles con goteras	1.6 km
Vertederos	1.6 km
Estanques de residuos industriales y áreas de disposición	1.6 km
Materiales peligrosos (solventes orgánicos volátiles)	1.6 km
Salmuera del yacimiento petrolífero	1.6 km
Deshechos de minas y fabricas	1.6 km
Derrames accidentales de químicos industriales	Depende del químico
Escurrimiento de lotes de estacionamiento de automoviles y autobuses	122 m

Los manantiales, surgen donde el agua freática sube a la superficie y se vuelve agua superficial por lo tanto, pueden ser vulnerables a todas las fuentes de contaminación, tanto para el agua freática como para el agua superficial. La construcción que se hace cerca de un manantial, es comúnmente la causa de la degradación de la calidad del agua del manantial. El cuidado y la planificación pueden ayudar a prevenir tal contaminación al restringir los sistemas sépticos, establos, almacenaje de gasolina, basureros y la eliminación de los desechos industriales tanto de la ZPCP como de la cuenca hidrológica de un manantial. (Castany, G., 1971).

### 3.2.5 Clasificación de las aguas

3.2.5.1 Aguas meteóricas: el agua que cae proveniente de fenómenos meteorológicos, tales como la lluvia, la nieve y el granizo, es llamada “agua meteórica”. Esta proviene de la condensación y solidificación del vapor de agua que contiene la atmósfera, como resultado de la evaporación de grandes masas de agua terrestres y marinas. (Custodio y Llamas, 1976).

3.2.5.2 Aguas subterráneas: es el agua que existe en los espacios porosos y fracturas de las rocas y el sedimento debajo de la superficie o el suelo. Las fuentes de aporte del agua subterránea son el agua de lluvia o la nieve, y luego se mueve a través del suelo en el sistema de aguas subterráneas, y de ahí cuando supera la capa superficial fluye en forma de caudales de agua superficial, lagos y océanos. Se recupera de manera natural por medio de los aportes de las precipitaciones, caudales superficiales de agua, y ríos que se infiltran en el suelo. (Custodio y Llamas, 1976).

3.2.5.3 Aguas magmáticas: son primitivas, brotan en relación con los filines metálicos o eruptivos, poseen temperaturas elevadas de más de 50° C., tienen un caudal, composición y temperaturas constantes, las sales de calcio, magnesio y los nitritos son raros o no existen. (Custodio y Llamas, 1976).

3.2.5.4 Aguas telúricas: son aguas de filtraciones, que brotan de cualquier terreno, es decir, sin relación directa con los filones metálicos o eruptivos; su caudal es variable según el régimen de lluvias y estaciones, la temperatura no es demasiado elevada (de menos de 50° C.), la mineralización es tenue y su concentración está en relación inversa al caudal, no tiene elementos con características de emanaciones metálicas o de metaloides. (Custodio y Llamas, 1976).

3.2.5.5 Aguas connatas: cuando se depositan sedimentos bajo los mares, parte del agua del mar es retenida en los intersticios. Al depositarse encima sedimentos impermeables, parte de esta agua puede quedar aprisionada y retenida en el sedimento, hasta que sea descubierta en forma accidental o intencionada, es decir, el agua atrapada en los sedimentos en el momento de su depósito se llama agua connata. (Custodio y Llamas, 1976).

### 3.2.6 Hidráulica de aguas subterráneas

El flujo de agua a través de los acuíferos esta esencialmente gobernado por la acción de la gravedad y la transmisión de presión a través del líquido, el cual presenta una superficie superior que marca el gradiente hidráulico del desplazamiento. Esa pendiente será la necesaria para producir un cierto gasto a través de los intersticios del acuífero. La velocidad dependerá, naturalmente, del área transversal a través de la cual circula el agua. De acuerdo a la característica misma del estrato (tamaño del grano y grado de compactación) existirá una mayor o menor resistencia al paso del agua. El gasto esta gobernado por esta circunstancia y por la carga útil que disponga el estrato. Las velocidades son generalmente muy bajas, algunos metros o menos al día. (Custodio y Llamas, 1976).

El aprovechamiento de un acuífero puede ocurrir bajo dos condiciones; cuando se inicia el bombeo a caudal constante en un pozo en cualquier tipo de captación, en los primeros instantes se extrae agua del almacenamiento en los alrededores del pozo gracias al descenso del nivel producido. A medida que avanza el tiempo de bombeo el cono de influencia va extendiéndose de forma que la cantidad de agua producida a consecuencia del descenso del nivel iguala a la extraída por el pozo. (Custodio y Llamas, 1976).

La velocidad de expansión y extensión del cono es mucho mas rápida en acuíferos cautivos que en un acuífero libre, de acuerdo con el diferente orden de magnitud del coeficiente de almacenamiento. El período durante el cual los descensos van aumentando se llama régimen no permanente o régimen variable. (Custodio y Llamas, 1976).

En un acuífero que no puede recibir agua del exterior, todo el caudal extraído por el pozo debe proceder del almacenamiento y, por lo tanto, el régimen es siempre no permanente. Sin embargo, y debido a la superficie creciente del cono de influencia, si el acuífero es de extensión muy grande, y se trata como infinito para efectos prácticos, la velocidad de descenso del cono va disminuyendo paulatinamente hasta que llega un momento que es tan lento que se puede aceptar, que los descensos se han estabilizado y entonces se dice que se ha alcanzado el régimen permanente. (Custodio y Llamas, 1976).

Los acuíferos semiconfinados reciben una recarga y cuando esta recarga es igualada por el caudal de bombeo o viceversa, se establece un verdadero régimen permanente. (Custodio y Llamas, 1976).

### 3.2.7 Ambientes sedimentarios

Es una parte de la superficie terrestre caracterizada por un conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas, bajo los cuales se acumulan los sedimentos. Tal conjunto de condiciones incluye la geología, la geomorfología, el clima, la flora y la fauna, y si el ambiente es subacuático, profundidad, salinidad, temperatura y movimiento del agua. Las propiedades de los sedimentos depositados en un ambiente determinado, estarán altamente influenciadas por las características de ese ambiente. (Alfonsi, P. 1999).

3.2.7.1 Clasificación de los ambientes sedimentarios: los distintos ambientes de sedimentación están influenciados por las diversas características climáticas en los medios continentales; la batimetría, transporte y origen de los sedimentos en los medios marinos; son divididos en ambientes continentales, marinos y transicionales. (Figura 3.4).

Los ambientes continentales pueden ser subaéreos o subacuáticos, según sea la sedimentación en que se efectúe: Tierra o agua. Los desiertos y los glaciares son ambientes continentales subaéreos, en tanto que los ambientes fluvial, paludal, lacustre y espeleano, son subacuáticos. (Alfonsi, P. 1999).

Los ambientes transicionales son afectados tanto por condiciones propias de las áreas de sedimentación netamente continentales, como por características particulares del ambiente marino. Este grupo comprende los ambientes litorales, lagunar, deltáico y estuarino.

El ambiente marino comprende la plataforma continental, el talud continental y la cuenca marina profunda. Sus ambientes pueden ser subdivididos, de acuerdo con la profundidad del agua: en nerítico de 0 a 200 mts; batial de 200 a 2000 mts y abisal con profundidades superiores a los 2000 mts.

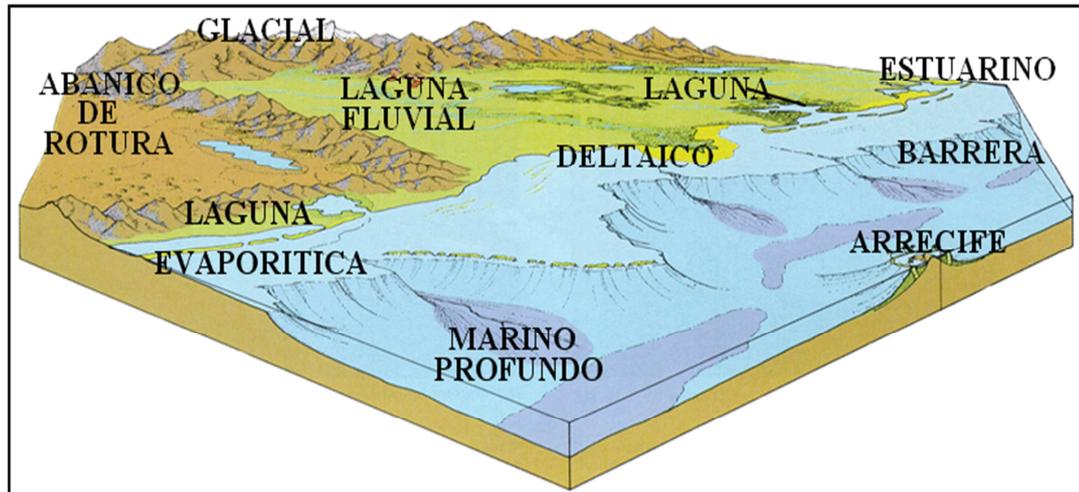


Figura 3.4 Diferentes tipos de ambientes sedimentarios. (Schlumberger, 1999).

De acuerdo a los estudios realizados a los yacimientos de las formaciones productoras de la Cuenca Oriental, los cuerpos de arena fueron depositados en un ambiente fluvio-deltaico. La sedimentación fluvio-deltaica tiene lugar en tres ambientes distintos de fuerte interrelación que son los ambientes fluvial, deltaico y prodeltaico. Se considera que la Formación Oficina se depositó en un ambiente con influencia fluvial y marina, definidas por sus unidades arenosas, alternando con limolitas, lutitas y numerosas capas de lignitos. (Alfonsi, P. 1999).

3.2.7.2 Ambiente continental: se considera generalmente que los ambientes continentales están por encima del nivel de base de erosión. Los depósitos continentales suelen describirse como abanicos aluviales, corrientes fluviales, lacustres y eólicos. La subdivisión fluvial suele relacionarse con los ríos y corrientes que se encuentran en las configuraciones meandrosas, acordonadas o rectas, así como en los rellenos de los valles aluviales (Alfonsi, P.1999). (Figura 3.5).

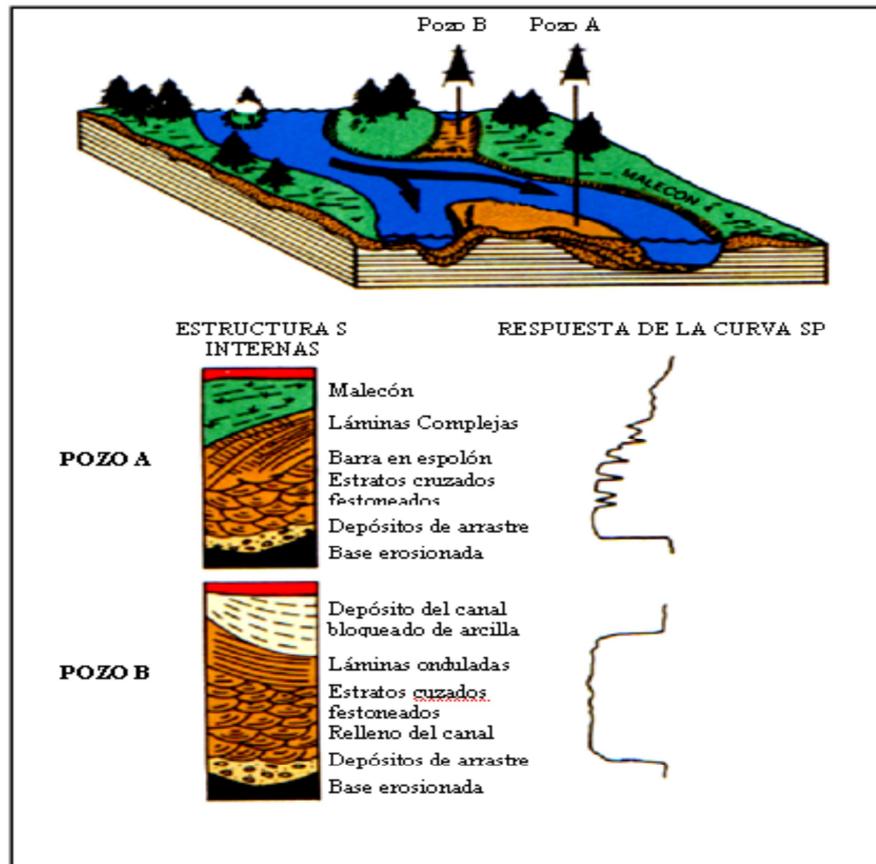


Figura 3.5 Modelo esquematizado de unacorrente meandrosa.

(Alfonsi, P. 1999).

El término Lacustre significa depósitos de lago, que suelen considerarse como sedimentos depositados en o cerca del fondo del lago o en los bancos o terrazas que suelen desarrollarse cerca de las costas de los lagos. Eólico quiere decir aquellos sedimentos transportados y depositados por el viento, en condiciones generalmente consideradas como desérticas; no obstante, los depósitos de dunas formadas por el viento también se producen a lo largo de las líneas costeras. Los sistemas fluviales están bien representados, dentro del registro geológico subterráneo. (Alfonsi, P. 1999). (Figura 3.6).



Figura 3.6 Ejemplos de afloramiento de depósitos lacustres.

(Alfonsi, P. 1999).

Los abanicos aluviales se verán separadamente, debido a las diversas diferencias de facies tales como la depositación de partículas finas y de conglomerados, que es típica de los depósitos de abanicos aluviales. (Alfonsi, P. 1999).

La evidencia de varios estudios indica que hay un cambio definido del estilo fluvial desde el Precámbrico. La evolución de la vegetación terrestre y su capacidad de retardar la erosión fue lo que probablemente llevó a cambios del estilo fluvial hasta la mitad del Paleozoico (Devónico), tendieron a dominar las corrientes entrelazadas y posteriormente apareció una mezcla de corrientes entrelazadas meandrosas, y se acentuó la estabilización de los canales debido al desarrollo de la vegetación en valles y llanuras costeras. Para la época Mesozoica, el florecimiento de las plantas en las tierras altas y los efectos climáticos hicieron cambiar la generación

de los sedimentos, diversificando aún más los canales fluviales. Los vegetales herbáceos del Mioceno completaron la morfología evolutiva de los canales fluviales llevando a los sistemas que se ven hoy en día. (Alfonsi, P. 1999).

El flujo dentro de un canal, y su influencia sobre la erosión, el transporte y la depositación de los sedimentos está determinado por la distribución de velocidad de la corriente y su turbulencia. Las zonas de velocidad y turbulencia máxima tienen probabilidad de ser lugares de erosión, mientras que las zonas de baja velocidad y turbulencia probablemente sean zonas de estabilidad de los lechos y de depositación. Un condicionante importante del tipo de cuerpo arenoso formado, es la geometría de la distribución de los canales. Los sistemas meandrosos se distinguen de los ríos rectos o acordonados por su sinuosidad, que se define como la relación entre la longitud del canal con respecto a la distancia valle abajo. Los ríos con una sinuosidad mayor que 1.5 forman meandros, mientras que aquellos que tiene una sinuosidad menor a 1.5 son entrelazados o rectos. (Alfonsi, P. 1999).

3.2.7.3 Abanicos aluviales: son depósitos que se irradian pendiente abajo desde las zonas altas terrestres, geográficamente han sido transportados por una sola corriente. (Alfonsi, P. 1999) (Figura 3.7).

Las zonas montañosas próximas a la escarpa de una falla, o de una pendiente empinada, proporcionan los sedimentos que son transportados hacia abajo por la corriente troncal hacia las tierras bajas más cercanas en donde el sedimento típicamente se dispersa y pierde espesor, lejos ya de la fuente de la corriente troncal. En algunas zonas, varios abanicos pueden llegar a mezclarse entre sí formando lóbulos complejos sobrepuestos. (Alfonsi, P. 1999).

Antes de llegar al borde de las tierras altas, la corriente troncal tiene una disposición recta de canales. A medida que llega a la llanura, la corriente se divide en

varios canales entrelazados y/o discontinuos, que se transforman en la disposición dominante. Corriente abajo, los canales se vuelven más numerosos; muchos canales se estrangulan en sus propios detritos a medida que se descargan sedimentos en forma de barras en el medio del canal y van creando nuevos canales a medida que las corrientes se desvían de las barras.

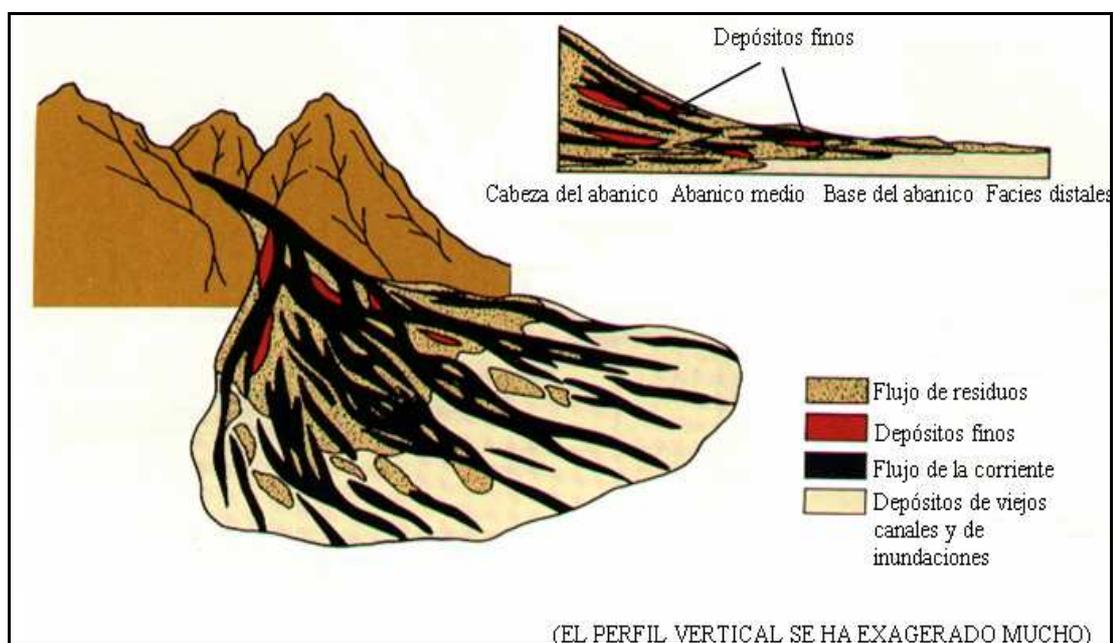


Figura 3.7 Morfología de un abanico aluvial. (Alfonsi, P. 1.999).

La porción proximal del abanico probablemente represente la parte más gruesa y peor distribuida de los sedimentos sub-superficiales. Los sedimentos proximales se mezclan comúnmente buzamiento abajo dentro del sistema fluvial de menor gradiente y de grano comparativamente fino. Algunos abanicos terminan directamente desde las tierras altas, llegando a las cuencas oceánicas o lacustres, como deltas o abanicos de mar profundo, que a su vez exhiben algunas modificaciones debidas a las corrientes o a las olas. (Alfonsi, P. 1999).

### 3.2.8 Correlación de registros de pozos

La correlación puede ser definida como la determinación de unidades estratigráficas o estructurales equivalentes en tiempo, edad, o posición estratigráfica. Con el propósito de Preparar mapas del subsuelo y secciones, las dos fuentes principales de data de correlación son las secciones sísmicas y los perfiles eléctricos de pozos. (Rojas, L. 1996).

Fundamentalmente, las curvas de registros de pozos eléctricos son usadas para delinear los límites de las unidades del subsuelo en la preparación de mapas del subsuelo y secciones. Estos mapas y secciones son usados para desarrollar una interpretación del subsuelo, con el propósito de explorar y explotar reservas de hidrocarburos. (Rojas, L. 1996).

Después de la preparación de un pozo preciso y de un mapa base sísmico, el trabajo de correlación sísmica y de registros eléctricos es el próximo paso en el proceso que conduce a un detallado estudio geológico y geofísico. Una interpretación no geológica puede ser preparada sin correlaciones detalladas de registros eléctricos. Una correlación perfecta es sumamente necesaria para una interpretación geológica segura. (Rojas, L. 1996).

3.2.8.1 Guías y procedimientos en la correlación de registros eléctricos: una correlación de registros eléctricos es un patrón de reconocimiento de un área en específico. Es frecuentemente debatido sí este patrón de reconocimiento es más un arte o una ciencia, pero nosotros creemos que ambas toman parte en el trabajo de correlación.

Cualquiera que esté involucrado con la correlación de registros debe tener un conocimiento de los principios geológicos, incluyendo procesos de ambiente

depositacional, y estar familiarizados con las principales herramientas de registros y medidas, los fundamentos de ingeniería de yacimientos, y los análisis de registros cuantitativos y cualitativos básicos.

Una variedad de curvas pueden representarse en un registro, pero es mejor correlacionar registros de pozos que tienen el mismo tipo de curvas; sin embargo, esto no siempre es posible. Un geólogo puede requerir correlacionar registros que tienen curvas diferentes. Y a veces, aun cuando los registros tengan las mismas curvas, el carácter o magnitud de las fluctuaciones de las curvas pueden ser diferentes de un registro al próximo. Por consiguiente, el trabajo de la correlación debe ser independiente de la magnitud de las fluctuaciones y la variedad de curvas en los registros de pozos individuales. (Rojas, L. 1996).

La información obtenida de los registros correlacionados es la materia prima usada para la preparación de mapas del subsuelo. Una correlación precisa es importante para una interpretación geológica confiable. Los mapas geológicos del subsuelo basados en la correlación de registros son tan confiables como las correlaciones que se usaron en su construcción. Eventualmente, las correlaciones de un geólogo, buenas o malas, están incorporados en la construcción de los mapas geológicos del subsuelo. Una correlación incorrecta puede ser costosa por lo que se refiere a un pozo seco, trabajos inútiles o de recompletación; por consiguiente, es esencial que se tenga cuidado extremo cuando se correlacionan los registros de pozos. (Rojas, L. 1996).

El proceso de correlacionar registros varía de un individuo a otro. A medida que los geólogos adquieren experiencia, ellos modifican y eventualmente establecen un procedimiento de correlación que trabaja mejor para ellos. Los registros eléctricos son comúnmente arreglados en una mesa de trabajo (mesa de luz), de tres maneras diferentes. (Rojas, L. 1996).

Como punto de partida, se debe alinear la escala de profundidad de los registros y busque correlacionar, si esta no es evidente, empiece a deslizar uno de los registros hasta encontrar un punto de buena correlación, y márkelo. Continúe este proceso a lo largo del registro hasta que toda la columna halla sido identificada. Este proceso parece relativamente fácil, pero se puede complicar por factores tales como adelgazamiento estratigráfico, buzamiento de capas, fallamiento, discordancias, cambio lateral de facies, pobre calidad del registro y pozos perforados direccionalmente. (Rojas, L. 1996).

### 3.2.9 Secciones geológicas

Es el aspecto de la cartografía que muestra las características del subsuelo en plano vertical y se clasifican en: estratigráficas y estructurales. Las secciones geológicas se hacen con el objetivo de determinar las relaciones laterales y verticales entre las unidades geológicas atravesadas por los siguientes pozos. Las secciones que generalmente se realizan en los estudios geológicos muestran detalles de estratigráfica y estructuras observables fácilmente en planos verticales. En una sección estratigráfica, un horizonte estratigráfico continuo es seleccionado como referencia o datum dibujado a través de toda la hoja o montaje de la sección, donde todas las demás fronteras formacionales están referidas. (Rivadulla, R. 2004).

En las secciones estructurales se selecciona un datum referido al nivel medio del mar y próximo a las arenas de interés, el cual será la línea desde donde todas las fronteras geológicas están referidas. (Rivadulla, R. 2004).

En las secciones la exageración de la escala vertical introduce distorsiones que puedan reflejar condiciones geológicas no existentes. En ocasiones, la escala vertical es exagerada 50 veces. En las secciones estructurales con grandes exageraciones de

la escala vertical tienden a exhibir el adelgazamiento de las formaciones en donde los buzamientos son empinados, por consiguiente dando el efecto de atenuación en los costados de la estructura y engrosamiento en los topes de los anticlinales, partes inferiores de los sinclinales y en otros lugares donde los buzamientos son planos. (Rivadulla, R. 2004).

3.2.9.1 Secciones estratigráficas: el objetivo de hacer secciones estratigráficas, es determinar la extensión lateral y vertical entre las unidades geológicas atravesadas por diferentes pozos. Una información importante obtenida de un buen mallado de secciones estratigráficas, es la de relaciones verticales entre las unidades para predecir movilidad de los fluidos y los límites del yacimiento.

Muestran en el plano vertical las características litológicas de facies y espesores de la arena. El objetivo principal de las secciones estratigráficas es reconstruir la geometría de las arenas en el tiempo de la depositación o en un tiempo corto posterior a ella, pudiéndose así obtener información acerca de las discordancias, barrera de permeabilidad, cambios de espesores estratigráficos, límites estratigráficos y variaciones de facies. Esta información luego podrá ser utilizada en propuestas de nuevas localizaciones, en respuesta a posibles problemas de producción. (Rivadulla, R. 2004).

Se construyen en forma manual orientadas en la dirección de la sedimentación, para visualizar la continuidad lateral de la arena dentro del yacimiento. (Rivadulla, R. 2004).

3.2.9.2 Secciones estructurales: estas secciones muestran la variación en altura o profundidades que presentan los horizontes geológicos a lo largo de un plano vertical.

A diferencia de la sedimentación, la estructura es un aspecto geológico de gran consistencia a lo largo de una secuencia estratigráfica, es decir, en general, se conserva un alto grado de paralelismo entre los planos estratigráficos. Una extensión está en presencia de una discordancia mayor, si ésta es de carácter angular.

3.2.10 Mapas geológicos: es el producto final de una interpretación geológica y se clasifican en: estructurales, isópacos y de tendencia.

3.2.10.1 Mapas estructurales: es una interpretación donde se proyectan datos que están en el subsuelo hasta un hipotético plano al nivel del mar. En este caso, entre otras desventajas lo que se cartografía no sé está viendo, por consiguiente el mapa es una buena medida interpretativa. Las fuentes de información son de primera instancia los datos sísmicos y los perfiles de pozos, el conocimiento que se tenga de áreas cercanas y en muchos casos, los datos de producción y de presiones del subsuelo.

Es la proyección de las líneas de intersección entre un plano horizontal y una superficie, las cuales muestran sobre un plano horizontal el tope o la base de un cuerpo de arena neta o nivel estratigráfico de interés, con los accidentes geológicos que la afecten tales como pliegues, fallas, truncaduras, erosión entre otros. (Rivadulla, R. 2004).

El mapa nos muestra la relación espacial del nivel estratigráfico mapeado y con el se indica la distribución de los fluidos dentro del yacimiento. Esta conformado por los contornos o curvas estructurales; estas son curvas que conectan puntos de igual valor con respecto a un nivel de referencia (generalmente el nivel del mar, por lo que a cada profundidad le sustrae el valor correspondiente a la mesa rotatoria). Estos no se cruzan ellos mismos, ni se cruzan a otros. Pasan entre puntos que tienen mayor o menos valor que el del contorno. Los intervalos deben ser constantes para todo el mapa. Su trazado e información da información sobre: el rumbo del estrato mapeado,

el buzamiento del mismo, la morfología de la estructura (pliegues, anticlinales, homoclinales, entre otros.), el desplazamiento y trazas de fallas. (Rivadulla, R. 2004).

Las fallas son fracturas a lo largo de las cuales se ha efectuado un movimiento de los estratos. Este representa un aspecto muy importante en la preparación de los mapas estructurales y para dibujarlo se necesita conocer las profundidades a las cuales tres o más pozos que no estén en línea recta la penetran. En el caso de una falla normal no vertical hay que tomar en cuenta la posición de la traza en el bloque levantado y en el bloque deprimido. La separación entre ambas trazas será tanto mayor cuanto menor sea el ángulo de buzamiento de plano de falla. (Rivadulla, R. 2004).

Los mapas topográficos y estructurales son verdaderos mapas de contornos estructurales. Sin embargo los mapas que se dibujan a iguales valores de presión (isobárico), temperatura (isotérmico), espesores (isópacos) o de litología (Isolitos), son frecuentemente referidos como mapas de contornos estructurales. (Rivadulla, R. 2004).

3.2.10.2 Mapas de electrofacies: son mapas que representan las condiciones paleográficas reinantes durante el tiempo de depositación de las arenas, haciendo uso de las electrofacies.

Las electrofacies son las respuestas del perfil de pozo ante una determinada litología saturada de fluidos, que permite establecer una columna litológica vertical, para identificar secuencias sedimentarias y correlacionar secciones de un pozo a otro. Los perfiles más utilizados con esta finalidad son potencial espontáneo y rayos gamma (Rivadulla, 2004).

El mapa de electrofacies tiene como finalidad mostrar la naturaleza y la dirección de las gradaciones que puede sufrir un horizonte en particular, podemos visualizar la distribución de las distintas facies identificadas en cada pozo, lo que permite compararlas con otros atributos de las arenas, para así complementar la evaluación de las condiciones de éstas con respecto a la posición estructural, geometría, extensión y características de producción. (Rivadulla, 2004)

3.2.10.3 Mapas isópacos: es la representación cartográfica de las variaciones en espesor de cuerpos o de entidades en el subsuelo.

Un plano de isópacos es extremadamente útil debido a que proporciona información directa sobre el lugar de máximo espesor, o de la terminación lateral de las formaciones porosas o permeables que pueden coincidir con trampas estratigráficas; además de proporcionar las bases para la interpretación de la historia geológica de una región durante la sedimentación de las formaciones consideradas, la forma de la cuenca, la posición de la línea de costa, áreas de levantamiento, entre otras. (Rivadulla, R. 2004).

### 3.2.11 Clasificación de los mapas isópacos

3.2.11.1 Mapas isópacos de arena neta total: son representaciones en el plano horizontal del espesor total de un cuerpo de arena medido en los perfiles de pozos.

3.2.11.2 Mapas isópacos de arena neta: son representaciones en un plano horizontal del espesor permeable de un cuerpo de arena.

3.2.11.3 Mapas isópacos de arena neta petrolíferas: son representaciones en un plano horizontal del espesor permeable de un cuerpo de arena saturado de hidrocarburos.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En este capítulo se reseñan las técnicas utilizadas para la ejecución secuencial de los objetivos propuestos y, por consiguiente, la metodología seguida para la realización de este trabajo de grado.

#### **4.1 Nivel de investigación**

La investigación se orientará hacia un nivel descriptivo ya que consistirá en generar información útil, la cual permitirá conocer la disponibilidad y el volumen de agua dulce en las formaciones Mesa y Las Piedras apoyándonos en el estudio de registros eléctricos superficiales (structural drill wells) perforados por la MENEGRANDE OIL COMPANY en el año 1939 hasta mitad de la década de los 40, igualmente un conjunto de información y material bibliográfico concerniente al tema de los acuíferos; tipos, estructuras y cómo funcionan. (Hurtado de Barrera, J. 2000).

#### **4.2 Diseño de investigación**

El diseño es de tipo documental para conseguir los objetivos trazados, permitiendo de esta manera conocer los parámetros mínimos necesarios para lograr su veracidad y aportar un punto de vista alternativo para desarrollar nuevas investigaciones a futuro (por ejemplo: un estudio hidrogeológico de los mantos acuíferos en la Mesa de Guanipa). (Hurtado de Barrera, J. 2000).

### **4.3 Población y muestra de la investigación**

La población está representada por los campos Limón, Limón Este, Nardo, Nieblas y Zumo donde están los Proyectos P50, P60, P64, P90, P95, P99 y P109 ubicados en el Distrito San Tomé, Estado Anzoátegui perteneciente a la Cuenca Oriental de Venezuela.

La muestra de esta investigación está representada por 143 pozos que se encuentran distribuidos a lo largo de toda el área de estudio.

### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos es de observación directa ya que los instrumentos que se utilizarán para obtener la información se hará a través de los registros eléctricos.

### **4.5 Técnica de procesamiento**

Procedimiento metodológico según Hurtado (1996), en este punto, se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: cálculos, mapas, y modelos.

La metodología utilizada en la ejecución de este proyecto se ve resumida en la figura 4.1.

De la misma forma y en la búsqueda de que el tiempo de trabajo se minimice, se elaboró un cronograma de actividades, que muestra uno a uno los pasos necesarios para poder hacer la caracterización geológica de los acuíferos, como son la

elaboración de mapas, secciones estructurales y estratigráficas, y por último la estimación de volúmenes de agua.

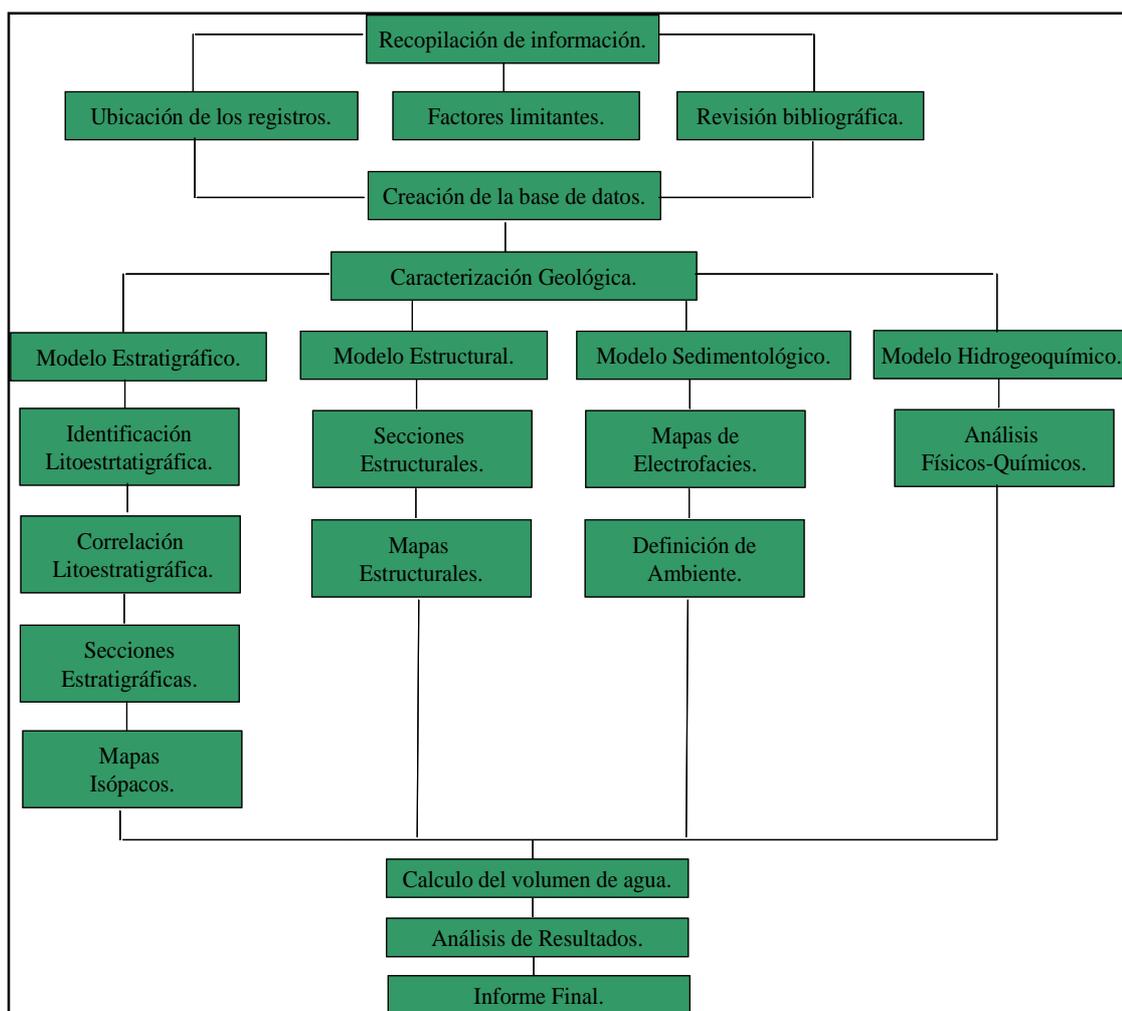


Figura 4.1 Flujograma metodológico.

#### 4.5.1 Recopilación y validación de la información

El primer procedimiento llevado a cabo para recabar la información necesaria consistió en una revisión bibliográfica de trabajos realizados en la Mesa de Guanipa

de manera exhaustiva, como en tesis de grado, informes de avances, bibliografía de geología general, ambientes sedimentarios, geología estructural, como información referente a acuíferos, aguas subterráneas para establecer semejanzas con el área.

De igual forma se realizó una revisión en la Sala Técnica en la unidad de yacimientos Distrito San tomé, con la intención de encontrar toda la información geológica de los campos antes mencionados, tales como ubicación geográfica, geología regional y local, también se contó con información aportada en páginas de Internet que tratan estos temas.

Esta primera etapa del trabajo es muy importante porque permite afianzar los conocimientos referentes a la distribución de agua dulce en la hidrosfera, cómo se disponen en el subsuelo y todas sus características; por otra parte, la revisión bibliográfica sobre la geología del área de estudio orientará futuras conclusiones que se generarán con respecto a la geología estructural, los ambientes sedimentarios y la geología en general. Esto facilita el logro de los objetivos en esta investigación planteada.

4.5.1.1 Ubicación de los registros: los registros de pozos fueron ubicados en el depósito de archivos antiguos que se encuentran en el edificio Merey de PDVSA Distrito San Tomé, se obtuvieron 143 registros en físico, del cabezal de cada registro se obtuvo las coordenadas planas que luego se transformaron a UTM., mediante la aplicación TcoordPC 1.0, esta transformación se logró utilizando un programa denominado Transcoordenadas, este programa está adaptado especialmente para Venezuela y utiliza como punto de referencia los distintos puntos de control geográficos que están distribuidos en el país.

En este caso corresponde a la estación de Barcelona y al meridiano central Oriente 63°, los cuales son los dos datos de entrada para proceder a la transformación.

Posteriormente se procedió a elaborar el mapa base de la zona para conocer la ubicación y distribución de los pozos empleando la herramienta de aplicación SIGEMAP 3.0.



Figura 4.2 Transformador de Coordenadas.



Figura 4.3 Transcoordenadas.

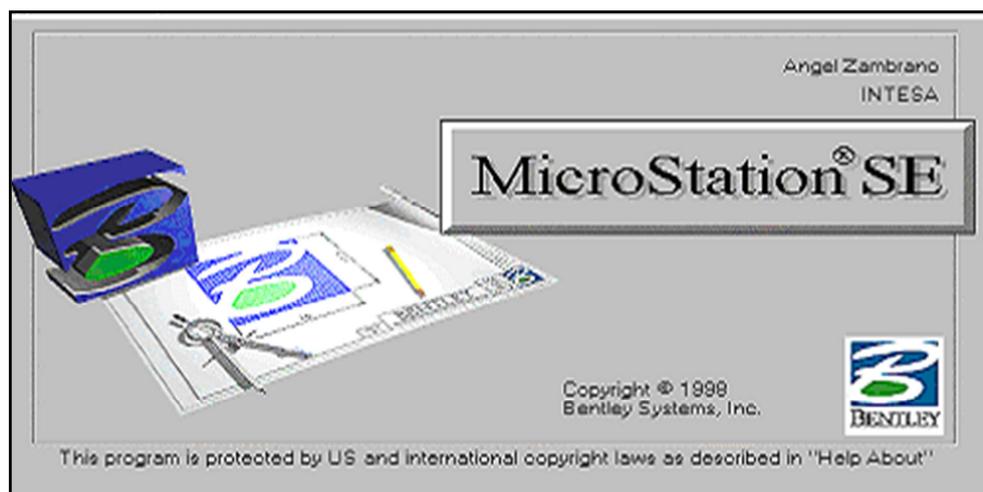


Figura 4.4 Ventana de inicio Sigemap 3.0.

#### 4.5.2 Creación de la base de datos

Una vez recopilada la información disponible de cada uno de los pozos del área de estudio se organizó una base de datos realizada en Microsoft Excel con el fin de facilitar el manejo de la misma, la cual está conformada por las coordenadas planas

y UTM, nombre del pozo, altura de la mesa rotaria, Tope TVD y TVDSS, Base TVD y TVDSS, espesor de la arena y espesor de la arena neta acuífera, y permitir realizar la caracterización geológica la cual está formada por 4 modelos: modelo estratigráfico, modelo estructural, modelo sedimentológico y modelo hidrogeoquímico.

#### **4.6 Modelo estratigráfico**

El objetivo de este modelo es reconstruir la geometría de las arenas de interés y verificar la continuidad lateral de las mismas. Para ello se debe: identificar los estratos, definir los límites verticales y laterales del nivel estratigráfico, visualizar la variación de espesores, definir la dirección preferencial de los depósitos de alta energía e identificar la distribución de las facies.

Cabe acotar que se investigó la posibilidad de la existencia de fallas en las Formaciones Mesa- Las Piedras correspondientes a la zona de estudio, y se encontró que las fallas que tienen tanta importancia en los yacimientos petroleros que se encuentran a mayor profundidad, no afectan a los sedimentos de la formación antes mencionada.

##### **4.6.1 Correlación litoestratigráfica**

Para la correlación se identificaron los tipos de registros con los que contaba cada pozo, resultando que todos tenían SP y Resistividad y su escala era 1:100 para la vertical y para la horizontal 1:100 para el SP y 1:50 para la Resistividad.

Para identificar los topes y bases de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 se procedió a correlacionar con el proyecto 74 cercano al área de estudio y tomando un registro tipo “Pozo 341” que representa las arenas de interés por poseer una columna

estratigráfica representativa del área de estudio, y posteriormente realizar el mallado de correlación a partir del pozo 257 del proyecto 64.

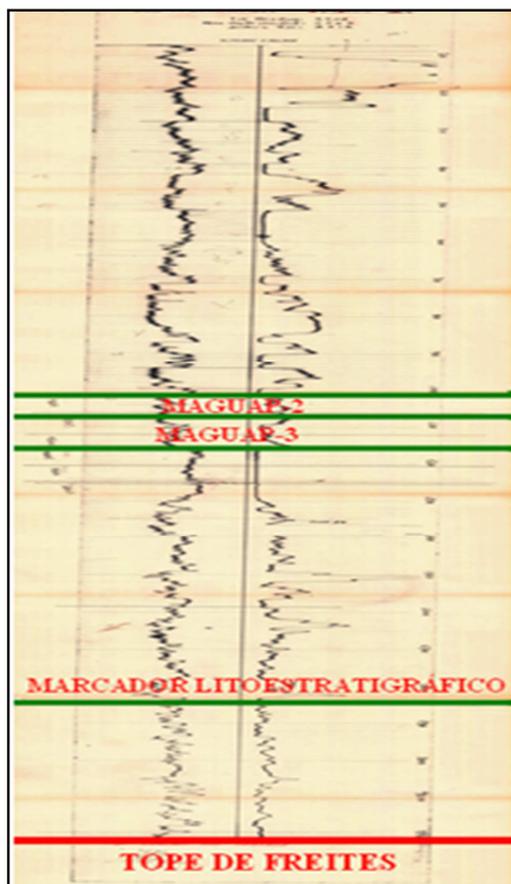


Figura 4.5 Registro tipo, Hole 341-Proyecto 74.

#### 4.6.2 Elaboración de secciones estratigráficas

Una vez definidos los topes y las bases de los intervalos de interés se procedió a realizar las secciones a través del Software Geographix, siendo esta herramienta de gran ayuda para realizar las secciones estratigráficas.

Estas secciones se hicieron con la finalidad de mostrar la continuidad lateral de las arenas, se construyeron en total 4 secciones estratigráficas, fueron etiquetadas con los nombres A-A', B-B', C-C', D-D' de las cuales todas tienen dirección perpendicular a la sedimentación.

Generalmente, se selecciona un marcador estratigráfico en el cual se van a colgar las secciones, este tiene que ser el mismo en todos los pozos, por lo que se recomienda seleccionar como marcador un cuello lutítico que prevalecía en todos los registros y este se encontraba aproximadamente a 1700' de profundidad, ya que estos son eventos regionales y no pierden continuidad.

Geographix es una aplicación de interpretación geológica de Landmark, diseñada para satisfacer las necesidades de geocientíficos e ingenieros, que requieren un acercamiento integrado para generar y evaluar la prospectividad de un área de estudio. Se utiliza para correlacionar registros de pozos, elaborar e interpretar las secciones, y realizar los análisis litológicos, también se usa para crear parámetros estructurales, isócoras, producción y mapas de facies. Para elaborar las secciones fue necesario generar una base de datos en Excel la cual contenía los nombres de los pozos, las curvas que poseía el registros, la máxima profundidad alcanzada (TD), la elevación de la mesa rotaria (EMR), la distancia entre los pozos, las coordenadas UTM de cada uno. También fue necesario escanear todos los registros para poder ser cargados de forma digital en la base de datos de Geographix.

Finalmente se procedió a interpretar las secciones estratigráficamente, mediante representaciones gráficas para cada facies, es decir, las electrofacies, las cuales se pueden interpretar como fuese dependiendo de las respuestas eléctricas, canal, llanura de inundación.



Figura 4.6 Ventana de inicio GeoGraphix.

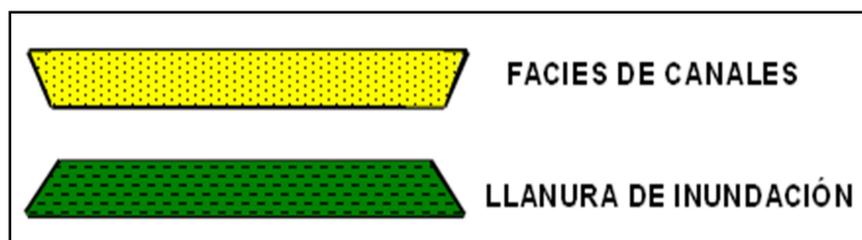


Figura 4.7 Representación gráfica de facies.

#### 4.6.3 Mapa isópaco

Una vez realizada la correlación se determinaron los espesores de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3, a través de la diferencia entre tope y base del intervalo estudiado con alto potencial, utilizando las curvas de SP y Resistividad y tomando

una línea de cutoff de 25  $\Omega$ -m, valor establecido dentro del rango para el agua dulce, tomado de la publicación *American Journal of Public Health*, de la American Public Health Association, (A.P.H.A.), (1995), ya que el rango para agua potable es de (10 - 200)  $\Omega$ -m. (Tabla 4.1 y Figura 4.8).

Una vez obtenido los valores de espesor, se plasmaron en un mapa base a escala 1:50.000 y se trazaron las líneas isópacas cada 10 pies, luego se escanearon los mapas para proceder a digitalizar en SIGEMAP 3.0. Estos muestran la orientación, distribución de las arenas de interés en el área de estudio y las geometrías, lo que facilitó la identificación e interpretación del tipo de depósito y ambiente sedimentario.

Tabla 4.1 Clasificación APHA (1995). (Organización Mundial de la Salud, (O.M.S), 1974).

Clasificación	Ohm/m
Agua dulce	10-200
Agua salobre	200-500
Agua de mar	500-4500
Salmuera	4500-10000

4.6.3.1 Mapa isópaco unificado MAGUAP-2 y MAGUAP-3: los espesores para la elaboración de este mapa se determinaron, a través de la sumatoria de los espesores de las dos arenas en estudio, para así generar un mapa isopaco unificado. Los espesores obtenidos se plasmaron en un mapa base a escala 1:50.000 y se determinaron los límites de roca y luego se interpolaron las curvas cada 10'. Este mapa se escaneo y se georeferencio en la aplicación sigemap para su siguiente digitalización.

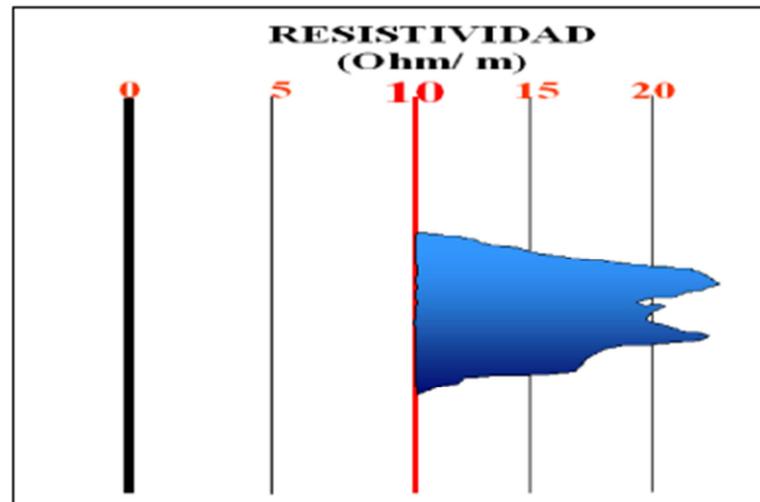


Figura 4.8 Línea de Cutoff.

4.6.3.2 Mapa distribución areal de agua: para su elaboración se procedió a sumar todos los espesores de arena neta acuífera (ANA), contenidos en toda la columna acuífera de las formaciones Mesa y las Piedras, tomando un cutoff de 25  $\Omega$ -m. Solo se le realizó la sumatoria a aquellos pozos que tenían corridas, desde 100' hasta 1700' pies en TVD para así no generar tantas variaciones de espesores. Se originó una base de datos de 64 pozos. Estos espesores se plasmaron en un mapa base a escala 1:50.000 para su posterior interpolación. Luego de culminado manualmente, se escaneó y se georeferenció en la aplicación de SIGEMAP 3.0 y se procedió a digitalizarlo.

## 4.7 Modelo estructural

### 4.7.1 Secciones estructurales

El objetivo principal de las secciones estructurales es el de validar o comprobar la existencia de estructuras presentes en el subsuelo. Muestra la variación en alturas y profundidades que presentan los horizontes geológicos a lo largo del plano vertical.

Se elaboraron cuatro 04 secciones estructurales, las cuales fueron etiquetadas con los siguientes nombres: A-A', B-B', C-C', D-D' y la sección estructural regional, todas en dirección paralela a la sedimentación, tomando como datum estructural -500', -1600' y -2200' en TVDSS de profundidad. Estas secciones se hicieron en Geographix, realizando la misma metodología que para las secciones estratigráficas, variando el datum estratigráfico por el estructural. Fue necesario trazar las direcciones de las secciones.

La finalidad de elaborar las secciones estructurales es comprobar la existencia de estructuras presentes en los mantos acuíferos, y observar la variación en alturas y profundidades que presentan los horizontes geológicos, determinar el buzamiento de los estratos.

La altura de la mesa rotaria era información referida en los cabezales de los registros, lo cual ayudo enormemente para poder calcular el datum estructural en TVDSS.

#### 4.7.2 Mapa estructural

En vista que no se contó con sísmica, el mapa fue diseñado simplemente realizándolo en la aplicación SIGEMAP 3.0, unido con el mapa isópaco generando así un mapa isópaco estructural para cada nivel en estudio. El mapa estructural elaborado manualmente, fue escaneado y luego georeferenciado en la aplicación SIGEMAP 3.0 para su posterior digitalización con un espaciamiento entre curvas de 100'.

Generando una base de datos en Excel representando la profundidad TVD, elevación de la mesa rotaria, coordenadas UTM y profundidad máxima alcanzada por el registro, y mediante la herramienta PETREL 2007, se cargaron cada uno de los

pozos que se encontraban dentro del área de interés. Por último los valores de los contornos estructurales con un espaciamiento de 100' entre curvas, para así realizar los modelos estructurales de cada arena para observar en 3D las estructuras que generaban cada arena y su buzamiento.

Las formaciones Mesa y Las Piedras no presentaron estructuras geológicas complejas; y por esto, los mapas estructurales sólo muestran buzamientos y bajo grado.

#### **4.8 Modelo sedimentológico**

##### 4.8.1 Elaboración de mapas de electrofacies

Para la obtención del análisis sedimentológico o mapa de facies se cartografió el mapa base a escala 1:50.000 en la aplicación SIGEMAP 3.0, se procedió a digitalizar las electrofacies de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3, tomando como criterio cada respuestas eléctricas de SP y Resistividad, donde el tipo fining-up (grueso hacia la base y fino hacia al tope, granodecreciente), se interpreta como facies de canal y el tipo “coarsening-up” (fino en la base y grueso hacia el tope, granocreciente), se interpreta como facies de Abanico de rotura. (Figura 4.9).

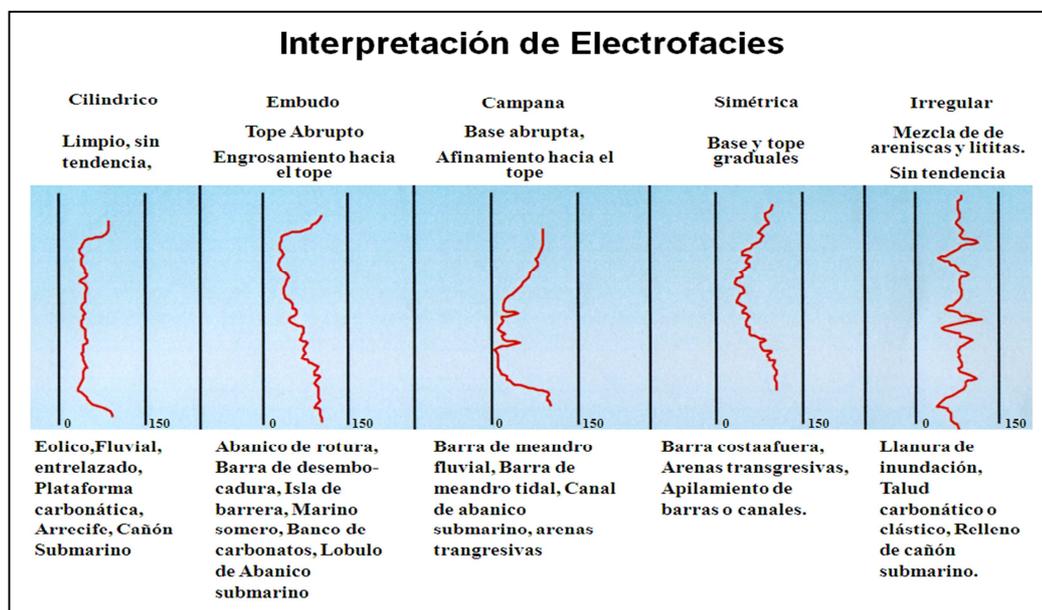


Figura 4.9 Representación gráfica respuesta eléctricas. (Alfonsí, 1999).

Este mapa se realizó con la ayuda de algunas de las secciones estratigráficas, que permitieron determinar la coalescencia entre las arenas observadas en los registros, para la definición del tipo de ambiente.

Todo este procedimiento, se realizó tanto para las arenas en estudio por separado, como también para las arenas unificadas. Generándose tres mapas de ambiente.

#### 4.9 Modelo hidrogeoquímico

Para realizar los análisis físico-químicos, se tuvo que recolectar las muestras de agua en la zona de interés, las cuales se ubicaron a través de un mapa suministrado por Catastro PDVSA. Una vez ubicado los pozos de mayor interés y que fuesen más representativos respecto al área total de estudio, se procedió a realizar tres visitas; la primera ubicada en el campo Nardo, la muestra fue recolectada en la Planta

Compresora Nardo, ubicada bajo las coordenadas UTM E392110 y N1006942; la segunda ubicada en el campo Nipa, y la muestra fue recolectada en la estación Nipa 10, con coordenadas E397639 y N1001401; y la tercera ubicada en el campo Limón cuya muestra se tomó de la estación Leona 20, con coordenadas UTM E411031 y N1004873. (Anexo 19).

Luego las muestras fueron consignadas en el laboratorio de Hidrocaribe ubicado en la Ciudad de El Tigre.

#### **4.10 Cantidad y volumen de agua**

El cálculo de volumen de agua se le realizó al mapa isópaco unificado y al de distribución areal, a través de la herramienta SIGEMAP 3.0. Determinando el volumen de arena neta acuífera (ANA), contenida en cada mapa isópaco a través de la generación de polígonos, delimitados por los límites de rocas y bordes del mapa ya que el software requiere que sean figuras cerradas las cuales contengan líneas isópacas dentro. Es importante acotar que dependiendo de la forma del mapa, se pueden generar varios polígonos en un mismo mapa, en el cual para obtener el volumen total solo deben sumarse los volúmenes parciales. (Figuras 4.10 y 4.11).

Una vez determinado el volumen total de un mapa, se multiplica por la porosidad del área para obtener un volumen referente a los espacios vacíos presentes en las arenas de estudio. Se asume que la saturación de agua es el del 100% porque estamos frente arenas acuíferas. (Figuras 4.12 y 4.13).

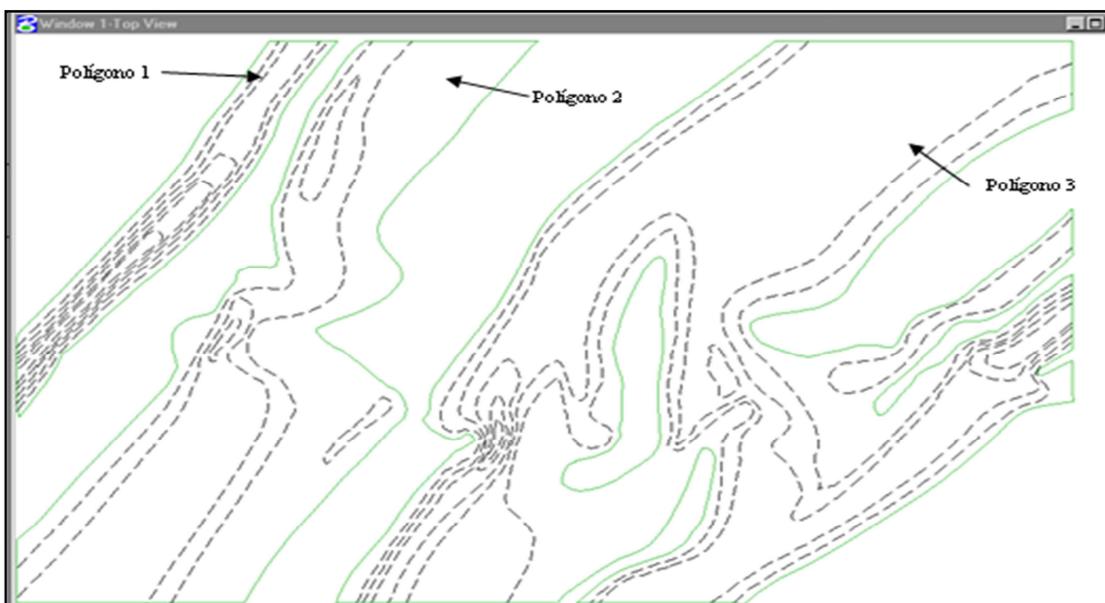


Figura 4.10 Polígonos generados para cálculo de volumen del isópaco MAGUAP-2y MAGUAP-3.

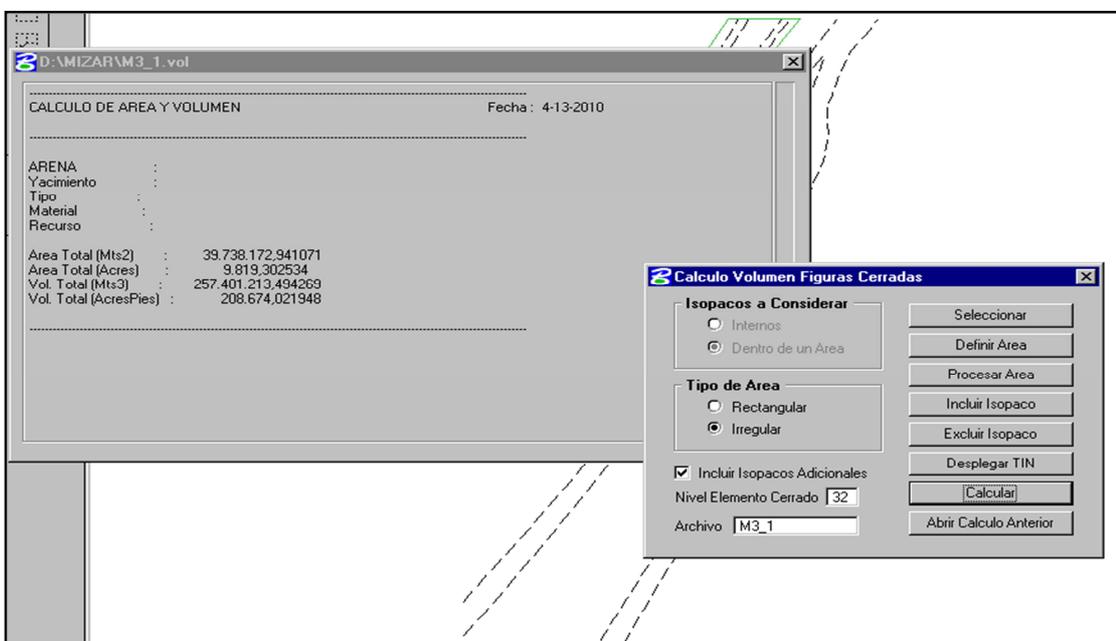


Figura 4.11 Resultado de volumen de polígono 1 del mapa isópaco MAGUAP-2 y MAGUAP-3.

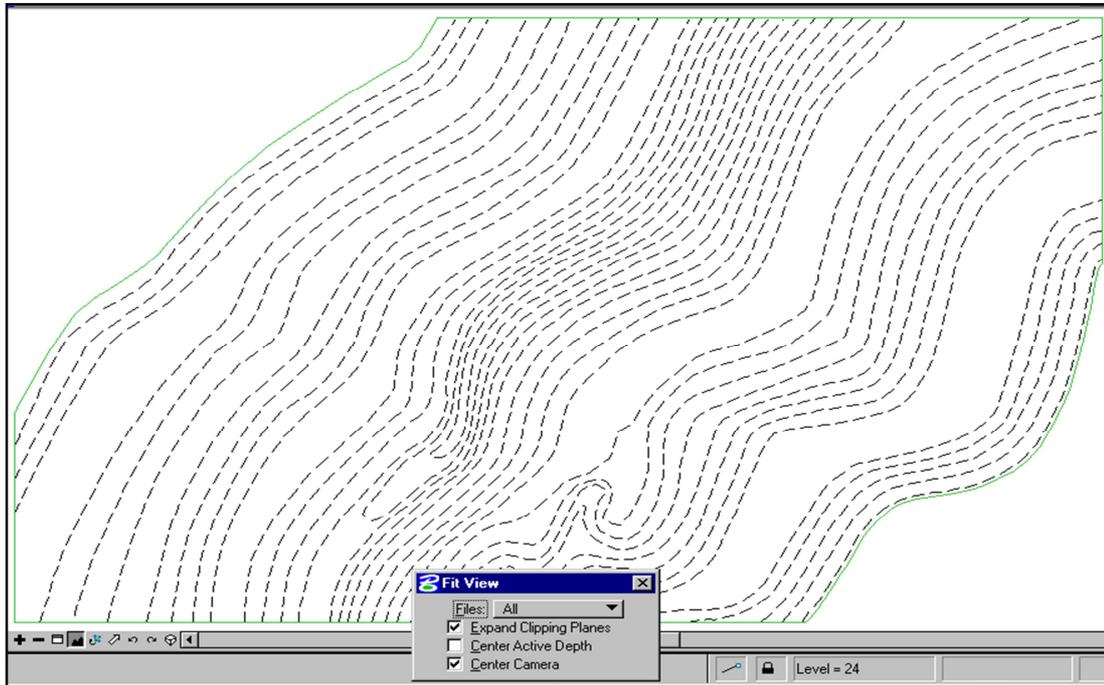


Figura 4.12 Polígono del mapa de distribución areal de agua.

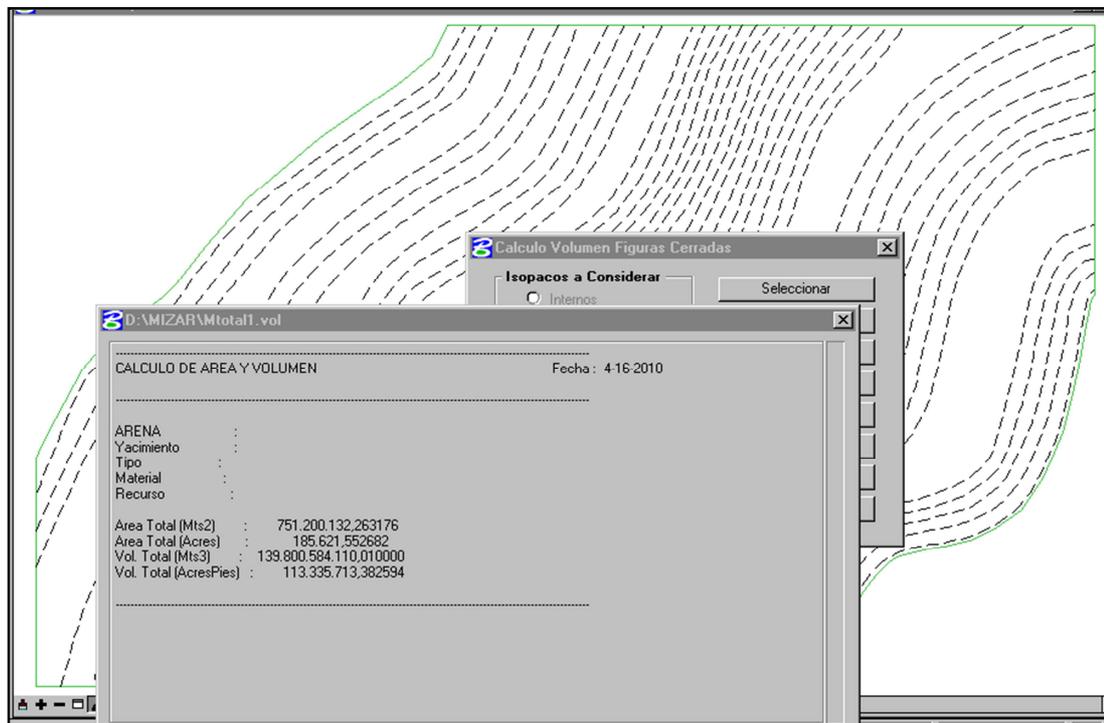


Figura 4.13 Volumen de arena neta acuífera del mapa de distribución areal de agua.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 Factores limitantes**

Este estudio presentó una serie de limitaciones, dentro de las cuales están la carencia de información, necesaria para la realización de un estudio más completo del área, la cual se encuentra comprendida dentro de los proyectos P-50; P-60; P-64; P-90; P-95; P-99 y P-109. Estos fueron realizados por la empresa M.G.O. (Mene Grande Oil Company). Este proyecto agrupa una serie de pozos, sumando un total de 143, de los cuales se tenían registros sólo en físico; estos no se encontraban digitalizados, rasterizados, ni cargados a ninguna base de datos que nos facilitara trabajar en programas para la interpretación, creación de mapas y secciones geológicas.

##### **5.1.1 Otras limitaciones fueron**

1. La antigüedad de los registros data de los años 1939-1945, en ellos se desplegaban sólo dos pistas; una de litología (litology) en este caso es el potencial espontáneo (SP) y la otra donde se reflejaba la resistividad (Resistivity). Se contaba con copias en mal estado, debido a que estos fueron encontrados en un depósito donde estuvieron guardados durante los últimos años. No presentan escala horizontal y las copias de ellos estaban mal elaboradas, dificultando la visualización clara de las curvas.

2. No existen mapas oficiales del subsuelo que ayudara a comparar los resultados obtenidos en el trabajo realizado, ni con un mapa base donde se encontraran los pozos cartografiados y bien señalados.

3. Los pozos contaban con Coordenadas Planas y fue preciso transformarlas a Coordenadas U.T.M., para poder ubicarlos y crear un mapa base utilizando la herramienta en computación SIGEMAP 3.0.

4. La pista #1 (track #1) donde está representado el registro de Potencial Espontáneo (SP), no es confiable debido a que las respuestas reflejadas cuando son corridos en formaciones que contengan agua dulce producen que la respuesta tienda a invertirse.

5. Al momento de la correlación de los pozos, se hizo difícil debido al complejo ambiente sedimentario en que se depositaron las formaciones Mesa y Las Piedras (Plioceno – Pleistoceno); se trata de canales entrelazados que fueron montándose uno sobre otro, formándose lentes y mantos, que hace que los acuíferos se comporten como unidades interconectadas, coalescentes y de una extensión limitada por el área que comprenden las formaciones mismas. Estos canales, una vez sedimentados, fueron erosionados por los canales activos, quedando conectados la gran mayoría de ellos tanto horizontal como verticalmente.

## **5.2 Recopilación de la información**

En la recopilación y validación de la información, se obtuvieron 143 registros en físico de pozos perforados desde 1939 hasta la mitad de la década de los 40. Del cabezal de cada registro se obtuvieron las Coordenadas Planas que luego se transformaron a U.T.M. para elaborar el mapa base de la zona. De los mismos, se obtuvieron los datos de curvas de Potencial Espontáneo (SP) y Resistividad. También se recopiló información de informes técnicos y tesis sobre aguas subterráneas del área de estudio y zonas vecinas así como información bibliográfica sobre acuíferos y geología general de la zona de estudio.

Esta recopilación de la información nos llevó a la generación de la caracterización geológica, la cual esta formada por 4 modelos: estratigráfico, estructural, sedimentológico e hidrogeoquímico.

### **5.3 Modelo estratigráfico**

#### 5.3.1 Identificación litoestratigráfica de las diferentes arenas.

A medida que se fue llevando a cabo la correlación, se fueron observando e identificando las arenas con mayor potencial de agua dulce según la deflexión de la curva de Resistividad. La curva de Resistividad en agua dulce se comporta de una manera muy pronunciada hacia la derecha, a diferencia del Potencial Espontáneo (SP) que se comporta de una manera casi constante, la curva de SP tiende a invertirse en la mayoría de los casos, es decir, no es confiable en agua dulce.

#### 5.3.2 Correlación litoestratigráfica

La correlación es un elemento esencial en la mayoría de las investigaciones geológicas, porque es la demostración de la equivalencia de las unidades estratigráficas en el subsuelo.

La cantidad de pozos perforados en el área facilitó el reconocimiento del horizonte geológico, su continuidad y los cambios de facies.

El modelo estratigráfico se creó posteriormente realizada la correlación de 143 pozos, donde se tomó dos horizontes en consideración arena MAGUAP-2 y MAGUAP-3, las cuales se encontraron en la totalidad del área cambiando alternativamente de arenas bien definidas a grandes espesores de lutitas dándose estas fluctuaciones por cambios laterales de facies.

Esta correlación fue realizada litoestratigráficamente, donde se extrapolaron los horizontes de interés en toda el área de estudio que abarcaban los 143 pozos. En esta correlación, debido a la complejidad del Paleó ambiente sedimentario en cuestión, fue necesario tomar un marcador que prevaleciera en toda la extensión del área. Se tomó como marcador en la mayoría de los casos un cuello lutítico.

### 5.3.3 Secciones estratigráficas

Las secciones fueron ubicadas de manera tal que sean representativas de toda el área de estudio y se elaboraron con la intención de demostrar que en toda la zona los mantos acuíferos de la Formación Mesa y los paquetes superiores de la Formación Las Piedras se comportan como una sola unidad hidráulica gigantesca. En estas secciones se observan la continuidad lateral de las lutitas y arenas; estas últimas se interconectan entre sí a lo largo de todas las secciones aunque en algunas zonas se presentan llanuras de inundación que separan unos cuerpos de otros pero de poca extensión lateral.

Se realizaron 4 secciones estratigráficas, todas perpendiculares al flujo de sedimentación (A-A') en dirección Suroeste-Noreste, (B-B') en dirección Noroeste-Sureste, (C-C') en dirección Oeste-Este y (D-D') en dirección Suroeste-Noreste las cuales se muestran identificadas en la (Figura 5.1).

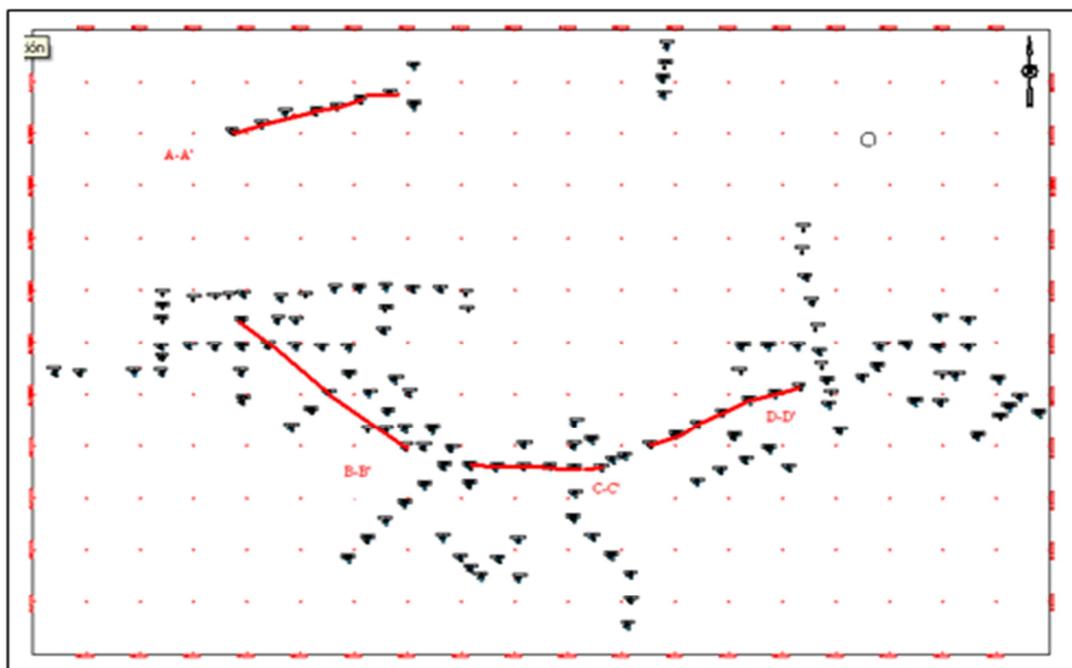


Figura 5.1 Mapa índice de secciones estratigráficas.

5.3.3.1 Sección A-A': tiene una dirección Suroeste-Noreste; está compuesta por 7 pozos del Proyecto N° 95: P95-158; P95-159; P95-160; P95-161; P95-162; P95-163 y P95-164. Esta sección cuenta con una distancia de 6001 m (6.001 Km.), en toda su extensión. El espesor promedio de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 oscila entre 11'-26', y los espesores tanto en el lente superior como en el inferior no son constantes a lo largo de la sección. Hacia la parte SO de la sección, en los pozos P95-164 y P95-163 se observa los mayores espesores y la coalescencia de las dos arenas en estudio lo que indica que hay intercomunicación hidráulica verticalmente de las arenas en estudio, luego hacia el centro de la sección varia lateralmente cambiando a facies de llanuras de inundación y hacia la parte NE empiezan aparecer espesores de arenas, en los cuales se observan apilamientos de canal con intercalaciones de lutita. La llanura de inundación que aparece en el centro de esta sección representa la separación de dos canales, de los cuales el primero está conformado por los pozos ya nombrados anteriormente, que poseen la coalescencia y el segundo canal por los pozos P95-160, P95-159, P95-158 los cuales van aumentando de espesor de arena de SO a NE, ya que se van orientado hacia el centro del canal. Esto esta corroborado, con la ayuda del mapa de ambiente unificado MAGUAP-2 y MAGUAP-3. Las arenas hacia el NE tienen una gran tendencia a subdividirse en lentes, esto debido a la gran inestabilidad de sedimentación y a los grandes cambios de energía que presentan los canales a lo largo de su evolución, y estos tienden a crear depósitos alternantes de arenas y lutitas o arenas sumamente arcillosa.

Esta sección tiene como marcador un cuello lutítico que se encuentra suprayacente al horizonte MAGUAP-2, que prevalece en todos los registros que conforman la sección y se encuentra aproximadamente entre los 1600' y los 1800' de profundidad en TVD. (Anexos 1 y 14).

5.3.3.2 Sección B-B': esta sección presenta una dirección Noroeste-Sureste; está constituida por 5 pozos que pertenecen a los Proyectos N° 50, 60 y 64: P50-146, P50-157; P60-198; P64-245 y P64-246. Tiene una distancia total de 7730 m (7,73 Km.) en toda su extensión, y se presentan con espesores que varían entre 5' y 65', los espesores tanto en el lente superior como inferior varían, no se mantienen a lo largo de la sección.

El datum estratigráfico para esta sección fue un cuello lutítico que se encuentra suprayacente al horizonte superior y se encuentra aproximadamente entre los 900' y los 1000' de profundidad en TVD. A lo largo de toda la sección se observan apilamientos de canal con intercalaciones de lutita. También se observan las variaciones laterales ubicándose los mayores espesores de arena hacia la parte SE de la sección en los pozos P64-245 y P64-246 y los menores espesores hacia en el centro de la misma. Existe extensión lateral y intercomunicación hidráulica de las arenas tanto vertical como horizontalmente. Hay que tomar en cuenta, que las arenas a lo largo de la sección tienen una tendencia a subdividirse en lentes, este caso se presenta por el hecho de que los canales en el tiempo de vida activa, sufren fluctuaciones de cambios de energía de transporte de sedimentos y esto logra que los depósitos tiendan a tener arenas y lutitas intercaladas, perdiendo potencia el espesor de las arenas. (Anexos 2 y 14).

5.3.3.3 Sección C-C': compuesta por 6 pozos que pertenecen al Proyecto N° 64, con Dirección Oeste-Este, los pozos que se encuentran en esta sección son: P64-243; P64-244; P64-250; P64-251; P64-252 y P64-272. La distancia total de la sección es 4901 m (4,901 Km.) y los espesores varían entre los 12' y 30', los espesores en el lente superior se mantienen muy parecidos a lo largo de la sección, lo contrario ocurre en el lente inferior en el cual si existen variaciones notables de espesores. Hacia el extremo Oeste de la sección se observa un cierre de canal en el pozo P64-243, luego hacia el centro de la sección se observa una variación lateral de canales apilados con intercalaciones de lutitas y en los cuales se ubica una de las zona de mayores espesores en esta sección, luego en el pozo P64-252 ubicado más hacia el Este que los anteriores, se observa una disminución de los espesores de arena y hacia el extremo Este en el pozo P64-272 se ubica una coalescencia de las dos arenas de interés y por ende la otra zona de mayor espesor en esta sección. En esta sección se puede observar claramente la interconexión hidráulica tanto vertical como horizontal de las arenas en estudio. Hacia el extremo Oeste se ubica el mayor espesor de lutita pero con poca extensión lateral.

El datum estratigráfico para esta sección fue un cuello lutítico que se encuentra suprayacente al horizonte superior y se encuentra aproximadamente entre los 900' y los 1100' de profundidad en TVD. (Anexos 3 y 14).

5.3.3.4 Sección D-D': ésta sección tiene dirección Suroeste-Noreste, formada por 7 pozos de los Proyectos N° 64 y 90: P64-274; P64-275; P64-276; P64-277; P90-129; P90-130 y P90-131, con una distancia total de 6099 m (6,099 Km.) y espesores que varían entre 3' y 50', los espesores en el lente superior se mantienen a lo largo de la sección lo que no ocurre en el lente inferior. El datum estratigráfico para esta sección es un cuello lutítico que infrayace al horizonte MAGUAP-3 aproximadamente a una profundidad de 2800' y 3000' en TVD.

En esta sección hacia el extremo SO se ubica un cierre de canal en el pozo P64-274, luego se observa una variación lateral en la cual aparecen facies de canales y en el pozo P64-275 la arena en estudio MAGUAP-3 coalescen con el lente que lo infrayace siendo en este caso MAGUAP-4. En dirección hacia el NE en el pozo P64-277 también se ubica una coalescencia entre las dos arenas de interés y siguiendo hacia la parte más al NE de la sección los espesores de arena van disminuyendo ya que se van acercando al borde del canal. Los mayores espesores en esta sección se encuentran en las zonas de coalescencia de las arenas.

Todos los lentes lutíticos tienen poca extensión lateral y así sucede en casi todas las secciones. (Anexos 4 y 14).

#### 5.3.4 Mapa isópaco

Los espesores de arena neta acuífera de MAGUAP-2 y MAGUAP-3 tomados del registro mediante la curva de resistividad en un rango mayor a  $25 \Omega/m$  permitieron realizar el mapa isópaco con espesores de arena neta acuífera (ANA), ya obtenido los valores, los mayores espesores varían desde 30' a 70' y se encuentran hacia el depocentro de los canales, mientras que a los laterales los espesores van disminuyendo desde 30'-0', tomándose los espesores 0' como límites de roca. Los mayores espesores se encuentran hacia la parte central de la zona en estudio. En el nivel de la arena MAGUAP-2 hacia la parte Este los espesores de los depocentros son parecidos a los de la parte Oeste lo cual ocurre en el nivel de la arena MAGUAP-3. (Anexos 10 y 11).

5.3.4.1 Mapa isópaco unificado MAGUAP-2 y MAGUAP-3: posee la misma dirección de sedimentación que los dos mapas isópacos de las arenas antes mencionadas, con espesores que oscilan entre 50'-90' en los depocentros de los canales, y de 50' a 0' hacia los bordes de los canales hasta llegar a las llanuras de inundación. Este mapa se elaboró, por la notable presencia de coalescencia en el área de estudio, lo que indica que los niveles en estudio están conectados verticalmente. Las zonas de mayores espesores se encuentran hacia el extremo Oeste (O) y hacia el centro del área en estudio. En el extremo Este los espesores son representativos pero menores que en la parte Oeste y centro. (Anexo 16).

5.3.4.2 Mapa de distribución areal de agua: posee espesores generados en este mapa oscilan entre 600' y 1000' en los depocentros. Es importante mencionar que no se generó límites de roca ya que es un mapa de puros espesores de arena neta acuífera (ANA). Se ubicaron tres zonas para propuestas de posibles perforaciones futuras de pozos de agua, para consumo humano, cada una ubicada en las zonas de mayores espesores de arena. Fue el único parámetro que se tomó en cuenta para la ubicación, ya que no se contaba con información petrofísica. Las zonas están delimitadas por las siguientes coordenadas: Zona1 (V1: 388451,821; 1003833,884), (V2: 389148,025;1004995,076), (V3:389901,458;1004543,348), (V4:389205,254;1003382,156), Zona2 (V1: 397619,842;1003929,777), (V2: 399145,669;1006067,581), (V3: 399929,384;1005508,216), (V4:398403,558;1003370,411), Zona3 (V1:409977,596;1005419,514), (V2:411319,671;1005195,662), (V3:411710,265;1007537,416), (V4:410368,190;1007761,268). La dirección de sedimentación es hacia el NE, la misma dirección que ha prevalecido en todos los mapas isópacos. (Anexo 15).

## 5.4 Modelo estructural

Los modelos generados en la aplicación de petrel, nos dan una clara visualización en tercera dimensión de las estructuras generadas por las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 desde el punto de vista de dirección de buzamiento. (Anexo 18).

### 5.4.1 Secciones estructurales

Las formaciones Mesa-Las Piedras no presentan estructuras geológicas complejas; y por ende, las secciones estructurales sólo representan buzamientos y algunos pliegues sinclinales y anticlinales con flancos de mucha amplitud. Se destaca la amplia extensión de La Mesa de Guanipa en el área de estudio y tiene una altura promedio sobre el nivel del mar de 750' (+/-230 mts) m.s.n.m.

De forma generalizada, las secciones trazadas con dirección Suroeste–Noreste; correspondiendo a la dirección de sedimentación, presentan un buzamiento promedio de 0° y 1°. Estas secciones son las más relevantes porque se demuestra con ellas el suave buzamiento de las capas representando Homoclinales, la ausencia de fallas y estructuras complejas, al igual que la sección trazada en dirección Oeste-Este. En este estudio se realizaron un total de 4 secciones estructurales ubicadas de manera tal que sea posible representar las estructuras de los estratos acuíferos de interés. (Figura 5.2).

Para la elaboración de las secciones fue necesario normalizar las profundidades a partir de un datum referencial.

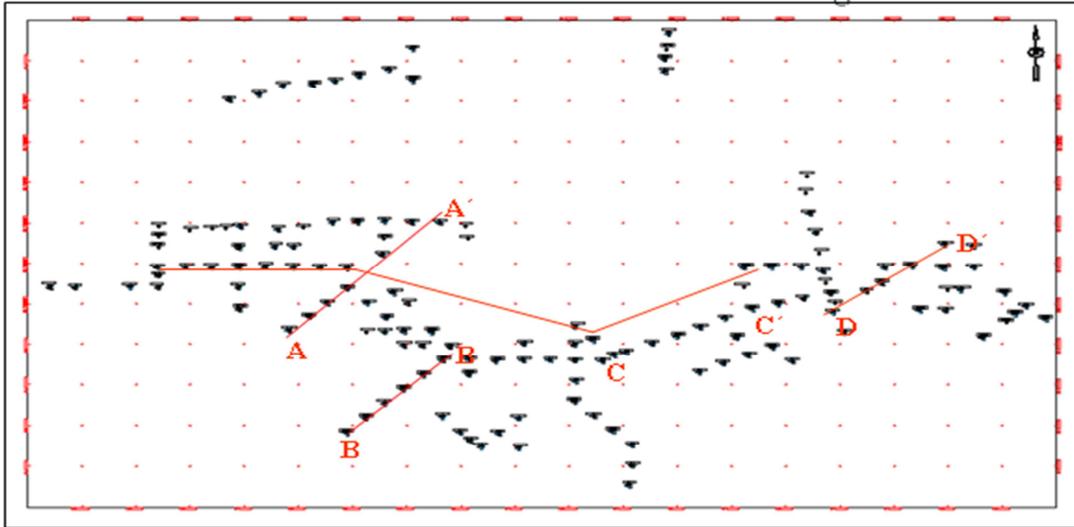


Figura 5.2 Mapa índice de secciones estructurales.

A continuación, los resultados obtenidos para cada sección estructural:

5.4.1.1 Sección A-A': esta compuesta por 6 pozos de los Proyectos N° 50, 60 y 95: P50-158, P60-198, P60-199, P60-200, P95-143 y P95-144. Presentando una longitud de 7071m (7,071km) en toda su extensión, con dirección Suroeste-Noreste, paralela a la sedimentación. El datum estructural está ubicado a -500' en TVDSS y los estratos se encuentran casi horizontales. No posee estructuras complejas, con buzamiento de  $0,56^\circ$  en dirección Noreste. Esta sección se ubica hacia el extremo Oeste del área de estudio. (Anexos 5 y 14).

5.4.1.2 Sección B-B': constituida por 6 pozos de los Proyectos N° 60 y 64: P60-205, P64-247, P64-249, P64-255, P64-256 y P64-257. La zona de estudio presenta una longitud de 4995m (4,995km) y va en dirección Suroeste-Noreste. Al igual que la sección anterior, el datum estructural que se tomó fue -500' en TVDSS. El buzamiento es muy suave, no presenta estructuras complejas, cuyo valor es  $0,46^\circ$  en dirección Noreste. Los menores buzamientos se ubican en la parte Oeste del área como puede notarse en esta sección y en la anterior, en comparación con las siguientes secciones. (Anexos 6 y 14).

5.4.1.3 Sección C-C': esta sección se encuentra constituida por 5 pozos de los Proyectos N° 64 y 90: P64-284, P64-273, P64-274, P64-276, y P90-129. Posee una dirección Suroeste - Noreste, tiene una longitud de 5590m (5,590Km.), el datum estructural es el mismo utilizado en las secciones anteriores y presenta un buzamiento de  $0,79^\circ$  en dirección Noreste. Está ubicada hacia parte Este del área de estudio. (Anexos 7 y 14).

5.4.1.4 Sección D-D': compuesta por 5 pozos de los Proyectos N° 90 y 109: P90-133, P90-136, P90-137, P109-311 y P109-320. Se encuentra ubicada en dirección Suroeste- Noreste, paralela a la sedimentación en el área del campo Limón Este, presenta una longitud de 5307m (5,307km) y un buzamiento de  $0,76^\circ$  en dirección Noreste. El datum estructural está ubicado por debajo de las arenas de interés a -2200' en TVDSS. Hacia la parte Este se encuentran los mayores desniveles de toda el área de estudio, lo cual se evidencia en la sección estructural anterior y en esta. (Anexos 8 y 14).

5.4.1.5 Sección estructural regional: está constituida por 5 pozos pertenecientes a los Proyectos N° 50, 64 y 109: P50-142, P50-155, P64-287, P109-301 y P109-315. Se encuentra en dirección Oeste-Este, con una longitud de 31314m (31,314 km) y un ángulo de buzamiento de  $0,41^\circ$  en dirección Noreste. El datum estructural tomado para esta sección fue de  $-1600'$  en TVDSS. (Anexos 9 y 14).

#### 5.4.2 Mapas estructurales

En los mapas estructurales se observó que las formaciones Mesa- Las Piedras no presentan estructuras geológicas complejas, sólo se muestra un Homoclinal con buzamiento simple que varía entre  $0^\circ$  y  $1^\circ$  en dirección Noreste y algunas ondulaciones o pequeños plegamientos, los cuales se deben a las irregularidades de la superficie estructural. (Anexos 10 y 11).

### 5.5 Modelo sedimentológico

#### 5.5.1 Interpretación del ambiente sedimentario

La Formación Mesa-Las Piedras se sedimentó en un ambiente fluvio deltaico-paludal a aguas salobres (González de Juana, 1980), corroborando esta información con las electrosecuencias de SP se estableció el ambiente de depositación de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3, el cual se puede interpretar como un ambiente continental fluvial de canales entrelazados.

Los depósitos fluviales están constituidos por sedimentos que se acumulan a partir de la actividad de los ríos y los procesos de deslizamiento por gravedad asociados. Los depósitos de llanura de inundación se encuentran en las zonas más alejadas del cauce.

Las electrofacies asociadas son facies de canales entrelazados y de llanura de inundación, la litología de canales entrelazados son cuerpos de arenas masivas y de estratificación imperfecta, tienen forma cilíndrica o de bloques en registros SP y Gamma Ray, el tamaño de grano es de arenisca gruesa frecuentemente con clastos. La llanura o planicie de inundación está constituida por lodos con hojas y raíces con delgadas laminaciones de arena fina.

En el mapa de ambiente del nivel superior en estudio denominado MAGUAP-2, se observan una mayor cantidad de bifurcaciones de los canales y por ende una mayor presencia de llanuras de inundación, pero todos respetando la misma dirección de la sedimentación NE. En el centro y hacia el Este del área en estudio, todos los canales concluyen a un canal principal lo cual puede ser ocasionada por la estructura geológica, y en este mismo nivel hacia la parte Oeste un canal se bifurca en dos, también con dirección NE. (Anexo 12).

En el mapa de ambiente de la arena MAGUAP-3, se observan menos bifurcaciones de canales y menos presencia de llanuras de inundaciones. (Anexo 13).

El mapa de ambiente unificado MAGUAP-2 y MAGUAP-3 posee la misma dirección de sedimentación que los anteriores y los canales son de mayor ancho y las bifurcaciones disminuyen, las llanuras de inundación también son de menores dimensiones y en menores cantidades. Los Canales que se bifurcan hacia en el centro del área de estudio, en dirección hacia el Noreste confluyen en un solo canal principal. Al igual que los mapas de ambientes anteriores las facies que se presentan son de canal y de llanura de inundación. (Anexo 17).

## 5.6 Modelo hidrogeoquímico

Estos resultados son basados en datos de análisis físicos y químicos obtenidos con la colaboración de Hidrocaribe y comparados con los límites máximos permisibles para el agua potable según gaceta oficial N° 5021 de Diciembre de 1995, Normas para la Clasificación y Control de Calidad de Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos Decreto N° 883 CAPITULO II ARTÍCULO 3, a través de la cual podemos clasificar el agua de estudio como Tipo 1: “Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él”; y Sub-Tipo 1A: Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

Los resultados de los análisis hechos indican que los valores no exceden a los límites máximos permisibles para el agua potable por ende, el agua contenida en los mantos acuíferos de nuestra zona de estudio no posee indicadores sustanciales que indiquen lo contrario. Generalmente los valores obtenidos en los análisis están muy por debajo de los máximos permisibles. Solo recomienda aplicar tratamiento de desinfección a la salida de los pozos, para así garantizar la potabilidad del agua para su consumo. (Anexo 20).

### 5.6.1 Análisis químico comparativo

5.6.1.1 Dureza total: el límite máximo permitido es de 500 mg/l; los datos obtenidos indican que el agua en el área de estudio es suave, sus valores se mantienen en un rango entre 4.0, 14.0 y 91.0 mg/l para cada una de las muestras respectivamente.

5.6.1.2 Sodio y Potasio: las muestras obtenidas no presentaron valores con respecto al sodio y potasio siendo el máximo permisible de 200 mg/l. Ambos elementos son constituyentes primarios de las rocas ígneas asociadas al aporte de sedimentos del Cratón de Guayana a la Cuenca Oriental.

5.6.1.3 pH: los niveles obtenidos indican que las aguas son de tendencia neutral. Los valores están entre 6.0 y 6.6 siendo los límites permitidos entre 6.0 – 8.5

5.6.1.4 Calcio y Magnesio: las concentraciones de calcio varían entre 0.4, 2.4 y 18.8 mg/l siendo el límite máximo permitido 200 mg/l. El magnesio fluctúa entre 0.72, 1.92 y 10.56 mg/l y su límite permisible es de 120 mg/l. Una concentración alta de estos elementos provoca la dureza del agua, con el consiguiente gasto excesivo de jabón y la precipitación de concentrados insolubles en las tuberías de calentadores.

5.6.1.5 Alcalinidad: el límite máximo es de 500 mg/l y viene expresada por la concentración de carbonato de calcio. Los valores obtenidos varían entre 34, 47 y 52 mg/l.

5.6.1.6 Cloruros: el límite máximo permisible es de 600 mg/l. Las muestras analizadas arrojaron valores desde 5.0, 8.0 y 100.0 mg/l. Lo que nos indica que estamos dentro de los máximos permisibles para el consumo humano ya que si sobrepasamos los límites de este mineral las aguas tendrían un mal sabor tendrían propiedades laxativas o purgantes.

5.6.1.7 Sulfatos: las muestras tomadas dieron valores de 0.7, 2.0 y 3.1 mg/l, el límite máximo permisible es de 400 mg/l. En caso de que excedieran este valor las aguas presentarían sabor amargo y propiedades purgantes. (Figuras 5.3, 5.4 y 5.5).



Figura 5.3 Planta Compresora Nardo.



Figura 5.4 Estación Nipa10.



Figura 5.5 Estación Leona 20.

### 5.7 Cantidad y volumen de agua

El volumen estimado en  $m^3$ , del mapa isópaco Unificado MAGUAP-2 y MAGUAP-3 y del mapa de distribución areal de agua se multiplico por el valor de la porosidad cuyo valor es 35%, el cual fue tomado de muestras de laboratorio de producción y análisis de registros eléctricos (F.D.C) de la Schlumberger Surencó. C.A realizado en 1.970.

El volumen de arena obtenido en los mapas isópacos MAGUAP-2 y MAGUAP-3 fue de  $2.217,69 \text{ Hm}^3$ , y el obtenido en mapa de distribución areal de agua de toda la formación mesa las piedras fue de  $48.930,20444 \text{ Hm}^3$ . Utilizando estos volúmenes en relación al consumo de agua potable de un venezolano diariamente para suplir sus necesidades el cual es de 250 litros/día ( $2,5e^{-7} \text{ Hm}^3$ ),

según el Viceministro de agua y presidente de Hidroven Cristóbal Francisco, al año consume 91.250 litros/año ( $9,13e^{-5}$  Hm<sup>3</sup>), que multiplicado por la población venezolana actual la cual es 28.833.845 habitantes según la proyección del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) basada en el censo del 2001. Este estimado es para el primer trimestre del año en curso (2010), da un total de consumo de  $2,6311e^{12}$  litros ( $2.631,08$  Hm<sup>3</sup>). Este valor es un estimado del volumen de agua consumido por la población venezolana.

Con el volumen de agua obtenido por las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 en el área de estudio, se puede abastecer a la población venezolana por un periodo de 8 meses, y con el volumen de toda la columna acuífera de la formación mesa las piedras, se puede abastecer por un periodo de 18 años y medio. Esto es asumiendo que los acuíferos no tienen recargas. Pero también hay que acotar que la población va en continuo crecimiento lo cual aumenta los niveles de consumo de agua y por ende disminuye el tiempo de abastecimiento.

Los estados más cercanos a la zona de estudio son Monagas, Bolívar y Anzoátegui en el cual se encuentra dicha área de estudio. Estos estados cuentan con una población de 908.626, 1.620.359 y 1.550.581 de habitantes respectivamente (según INE), lo cual genera un consumo de agua de  $8,29e^{10}$  Litros/año ( $82,91$  Hm<sup>3</sup>/año),  $1,47e^{11}$  Litros/año ( $147,857$  Hm<sup>3</sup>/año),  $1,41e^{11}$  Litros/año ( $141,49$  Hm<sup>3</sup>/año), correspondientes a cada estado. Con los volúmenes de reserva se pronostica poder abastecer al estado Monagas por un periodo de 26,7 años referente al volumen de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 y de 590,16 años referente al volumen de toda la columna acuífera de las formaciones Mesas y Las Piedras, lo cual es el mismo caso del estado Bolívar que serían de 14,9 años y 330,92 años y del estado Anzoátegui serían 15,6 años y 345,82 años.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Las secciones estratigráficas evidencian que las arenas en estudio poseen extensión lateral, con apilamiento de canales entrelazados, límites de coalescencias, variaciones laterales, intercomunicación hidráulica tanto vertical como horizontal y que las zonas de mayores espesores de arena se ubican hacia el SO de área en estudio con un valor aproximado de 65'.

2. Se generó un mapa isópaco y su respectivo mapa de ambiente unificado denominado MAGUAP-2,3 debido a la presencia de coalescencia entre las dos arenas en estudio.

3. La dirección de sedimentación de los canales es hacia el NE cuya dirección prevaleció en todos los mapas isópacos. Los espesores promedios de los depocentros de canal oscilan entre 30' y 90'. Las zonas de mayores espesores de arena se ubican hacia el Oeste y centro del área en estudio.

4. En el mapa de distribución areal de agua los espesores de los depocentros varían entre 600' y 1000' y con una dirección de sedimentación hacia el NE. En base a las zonas de mayores espesores del área de estudio, se ubicaron tres (3) zonas prospectivas para futuras perforaciones de pozos de agua para consumo humano.

5. El modelo estructural indica, que el área de estudio presentan suaves buzamientos entre 0° y 1° grado con una dirección hacia el NE, interpretando así la presencia de un homoclinal como estructura geológica. No se presentan estructuras

6. geológicas complejas, ni fallas. Los menores buzamientos se ubican hacia el Oeste (O) de la zona de estudio y los mayores buzamientos hacia la parte Este que es hacia donde profundiza la cuenca.

7. El ambiente de depositación de las MAGUAP-2, MAGUAP-3 y MAGUAP-2,3, se interpretó como un ambiente fluvial representado por facies de canales entrelazados, y facies de llanuras de inundación con una dirección de sedimentación hacia el Noreste.

8. En cuanto a los análisis de las muestras tomadas en pozos de agua correspondientes al área de estudio, no poseen indicadores que no permitan su consumo, los valores arrojados estuvieron dentro y muy por debajo de los límites máximos permisibles, sin embargo se debe realizar un tratamiento previo a la salida del pozo para garantizar su potabilidad.

9. El agua se clasificó como Tipo 1- sub-tipo 1A. Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes. Según gaceta oficial N° 5021 de Diciembre de 1995 Decreto N° 883 CAPITULO II ARTÍCULO 3.

10. Las muestras de agua tomadas para los análisis físicos-químicos pertenecen a arenas suprayacentes a las arenas en estudio encontrándose alrededor de los 300 pies de profundidad, indicándonos que el agua contenida a esa profundidad es apta para consumo humano.

11. No se puede afirmar que el agua contenida en los niveles de estudio en este trabajo de grado es apta para el consumo humano, ya que no se pueden extraer muestras de agua a esa profundidad debido a que el diámetro de la tubería no permite

bajar equipos de bombeo y la mayoría de los pozos están cerrados y se dificultad su acceso.

12. Por medio del Diagrama de Stiff se logró diferenciar las aguas de formación; de allí que mediante el análisis realizado a las muestras tomadas dieron como resultado que las aguas son de origen connatas, es decir, que han sido formadas al mismo tiempo que las rocas que las contienen, no circulan pero se mueven a través de los sedimentos y forman parte del proceso de migración y compactación.

13. El volumen total para las arenas MAGUAP-2,3 es de  $3.096,27917\text{Hm}^3$  y el de la columna acuífera de las formaciones Mesa-Las piedras es de  $48.930,20444\text{Hm}^3$ . Con el primer volumen se puede abastecer a toda la población venezolana por un periodo de 1 años y un mes, y con el segundo volumen por 18,5 años. Si lo reducimos a los estados más cercanos a la zona de estudio se podría abastecer al estado Monagas por 37,3 años, al estado Bolívar por 21 años y al estado Anzoátegui 22 años; esto solo con el volumen de las arenas MAGUAP-2,3. Con el volumen total de las formaciones se podría bastecer por 590 años, 331años y 346 años respectivamente los estados antes mencionados.

### **Recomendaciones**

1. Actualizar la data corriendo registro que contenga gamma rey, porosidad y densidad neutrón para elaborar la petrofísica de las Formaciones Mesa – Las Piedras de manera confiable.

2. Realizar mapa unificado de las arenas MAGUA P-1, MAGUA P-2, MAGUA P-3 y MAGUA P-4 puesto que existe coalescencia entre estas arenas.

3. Definir los mecanismos de regulación para el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos y fortalecer las instituciones reguladoras con un marco legal de actuación que les permita cumplir a cabalidad sus funciones.

4. Establecer programas de manejo y conservación de las aguas subterráneas que fomenten el uso de tecnologías limpias, cambios de patrones de los cultivos para la conservación de los suelos, aplicación de la evaluación ambiental como instrumento para la toma de decisiones y la formulación e implantación de planes para prevención de desastres.

5. Incrementar los esfuerzos gubernamentales y privados para informar y sensibilizar a la gente sobre el valor del agua. Se trata de un líquido que no puede ser sustituido; por ello merece atención, dedicación y esfuerzo por parte de autoridades, y toda la comunidad.

6. Orientar a las comunidades a que eliminen los pozos sépticos para prevenir mayor impacto a los mantos acuíferos de la zona.

7. Aplicar tratamiento de desinfección a la salida de los pozos, para así garantizar la potabilidad del agua para su consumo.

8. Realizar análisis bacteriológico y físicos-químicos según la gaceta.

9. Perforar pozos de agua en el área de estudio para extraer muestras de agua de las arenas de estudio y así tener la información si el agua es apta para consumo humano o no.

10. Encausar el proyecto hacia el estudio de arenas más superficiales (300'), que son las que actualmente está en uso para extracción de agua para consumo humano en la Mesa de Guanipa.

11. En las zonas propuestas para futuras perforaciones de pozos de agua, se debe verificar primero que exista la presencia de poblaciones cercanas y que tengan necesidad de este recurso, ya que es el objetivo principal para perforar un pozo de agua.

12. Para los períodos de abastecimiento de agua para consumo humano estimado, se debe tomar en cuentas dos factores que lo cuestionan, como es el constante crecimiento de la población y si los acuíferos poseen o no recarga.

13. Digitalizar y agregar los pozos de este tipo en una base de datos.

## REFERENCIAS

Aché Alberto, Rodríguez Luís. (2008). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ARENAS ACUÍFERAS (AGUA DULCE) MaguaP-2, MaguaP-3, MaguaP-4, MaguaP-5, Y MaguaP-6 DE LAS FORMACIONES MESA - LAS PIEDRAS EN 1099 KM<sup>2</sup> EN LA ZONA DE EL TIGRE, SAN JOSÉ DE GUANIPA (EL TIGRITO) Y SAN TOMÉ. “PROYECTO MAGUAP”**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, trabajo de grado no publicado, p 188.

Alfonsi, P. (1999) **SEDIMENTOLOGÍA DE CLÁSTICOS Y ELECTROFACIES**. Centro Internacional de educación y Desarrollo. PDVSA Exploración y Producción. Maracaibo. Venezuela, p 115.

American Public Health Association, (A.P.H.A.). (1995) **AMERICAN JOURNAL OF PUBLIC HEALTH**. 20 de enero 2009, (<http://www.apha.org/meetings>).

Balbrin, Oscar. (1991) **ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA**. Ediciones Foninves, Caracas, Venezuela, p 175.

Casado, Coromoto. (1984) **INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD PETROLERA EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA MESA DE GUANIPA**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la tierra, Ciudad Bolívar, pp 2-154.

Castany, G. (1971). **TRATADO PRÁCTICO DE AGUA SUBTERRÁNEAS**. Ediciones Omega, Barcelona, España, p 321.

Custodio Emilio, Llamas Manuel R. (1976) **HIDROLOGÍA SUBTERRANEA**. Ediciones Omega, Barcelona, España. Tomo I, p 1154.

Di Croce, (1999). **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA**. Ediciones Foninves, Caracas. Tomos 1 y 2, p 45.

Funes, A. (1994) **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN**. Ediciones Foninves, Caracas. Tomos 1 y 2, p 35.

González de Juana, Iturralt de Arosenia, J. M., Picard- Cadillet, X. (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Ediciones Foninves, Caracas. Tomos 1 y 2, p 636.

Hedberg. (1950) **GEOLOGY EASTERN VENEZUELA BASIN (ANZOATEGUI-MONAGAS-SUCRE EASTERN GUARICO PORTION)**. Bull., Geol. Soc. Amer, pp 1173-12515.

Hurtado de Barrera, J. (2000). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Edición SYPAL, pp 54-72.

Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, (IGVSB). (2003) **MAPAS DE VENEZUELA-HIDROCARBUROS**. 20 de enero 2009, (<http://www.geoinstitutos.com/venezuela/productos.asp>).

Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. (1998, Febrero 13) **GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 36.395**. Enero, 2009.

Organización Mundial de la Salud, (O.M.S). (1974) **NORMAS INTERNACIONALES PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE**. 20 de enero 2009, (<http://www.who.int/es>).

PDVSA-Intevep. (1997) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (CGV)**. 20 de enero 2009, (<http://www.pdv.com/lexico/correlac/oriente.htm>).

Rivadulla, Rosario. (2004) **CARTOGRAFÍA DE SUPERFICIE Y SUBSUELO**. FundaGeominas, Ciudad Bolívar, p 417.

Rojas, L. (1996) **CORRELACIÓN DE REGISTROS DE POZOS**. Ediciones Omega, Barcelona, España. Caracas. Tomo 1, p 65.

Santos, Antonio. (1974) **ESTUDIO DEL MEDIO POROSO EN LAS FORMACIONES MESA Y LAS PIEDRAS PARA EL DESARROLLO DE AGUAS SUBTERRÉNEAS EN EL ÁREA MAYOR DE OFICINA. CUADRÁNGULO DE OFICINA ESTADO ANZOÁTEGUI**. Mene Grande Oil Company, Departamento de Explotación, Sección de Geología, Estudio especial N°1, pp 12-69.

Schlumberger. (1999) **INTERPRETACIÓN DE PERFILES DE POZOS**. CIED-PDVSA. Puerto La Cruz, Venezuela, p 145.

## APÉNDICES

### APÉNDICE A

Espesores de las arenas MAGUA P-2 y MAGUA P-3 unificadas.

Tabla A.1 Espesores de las arenas en estudio unificadas

Proyecto	Pozo Nro	Espe sor	Proye cto	Poz o Nro	Espe sor
50	139	91'	64	239	51'
50	140	16'	64	240	0'
50	141	0'	64	241	45'
50	142	0'	64	242	20'
50	143	0'	64	243	0'
50	144	19'	64	244	78'
50	145	42'	64	245	54'
50	146	31'	64	246	65'
50	147	33'	64	247	24'
50	148	55'	64	248	29'
50	149	0'	64	249	17'
50	150	8'	64	250	33'
50	151	26'	64	251	30'
50	152	0'	64	252	12'
50	153	57'	64	253	55'
50	154	0'	64	254	64'
50	155	25'	64	255	5'
50	156	31'	64	256	0'

50	157	28'	64	257	12'
50	158	22'	64	258	31'
60	198	5'	64	259	26'
60	199	8'	64	260	24'
60	200	11'	64	261	21'
60	201	8'	64	262	16'
60	202	12'	64	264	54'
60	203	48'	64	265	54'
60	204	34'	64	266	56'
60	205	0'	64	267	46'
60	207	NR	64	268	20'

Continuación Tabla A.1 A.1.

Proyecto	Pozo Nro	Espesor	Proyecto	Pozo Nro	Espesor
64	269	55'	95	139	45'
64	270	51'	95	140	3'
64	271	43'	95	141	34'
64	272	42'	95	142	NR
64	273	4'	95	143	3'
64	274	0'	95	144	8'
64	275	78'	95	145	9'
64	276	59'	95	146	NR
64	277	65'	95	147	NR
64	278	72'	95	148	NR
64	279	44'	95	149	NR
64	280	11'	95	150	NR

64	281	0'	95	151	0'
64	282	39'	95	152	NR
64	283	30'	95	153	NR
64	284	15'	95	154	NR
64	285	20'	95	155	6'
64	286	23'	95	157	28'
64	287	74'	95	158	33'
90	129	31'	95	159	23'
90	130	37'	95	160	24'
90	131	3'	95	161	0'
90	132	8'	95	162	0'
90	133	17'	95	163	59'
90	134	30'	95	164	55'
90	135	NR	99	187	13'
90	136	8'	99	188	NR
90	137	0'	99	189	31'
95	138	NR	99	190	16'

Continuación Tabla A.1.

Proyecto	Pozo Nro	Espesor
99	191	NR
99	192	NR
99	193	NR
99	194	30'
99	195	NR
99	196	8'

99	197	0'
109	300	NR
109	301	27'
109	302	13'
109	303	6'
109	305	18'
109	306	NR
109	307	32'
109	309	40'
109	310	0'
109	311	50'
109	312	29'
109	313	42'
109	314	85'
109	315	42'
109	316	11'
109	317	38'
109	318	NR
109	319	56'
109	320	0'
109	321	36'

## APÉNDICE B

Espesores para mapa de distribución areal.

Tabla B.1 Espesores para mapa de distribución areal.

Proyecto	Pozo Nro	Espesor	Proyecto	Pozo Nro	Espesor
50	140	320'	64	246	360'
50	141	621'	64	247	800'
50	142	647'	64	249	747'
50	143	618'	64	250	805'
50	144	604'	64	251	1015'
50	145	510'	64	252	1020'
50	146	601'	64	253	1010'
50	147	362'	64	254	790'
50	149	608'	64	255	778'
50	150	398'	64	256	640'
50	151	160'	64	257	536'
50	152	618'	64	258	484'
50	153	190'	64	259	988'
50	154	220'	64	260	631'
50	155	570'	64	261	390'
50	156	179'	64	262	966'
50	157	386'	64	265	1118'

50	158	603'	64	266	500'
60	198	595'	64	267	865'
60	199	586'	64	268	798'
60	200	592'	64	269	822'
60	202	910'	64	270	602'
60	203	610'	64	271	1010
60	205	869'	64	272	950'
64	239	603'	64	273	800'
64	240	804'	64	274	524'
64	241	372'	64	284	902'
64	242	802'	64	285	1028
64	243	127'	90	132	315'
64	244	562'	109	307	1172
64	245	750'	109	312	1197

## **APÉNDICE C**

Base de datos.

Tabla C.1 Base de datos obtenidos de la correlación.

NO MPDE	NO MPDE	ELEVA CIÓN MESA	TO DE TVD	BA SE TVD	ESDESCO P	TO DE	BA SE	COORDENADAS UTM	
								NORTE	ESTE
P50- 139	Mag	918	156	C/	C/M	642	C/	1.005.79	377.836.
	Mag		C/	C/	C/M	C/	C/	7.80	518
P50- 140	Mag	886	155	162	16'	669'	734'	1.005.79	378.836,
	Mag		162	167	0'	734'	784'	2.08	20
P50- 141	Mag	819	153	160	0'	720'	784'	1.005.77	381.835,
	Mag		160	164	0'	784'	823'	8.00	58
P50- 142	Mag	844	161	168	0'	774'	836'	1.006.77	381.840,
	Mag		168	172	0'	836'	878'	8.62	22
P50- 142	Mag	837	167	172	0'	833'	887'	1.006.77	382.839,
	Mag		172	177	0'	887'	933'	2.00	60
P50- 144	Mag	781	163	170	10'	899'	919'	1.006.76	383.839,
	Mag		170	173	9'	919'	949'	0.17	74
P50- 145	Mag	777	166	172	11'	885'	951'	1.006.76	384.839,
	Mag		172	176	31'	951'	991'	4.42	50
P50- 146	Mag	770	169	178	10'	923'	-	1.007.76	384.844,
	Mag		178	182	21'	-	-	4.15	15
P50- 147	Mag	815	178	186	18'	965'	-	1.007.76	386.183,
	Mag		186	190	15'	-	-	2.80	82
P50- 148	Mag	842	167	175	36'	830'	910'	1.005.76	384.834,
	Mag		175	178	19'	910'	940'	4.70	85
P50- 149	Mag	759	172	179	0'	960'	-	1.008.76	384.852,
	Mag		179	184	0'	-	-	2.86	80
P50- 150	Mag	829	178	187	0'	956'	-	1.008.62	386.267,
	Mag		187	190	8'	-	-	2.18	82
P50- 151	Mag	795	159	166	0'	797'	874'	1.004.69	384.897,
	Mag		166	171	26'	874'	915'	8.68	80

P50- 152	Mag	803	147	154	0'	676'	737'	1.005.78	380.835,
	Mag		154	158	0'	737'	777'		

Continuación Tabla C.1.

NO MPBE	NO MPBE	ELEVA CIÓN MESA	TOP	BAS	ESPE SOR	TOP	BAS	COORDENADAS UTM	
			E.TVD	E.TVD		E.TVDSS	E.TVDSS	NORTE	ESTE
P50- 152	Mag	789'	172	179	28'	937'	-	1.006.75	386.838,
	Mag		179	C/M	C/M	-	C/M	1.005.78	380.835,
P50- 154	Mag	747'	174	181	0'	993'	-	1.006.75	387.838,
	Mag		181	183	0'	-	-	1.004.34	387.375,
P50- 155	Mag	728'	178	184	25'	-	-	1.006.74	388.838,
	Mag		184	188	0'	-	-	1.005.78	380.835,
P50- 156	Mag	789'	177	188	19'	988'	-	1.007.75	386.843,
	Mag		188	191	12'	-	-	1.005.78	380.835,
P50- 157	Mag	786'	172	179	20'	-	-	1.006.75	385.839,
	Mag		179	182	5'	-	-	1.005.78	380.835,
P50- 158	Mag	724'	172	178	22'	-	-	1.005.74	388.833,
	Mag		178	181	8'	-	-	1.005.78	380.835,
P60- 199	Mag	720'	165	175	0'	932'	-	1.005.04	388.085,
	Mag		175	174	5'	-	-	1.004.34	387.375,
P60- 199	Mag	752'	171	179	0'	958'	-	1.004.34	387.375,
	Mag		179	181	8'	-	-	1.003.63	386.665,
P60- 200	Mag	768'	165	172	0'	882'	952'	1.003.63	386.665,
	Mag		172	173	11'	952'	970'	1.004.33	390.231,
P60- 201	Mag	723'	171	176	8'	987'	-	1.004.33	390.231,
	Mag		176	178	0'	-	-	1.005.04	389.528,
P60- 202	Mag	767'	176	180	12'	963'	-	1.005.04	389.528,
	Mag		180	182	0'	-	-	1.003.62	390.934,
P60- 202	Mag	709'	174	180	48'	C/M	-	1.003.62	390.934,
	Mag		180	183	0'	-	-	1.005.78	380.835,

P60- 204	Mag	700'	169	178	34'	994'	-	1.002.91	391.638,
	Mag		178	180	0'	-	-		
P60- 205	Mag	678'	167	174	0'	995'	-	1.002.20	392.340,
	Mag		174	176	0'	-	-		

Continuación Tabla C.1.

NOM	NO	ELEVA	TOP			BAS		COORDENADAS		
			ES	ES	ES	ES	ES	NORT	ESTE	
P60- 207	Mag	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1.003,6	389,521
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	NR	28,07	84
P64- 220	Mag	727'	174	185	51'	-	-	-	1,005,0	391,066
	Mag		185	C/M	0'	-	C/M	C/M	25,28	00
P64- 240	Mag	722'	179	186	0'	-	-	-	1,005,5	390,500
	Mag		186	188	0'	-	-	-	67,01	61
P64- 241	Mag	696'	174	180	45'	-	-	-	1,003,6	391,934
	Mag		180	182	0'	-	-	-	16,66	20
P64- 242	Mag	689'	173	C/M	C/M	-	C/M	C/M	1,002,9	392,637
	Mag		C/M	C/M	C/M	C/M	C/M	C/M	06,52	74
P64- 243	Mag	679'	166	174	0'	-	-	-	1,002,1	393,341
	Mag		174	176	0'	-	-	-	06,20	27
P64- 244	Mag	690'	172	180	22'	-	-	-	1,002,1	394,342
	Mag		180	186	56'	-	-	-	01,66	00
P64- 245	Mag	725'	171	181	40'	993'	-	-	1,003,6	390,239
	Mag		181	183	14'	-	-	-	16,68	62
P64- 246	Mag	718'	170	178	65'	982'	-	-	1,002,9	390,888
	Mag		178	180	0'	-	-	-	14,80	21
P64- 247	Mag	686'	163	170	24'	947'	-	-	1,001,4	391,631
	Mag		170	172	0'	-	-	-	08,68	47

P64-	Mag	661'	167	175	20'	-	-	1,001,4	393,336
248	Mag		175	177	9'	-	-	05,62	02
P64-	Mag	700'	161	167	17'	912'	979'	1,000,7	390,921
249	Mag		167	170	0'	979'	-	06,22	20
P64-	Mag	673'	169	180	27'	-	-	1,002,1	395,341
250	Mag		180	184	6'	-	-	06,02	72
P64-	Mag	654'	174	181	25'	-	-	1,002,1	396,341
251	Mag		181	184	5'	-	-	02,10	44

Continuación Tabla C.1.

NO	NOM	ELEVA	TOPE	BAS	ESPE	TOPE	BAS	COORDENADAS	
								NORTE	ESTE
P64-	Magu	636□	1795	1839	0□	-	-	1,002,1	397,2
252	Magu		1839	1887	12□	-	-	77,02	41,10
P64-	Magu	640□	C/M1	1793	C/M1	C/M1	-	1,001,1	397,2
253	Magu		1793	1825	0□	-	-	78,247	26,565
P64-	Magu	670□	1754	1821	54□	-	-	1,003,0	395,3
254	Magu		1821	1830	10□	-	-	26,66	45,66
P64-	Magu	715□	1630	1682	5□	915□	967□	1,000,0	390,2
255	Magu		1682	1710	0□	967□	995□	02,77	11,22
P64-	Magu	752□	1622	1674	0□	870□	922□	999,392	389,5
256	Magu		1674	1708	0□	922□	956□	22	00,25
P64-	Magu	741□	1539	1604	12□	798□	863□	998,688	388,7
257	Magu		1604	1635	0□	863□	894□	06	00,10
P64-	Magu	641□	1648	1717	31□	-	-	1,000,1	397,2
258	Magu		1717	1749	0□	-	-	01,50	26,06
P64-	Magu	670□	1671	1740	18□	-	-	999,474	397,9
259	Magu		1740	1766	8□	-	-	45	25,51

P64-	Magu	671□	1665	1736	19□	994□	-	998,764	398,6
260	Magu		1736	1765	5□	-	-	24	20,05
P64-	Magu	641□	1583	1652	18□	942□	-	998,053	399,3
261	Magu		1652	1677	3□	-	-	22	12,58
P64-	Magu	674□	1663	1736	10□	989□	-	999,358	395,1
262	Magu		1736	1762	6□	-	-	64	52,70
P64-	Magu	717□	1645	1710	38□	928□	993□	997,957	393,7
264	Magu		1710	1759	16□	993□	-	68	16,50
P64-	Magu	722□	C/M1	1700	C/M1	C/M1	978□	998,657	393,0
265	Magu		1700	1735	20□	978□	-	82	17,00
P64-	Magu	706□	1638	C/M3	C/M3	932□	C/M3	999,385	392,3
266	Magu		C/M2	1720	C/M2	C/M2	-	82	61,52

Continuación Tabla C.1.

NOM	NO	ELEVA	TOP	BAS	TOP	BAS	COORDENADAS		
							NORT	ESTE	
P64-	Mag	711'	1695	1759	32'	984'	-	998,65	394,44
267	Mag		1759	1782	14'	-	-	6,20	2,64
P64-	Mag	701'	1672	1730	2'	971'	-	997,93	395,14
268	Mag		1730	1750	18'	-	-	8,00	4,15
P64-	Mag	732'	C/M	1720	C/M	C/M	988'	998,29	393,37
269	Mag		1720	1755	14'	988'	-	0,26	1,26
P64-	Mag	650'	1588	1671	51'	938'	-	997,05	399,33
270	Mag		1671	1700	0'	-	-	2,55	7,08
P64-	Mag	623'	1468	1568	28'	848'	945'	996,05	399,26
271	Mag		1568	1588	25'	945'	965'	4,21	2,40
P64-	Mag	621'	1808	C/M	C/M	-	C/M	1,002,1	398,24
272	Mag		C/M	1912	C/M	C/M	-	72,10	0,01
P64-	Mag	651'	1848	1910	4'	-	-	1,002,5	399,14

273	Mag		1910	1935	0'	-	-	90.76	8.60
P64-	Mag	661'	1930	1951	0'	-	-	1,003,0	400,05
	Mag		1951	2014	0'	-	-	00.22	6.20
P64-	Mag	656'	1980	2040	51'	-	-	1,003,4	400,96
	Mag		2040	C/M	C/M	-	C/M	27.80	2.00
P64-	Mag	645'	1998	2050	31'	-	-	1,003,8	401,87
	Mag		2050	2086	28'	-	-	45.44	2.68
P64-	Mag	621'	2022	C/M	C/M	-	C/M	1,004,2	402,78
	Mag		C/M	2105	C/M	C/M	-	64.00	0.27
P64-	Mag	636'	1980	2108	72'	-	-	1,003,3	403,20
	Mag		2108	2126	0'	-	-	51.25	0.02
P64-	Mag	608'	1945	2010	12'	-	-	1,002,4	403,64
	Mag		2010	C/M	C/M	-	C/M	25.40	0.66
P64-	Mag	640'	1936	1997	0'	-	-	1,002,0	402,72
	Mag		1997	2020	11'	-	-	17.07	5.08

Continuación Tabla C.1.

NOM	NO	ELEVA	TOP		BAS	TOP		COORDENADAS	
			F.TVD	F.TVD		F.TVDSC	F.TVDSC	NORT	ESTE
P64-	Mag	622'	1830	1900	0'	-	-	1,001,6	401,8
	Mag		1900	1927	0'	-	-	02.40	20.21
P64-	Mag	629'	2018	2070	16'	-	-	1,002,8	404,5
	Mag		2070	2103	23'	-	-	50.07	44.22
P64-	Mag	626'	2000	2056	18'	-	-	1,002,1	405,2
	Mag		2056	2082	12'	-	-	22.01	58.81
P64-	Mag	626'	1820	1882	15'	-	-	1,002,4	398,6
	Mag		1882	1912	0'	-	-	44.02	70.04
P64-	Mag	646'	1837	1902	13'	-	-	1,003,2	397,9
	Mag		1902	1921	7'	-	-	22.44	11.86

P64-	Mag	641'	1787	1850	10'	-	-	1,003,0	397,2
126	Mag		1850	1880	13'	-	-	27,66	45,12
P64-	Mag	632'	1798	1853	52'	-	-	1,003,8	397,2
127	Mag		1853	1884	22'	-	-	77,28	40,06
P90-	Mag	629'	2086	2129	26'	-	-	1,004,7	403,7
128	Mag		2129	2160	15'	-	-	44,15	68,22
P90-	Mag	598'	2070	2110	30'	-	-	1,004,9	404,7
129	Mag		2110	2137	7'	-	-	08,47	24,24
P90-	Mag	611'	2108	2145	0'	-	-	1,005,2	405,6
131	Mag		2145	2174	3'	-	-	86,82	02,21
P90-	Mag	639'	2183	2214	0'	-	-	1,005,5	406,6
132	Mag		2214	2248	8'	-	-	08,10	68,06
P90-	Mag	620'	2088	2166	5'	-	-	1,004,5	406,7
133	Mag		2166	2150	12'	-	-	80,00	52,77
P90-	Mag	640'	2095	2160	25'	-	-	1,003,5	407,1
134	Mag		2160	2181	5'	-	-	72,21	78,04
P90-	Mag	582'	NR	NR	NR	NR	NR	1,005,0	406,8
135	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	20,51	22,80

NO	NOM	ELEVAC	T	B	ESPECOR	T	B	COORDENADAS	
								NORTE	ESTE
P90- 126	Magu	650'	2	2	0'	-	-	1,005,6	407,9
	Magu		2	2	8'	-	-	21.87	66.27
P90- 127	Magu	659'	2	2	0'	-	-	1,006,0	408,5
	Magu		2	2	0'	-	-	18.72	00.88
P95- 128	Magu	784'	N	N	NR	N	N	1,008,7	387,2
	Magu		N	N	NR	N	N	67.400	47.265
P95- 129	Magu	761'	1	1	33'	-	-	1,009,0	388,2
	Magu		1	1	12'	-	-	21.820	14.222
P95- 140	Magu	777'	1	1	0'	-	-	1,009,0	389,2
	Magu		1	1	3'	-	-	17.081	12.062
P95- 141	Magu	750'	1	1	31'	-	-	1,009,0	390,2
	Magu		1	1	3'	-	-	12.220	12.701
P95- 142	Magu	729'	N	N	NR	N	N	1,008,2	390,2
	Magu		N	N	NR	N	N	12.566	00.076
P95- 142	Magu	712'	1	1	0'	-	-	1,007,4	390,2
	Magu		1	1	0'	-	-	12.802	06.254
P95- 144	Magu	752'	1	1	8'	-	-	1,009,0	391,2
	Magu		1	1	0'	-	-	07.578	12.425
P95- 145	Magu	718'	1	1	9'	-	-	1,009,0	392,2
	Magu		1	2	0'	-	-	02.825	12.167
P95- 146	Magu	696'	N	N	NR	N	N	1,008,8	393,2
	Magu		N	N	NR	N	N	51.116	12.212
P95- 147	Magu	709'	N	N	NR	N	N	1,008,2	393,2
	Magu		N	N	NR	N	N	20.028	80.257
P95- 148	Magu	739'	N	N	NR	N	N	1,008,7	383,8
	Magu		N	N	NR	N	N	45.770	18.048
P95-	Magu	725'	N	N	NR	N	N	1,008,6	383,0

149	Magu		N	N	NR	N	N	50.657	04.686	
	NO	NO	ELEVA	TOP	BAS		TOP	BAS	COORDENADAS	

Continuación Tabla C.1.

MBRE	MBRE	CIÓN MESA	E TVD	E TVD	ESPESOR	E TVDSS	E TVDSS	NORTE	ESTE
P95- 150	Mag	788'	NR	NR	NR	NR	NR	1,007,81	381,85
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	2.221	1.040
P95- 151	Mag	825'	159	166	0'	773'	835'	1,006,31	381,87
	Mag		166	170	0'	835'	875'	2.500	2.050
P95- 152	Mag	774'	NR	NR	NR	NR	NR	1,008,86	381,85
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	2.077	0.024
P95- 152	Mag	749'	NR	NR	NR	NR	NR	1,008,74	384,31
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	2.200	0.024
P95- 154	Mag	769'	NR	NR	NR	NR	NR	1,008,32	381,85
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	2.177	7.412
P95- 155	Mag	647'	197	203	0'	-	-	1,015,97	391,21
	Mag		203	208	6'	-	-	0.622	0.005
P95- 157	Mag	622'	197	206	25'	-	-	1,017,57	391,22
	Mag		206	211	3'	-	-	0.144	7.504
P95- 158	Mag	649'	194	203	26'	-	-	1,016,51	390,35
	Mag		203	208	7'	-	-	6.612	2.769
P95- 150	Mag	667'	189	198	11'	-	-	1,016,23	389,28
	Mag		198	202	12'	-	-	6.776	0.710
P95- 160	Mag	704'	189	199	0'	-	-	1,015,99	388,35
	Mag		199	202	21'	-	-	0.218	2.777
P95- 161	Mag	657'	179	189	0'	-	-	1,015,78	387,55
	Mag		189	191	0'	-	-	1.188	2.084
P95- 162	Mag	658'	175	185	0'	-	-	1,015,72	386,43
	Mag		185	187	0'	-	-	2.527	6.068
P95- 162	Mag	659'	174	C/M	C/M	-	C/M	1,015,30	385,50
	Mag		C/M	187	C/M	C/M	-	4.001	5.220
P95- 164	Mag	678'	173	C/M	C/M	-	C/M	1,015,02	384,58
	Mag		C/M	185	C/M	C/M	-	7.564	2.122

Continuación Tabla C.1.

NO MPDE	NO MPDE	ELEVA CIÓN MESA	TOP E.TVD	BAS E.TVD	ESPESOR	TOP E.TVDSS	BAS E.TVDSS	COORDENADAS UTM	
								NORTE	ESTE
P99- 107	Mag	623'	2185	2221	13'	-	-	1,006,51	406,45
	Mag		2221	2240	0'	-	-	1,700	2,780
P99- 100	Mag	642'	NR	NR	NR	NR	NR	1,007,49	406,28
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	5,272	2,418
P99- 100	Mag	636'	2270	2294	22'	-	-	1,008,48	406,11
	Mag		2294	2308	9'	-	-	2,772	5,052
P99- 100	Mag	673'	2356	2390	0'	-	-	1,009,46	405,94
	Mag		2390	2406	16'	-	-	8,227	5,604
P99- 101	Mag	689'	NR	NR	NR	NR	NR	1,010,45	405,77
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	2,722	6,224
P99- 102	Mag	679'	NR	NR	NR	NR	NR	1,011,32	405,79
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	1,274	0,244
P99- 102	Mag	649'	NR	NR	NR	NR	NR	1,006,01	406,53
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	0,540	7,474
P99- 104	Mag	721'	2427	2540	30'	-	-	1,016,43	400,59
	Mag		2540	2572	0'	-	-	4,618	2,782
P99- 105	Mag	721'	NR	NR	NR	NR	NR	1,017,55	400,58
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	2,22	5,02
P99- 106	Mag	717'	2507	2606	8'	-	-	1,018,30	400,76
	Mag		2606	2644	0'	-	-	2,221	4,402
P99- 107	Mag	713'	2475	2590	30'	-	-	1,017,07	400,57
	Mag		2590	2620	0'	-	1907	6,402	8,788
P10 0,200	Mag	629'	NR	NR	NR	NR	NR	1,005,84	403,45
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	2,21	0,52
P10 0,201	Mag	612'	2130	2170	27'	-	-	1,006,84	403,45
	Mag		2170	2190	0'	-	-	1,07	5,16
P10	Mag	616'	2140	2180	13'	-	-	1,006,83	404,48

9-302	Mag		2180	2202	0'	-	-	8.06	5.86
-------	-----	--	------	------	----	---	---	------	------

Continuación Tabla C.1.

NOM BRE DEL	NO MBRE	ELEVA CIÓN MESA	TOP E TVD	BAS E TVD	ESPE SOR	TOP E TVDSS	BAS E TVDSS	COORDENADAS	
								NORT	ESTE
P109- 303	Mag	635'	-	2225	6'	1548	1590	1,006,8	405,5
	Mag		2225	2244	0'	1590	1609	32.78	93.52
P109- 305	Mag	633'	-	2300	18'	1619	1667	1,006,8	408,6
	Mag		2300	2346	0'	1667	1713	19.16	60.58
P109- 306	Mag	635'	NR	NR	NR	NR	NR	1,005,6	410,9
	Mag		NR	NR	NR	NR	NR	79.57	63.62
P109- 307	Mag	602'	-	2289	8'	1559	1683	1,004,6	410,9
	Mag		2289	2339	24'	1683	1737	79.93	58.98
P109- 309	Mag	765'	-	2480	C/M	1623	1715	1,006,8	411,9
	Mag		2480	2530	0'	1715	1765	22.51	40.64
P109- 310	Mag	660'	-	2372	0'	1660	1712	1,006,7	410,8
	Mag		2372	2409	0'	1712	1749	85.64	68.78
P109- 311	Mag	697'	-	2384	12'	1621	1687	1,006,8	409,6
	Mag		2384	C/M	C/M	1687	C/M	59.25	87.47
P109- 312	Mag	607'	-	2232	24'	1573	1625	1,004,6	409,9
	Mag		2232	2270	5'	1625	1663	84.70	59.29
P109- 313	Mag	651'	-	2348	0'	1645	1697	1,005,6	411,4
	Mag		2348	C/M	C/M	1697	C/M	77.18	64.46
P109-	Mag	690'	-	2410	37'	1670	1720	1,005,5	413,1

314	Mag		2410	2455	48'	1720	1765	41.42	00.34
P109-	Mag	610'	-	2407	25'	1742	1797	1,007,8	411,9
315	Mag		2407	2441	16'	1797	1831	65.16	37.49

Continuación Tabla C.1.

NOM BRE DEL POZO	NO MBRE DE LA ARENA	ELEVA CIÓN MESA ROTARIA (Pies)	TOP E TVD (pies)	BAS E TVD (Pies)	ESPE SOR ANA(Pies)	TOP E TVDSS (Pies)	BAS E TVDSS (Pies)	COORDENADAS	
								UTM	
								NORT E (mts)	ESTE (mts)
P109- 316	Mag uaP-2	615'	- 2291	2346 '	11' '	1676 '	1731 '	1,004, 876.93	413,8 82.02
	Mag uaP-3		2346 '	2384 '	0' '	1731 '	1769 '		
P109- 317	Mag uaP-2	595'	- 2294	2342 '	32' '	1699 '	1747 '	1,004, 255.82	414,5 79.93
	Mag uaP-3		2342 '	2388 '	6' '	1747 '	1793 '		
P109- 318	Mag uaP-2	617'	NR	NR	NR	NR	NR	1,004, 093.77	413,1 34.61

	Mag uaP-3		NR	NR	NR	NR	NR		
--	--------------	--	----	----	----	----	----	--	--

## **APÉNDICE D**

Resultados de análisis físicos- químicos realizados a las muestras de agua.  
Parámetros según Gaceta Oficial N° 36.395 de Febrero de 1998. Calidad de agua.



C.A HIDROLOGICA DEL CARIBE  
LABORATORIO DE AGUAS LAS MERCEDES



ANALISIS N°: 00381

ANALISIS DE AGUA FISICO-QUIMICO

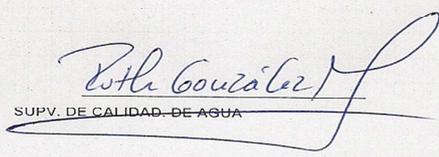
UNIDAD SOLICITANTE: P.D.V.S.A.  
 SITIO DE CAPTACION : POZO N° 03 ( ESTACION LEONA )  
 FECHA Y HORA DE CAPTACION : 14/04/2010 10:24 A.M.  
 FECHA DE LLEGADA : 14-04-2010 4:00 P.M.  
 FECHA DE ANALISIS : 15-04-2010 8:00 A.M.  
 ANALISTA: T.S.U YRAIDA VELASQUEZ

PARAMETROS DE CAPTACION	SEGUN MUESTRA	VALOR FUERA DE NORMA	LIMITES MAX. PERMISIBLES
ALCALINIDAD TOTAL MG/LT	52,0		
ALUMINIO RESIDUAL MG/L	---		0,2
CALCIO mg/l	2,4		200
CLORO RESIDUAL MG/L	0,0	X	0,3 - 0,5
CLORUROS MG/LT	8,0		250
COLOR APARENTE ( Pt/Co)	1,0		15
COND ESPECIFICA A 25° C	108,9		1500
DIOXIDO DE CARBONO LIBRE	26,26		
DUREZA TOTAL mg/l	14,0		500
HIERRO TOTAL mg/l	---		0,3
INDICE DE LANGELIER	---		
MAGNESIO mg/l	1,92		120
MANGANESO TOTAL mg/l	---		0,1
NITRITO mg/l (NO2)	---		0,03
PH	6,6		6,5-8,5
SILICE mg/l	---		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS MG/L	54,47		1000
SULFATO mg/l	---		250
TURBIEDAD (N.T.U)	1,57		5

NOTA: PARAMETROS SEGUN GACETA OFICIAL N° 36.395 DE FEBRERO 1 998



LABORATORISTA



SUPV. DE CALIDAD DE AGUA



SUP. INTEND. DE PROD. Y TTMTO

Figura D.1 Análisis de agua- pozo estación leona.



C.A HIDROLOGICA DEL CARIBE  
LABORATORIO DE AGUAS LAS MERCEDES



ANALISIS N°: 00380

ANALISIS DE AGUA FISICO-QUIMICO

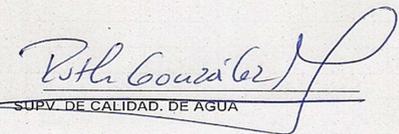
UNIDAD SOLICITANTE: P.D.V.S.A.  
 SITIO DE CAPTACION : POZO N° 02 ( ESTACION NIPA )  
 FECHA Y HORA DE CAPTACION : 14/04/2010 10:12 A.M.  
 FECHA DE LLEGADA : 14-04-2010 4:00 P.M.  
 FECHA DE ANALISIS : 15-04-2010 8:00 A.M.  
 ANALISTA: T.S.U YRAIDA VELASQUEZ

PARAMETROS DE CAPTACION	SEGUN MUESTRA	VALOR FUERA DE NORMA	LIMITES MAX. PERMISIBLES
ALCALINIDAD TOTAL MG/LT	34		
ALUMINIO RESIDUAL MG/L	---		0,2
CALCIO mg/l	0,4		200
CLORO RESIDUAL MG/L	0,0	X	0,3 - 0,5
CLORUROS MG/LT	5,0		250
COLOR APARENTE ( Pt/Co)	1,0		15
COND ESPECIFICA A 25° C	64,46		1500
DIOXIDO DE CARBONO LIBRE	21,65		
DUREZA TOTAL mg/l	4,0		500
HIERRO TOTAL mg/l	---		0,3
INDICE DE LANGEIER	---		
MAGNESIO mg/l	0,72		120
MANGANESO TOTAL mg/l	---		0,1
NITRITO mg/l (NO2)	---		0,03
PH	6,6		6,5-8,5
SILICE mg/l	---		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS MG/L	32,23		1000
SULFATO mg/l	---		250
TURBIEDAD (N.T.U)	0,48		5

NOTA: PARAMETROS SEGUN GACETA OFICIAL N° 36.395 DE FEBRERO 1.998



LABORATORISTA



SUPV. DE CALIDAD. DE AGUA



SUP. INTEND. DE PROD. Y TTMTO

Figura D.2 Análisis de agua- pozo estación Nipa.



C.A HIDROLOGICA DEL CARIBE  
LABORATORIO DE AGUAS LAS MERCEDES



ANALISIS N°: 00379

ANALISIS DE AGUA FISICO-QUIMICO

UNIDAD SOLICITANTE: P.D.V.S.A.  
 SITIO DE CAPTACION : POZO N° 01 ( PLANTA COMPRESORA NORTE )  
 FECHA Y HORA DE CAPTACION : 14/04/2010 10:00 A.M.  
 FECHA DE LLEGADA : 14-04-2010 4:00 P.M.  
 FECHA DE ANALISIS : 15-04-2010 8:00 A.M.  
 ANALISTA: T.S.U YRAIDA VELASQUEZ

PARAMETROS DE CAPTACION	SEGUN MUESTRA	VALOR FUERA DE NORMA	LIMITES MAX. PERMISIBLES
ALCALINIDAD TOTAL MG/LT	47		
ALUMINIO RESIDUAL MG/L	---		0,2
CALCIO mg/l	18,8		200
COLORO RESIDUAL MG/L	0,0	X	0,3 - 0,5
CLORUROS MG/LT	100		250
COLOR APARENTE ( Pt/Co)	1		15
COND ESPECIFICA A 25° C	533,9		1500
DIOXIDO DE CARBONO LIBRE	94,75		
DUREZA TOTAL mg/l	91		500
HIERRO TOTAL mg/l	---		0,3
INDICE DE LANGELIER	---		
MAGNESIO mg/l	10,6		120
MANGANESO TOTAL mg/l	---		0,1
NITRITO mg/l (NO2)	0,0		0,03
PH	6,02	X	6,5-8,5
SILICE mg/l	---		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS MG/L	266,5		1000
SULFATO mg/l	---		250
TURBIEDAD (N.T.U)	0,29		5

NOTA: PARAMETROS SEGUN GACETA OFICIAL N° 36.395 DE FEBRERO 1.998



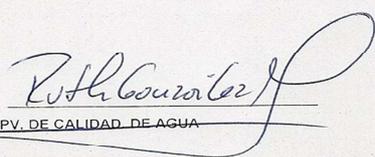
  
 SUPV. DE CALIDAD DE AGUA



Figura D.3 Análisis de agua- pozo Planta Compresora Norte.

## **APÉNDICE E**

Resultados de análisis físicos- químicos realizados a las muestras de agua.  
Parámetro según Gaceta Oficial N° 5021 de Diciembre de 1995.



C.A. HIDROLOGICA DEL CARIBE  
LABORATORIO DE AGUAS LAS MERCEDES



ANALISIS N°: 00381

ANALISIS DE AGUA FISICO-QUIMICO

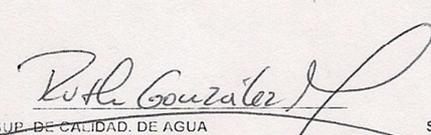
UNIDAD SOLICITANTE: P.D.V.S.A.  
 SITIO DE CAPTACION : POZO N° 03 ( ESTACION LEONA )  
 FECHA Y HORA DE CAPTACION : 14/04/2010 10:24 A.M.  
 FECHA DE LLEGADA : 14-04-2010 4:00 P.M.  
 FECHA DE ANALISIS : 15-04-2010 8:00 A.M.  
 ANALISTA: T.S.U YRAIDA VELASQUEZ

PARAMETROS DE CAPTACION	SEGUN MUESTRA	VALOR FUERA DE NORMA	LIMITES MAX. PERMISIBLES
ALCALINIDAD TOTAL MG/LT	52		
CALCIO mg/l	2,4		200
CLORUROS MG/LT	8,0		600
COLOR APARENTE ( Pt/Co)	1,0		5
COND ESPECIFICA A 25° C	108,9		1500
DIOXIDO DE CARBONO LIBRE	26,26		
DUREZA TOTAL mg/l	14,0		500
HIERRO TOTAL mg/l	---		1,0
INDICE DE LANGELIER	---		
MAGNESIO mg/l	1,92		120
MANGANESO TOTAL mg/l	---		0,1
NITRITO mg/l (NO2)	0,0		0,03
PH	6,6		6,0-8,5
SILICE mg/l	---		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS MG/L	54,47		1500
SULFATO mg/l	3,1		400
TURBIEDAD (N.T.U)	1,57		<25

NOTA: AGUA SUB-TIPO 1A. PARAMETROS SEGUN GACETA OFICIAL N° 5021 DICIEMBRE 1995 NORMAS PARA LA CLASIFICACION Y CONTROL DE CALIDAD DE CUERPOS DE AGUAS Y VERTIDOS O EFLUENTES LIQUIDOS DECRETO N° 883 CAPITULO II ARTICULO 3



LABORATORISTA



SUP. DE CALIDAD. DE AGUA



SUP. INTEND. DE PROD. Y TTMTO.

Figura E.1 Análisis de agua-pozo estación Leona.



C.A. HIDROLOGICA DEL CARIBE  
LABORATORIO DE AGUAS LAS MERCEDES



ANALISIS N°: 00380

ANALISIS DE AGUA FISICO-QUIMICO

UNIDAD SOLICITANTE: P.D.V.S.A.  
SITIO DE CAPTACION : POZO N° 02 ( ESTACION NIPA )  
FECHA Y HORA DE CAPTACION : 14/04/2010 10:12 A.M.  
FECHA DE LLEGADA : 14-04-2010 4:00 P.M.  
FECHA DE ANALISIS : 15-04-2010 8:00 A.M.  
ANALISTA: T.S.U YRAIDA VELASQUEZ

PARAMETROS DE CAPTACION	SEGUN MUESTRA	VALOR FUERA DE NORMA	LIMITES MAX. PERMISIBLES
ALCALINIDAD TOTAL MG/LT	34		
CALCIO mg/l	0,4		200
CLORUROS MG/LT	5,0		600
COLOR APARENTE ( Pt/Co)	1,0		5
COND ESPECIFICA A 25° C	64,46		1500
DIOXIDO DE CARBONO LIBRE	21,65		
DUREZA TOTAL mg/l	4,0		500
HIERRO TOTAL mg/l	---		1,0
INDICE DE LANGELIER	---		
MAGNESIO mg/l	0,72		120
MANGANESO TOTAL mg/l	---		0,1
NITRITO mg/l (NO2)	0,0		0,03
PH	6,6		6,0-8,5
SILICE mg/l	---		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS MG/L	32,23		1500
SULFATO mg/l	0,7		400
TURBIEDAD (N.T.U)	0,48		<25

NOTA: AGUA SUB-TIPO 1A. PARAMETROS SEGUN GACETA OFICIAL N° 5021 DICIEMBRE 1995 NORMAS PARA LA CLASIFICACION Y CONTROL DE CALIDAD DE CUERPOS DE AGUAS Y VERTIDOS O EFLUENTES LIQUIDOS DECRETO N° 883 CAPITULO II ARTICULO 3



SUP. DE CALIDAD DE AGUA

SUP. INTEND. DE PROD. Y TTMTO



Figura E.2 Análisis de agua-pozo estación Nipa.



C.A. HIDROLOGICA DEL CARIBE  
LABORATORIO DE AGUAS LAS MERCEDES



ANALISIS N°: 00379

ANALISIS DE AGUA FISICO-QUIMICO

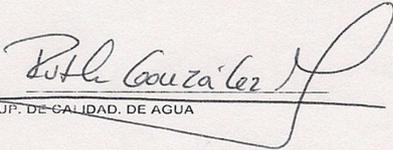
UNIDAD SOLICITANTE: P.D.V.S.A.  
 SITIO DE CAPTACION : POZO N° 01 ( PLANTA COMPRESORA NORTE )  
 FECHA Y HORA DE CAPTACION : 14/04/2010 10:00 A.M.  
 FECHA DE LLEGADA : 14-04-2010 4:00 P.M.  
 FECHA DE ANALISIS : 15-04-2010 8:00 A.M.  
 ANALISTA: T.S.U YRAIDA VELASQUEZ

PARAMETROS DE CAPTACION	SEGUN MUESTRA	VALOR FUERA DE NORMA	LIMITES MAX. PERMISIBLES
ALCALINIDAD TOTAL MG/LT	47		
CALCIO mg/l	18,8		200
CLORUROS MG/LT	100,0		600
COLOR APARENTE ( Pt/Co)	1,0		5
COND ESPECIFICA A 25° C	533,9		1500
DIOXIDO DE CARBONO LIBRE	94,75		
DUREZA TOTAL mg/l	91,0		500
HIERRO TOTAL mg/l	---		1,0
INDICE DE LANGELIER	---		
MAGNESIO mg/l	10,56		120
MANGANESO TOTAL mg/l	---		0,1
NITRITO mg/l (NO2)	0,0		0,03
PH	6,0		6,0-8,5
SILICE mg/l	---		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS MG/L	266,5		1500
SULFATO mg/l	2,0		400
TURBIEDAD (N.T.U)	0,26		<25

NOTA: AGUA SUB-TIPO 1A. PARAMETROS SEGUN GACETA OFICIAL N° 5021 DICIEMBRE 1995 NORMAS PARA LA CLASIFICACION Y CONTROL DE CALIDAD DE CUERPOS DE AGUAS Y VERTIDOS O EFLUENTES LIQUIDOS DECRETO N° 883 CAPITULO II ARTICULO 3



*Yraida Velasquez*  
LABORATORISTA



Rutila Gonzalez  
SUP. DE CALIDAD. DE AGUA



*Rutila Gonzalez*  
SUP. INTEND. DE PROD. Y TTMTO.

Figura E.3 Análisis de agua-pozo Planta Compresora Norte.

## APÉNDICE F

Cálculo de volumen de agua de las arenas MAGUAP-2, MAGUAP-3 y de la sumatoria de toda la columna acuífera de las formaciones Mesa-Las Piedras. Cantidad de población. Consumo de agua de la población.

Tabla F.1 Volúmenes de agua de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3.

POLIGONOS	NO MBRE DE LA ARENA	VOL UMEN EN Hm3	POROSIDA D	VOL(Hm3 )* POROSID AD	volu men total Hm3
PM2-1	Mag uaP-2	296,25	0,35	103,68	1.234,83
PM2-2	Mag uaP-2	3.231,86	0,35	1.131,15	
PM3-1	Mag uaP-3	257,4	0,35	90,09	982,86
PM3-2	Mag uaP-3	689,37	0,35	241,27	
PM3-3	Mag uaP-3	1.861,43	0,35	651,5	
VOLUMEN TOTAL MAGUAP-2 y MAGUAP-3					2.217,69

Tabla F.2 Volumen agua de la columna acuífera de las formaciones Mesa-Las Piedras.

POLIGONOS	NO MBRE DE LA ARENA	VOL UMEN EN Hm3	POROS IDAD	VOL(Hm3) * POROSIDA D	volu men total Hm3
PMT-1	Mag uaP-total	139.800,58	0,35	48.930,20	48.930,20

Tabla F.3 Densidades de población. Según INE, basado en la proyección del censo del 2001.

UBICACIÓN	CANTIDAD DE POBLACIÓN
ESTADO ANZOÁTEGUI	1.550.581,00
ESTADO BOLÍVAR	1.620.359,00
ESTADO MONAGAS	908.626,00
PAÍS VENEZUELA	28.833.845,00

Tabla F.4 Relación cantidad de población-consumo anual-período de abastecimiento.

UBICACIÓN	CANTIDAD DE POBLACIÓN	CONSUMO DE AGUA ANUAL EN Hm3.	PERIODO DE ABASTECIMIENTO EN AÑOS CON LOS VOLUMENES:	
			MAGUAP-2 y MAGUAP-3 (2.217,69 Hm3)	MaguaP-total (48.930,20 Hm3)
ESTADO ANZOÁTEGUI	1.550.581,00	141,49	15,6	345,82
ESTADO BOLÍVAR	1.620.359,00	147,857	14,9	330,92
ESTADO MONAGAS	908.626,00	82,91	26,74	590,16
PAÍS VENEZUELA	28.833.845,00	2.631,08	0,84	18,59

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

<b>Título</b>	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ARENAS ACUÍFERAS MAGUAP-2 Y MAGUAP-3, EN LOS PROYECTOS P50, P60, P64, P90, P95, P99 Y P109 PERTENECIENTES A LOS CAMPOS LIMÓN, LIMÓN ESTE, NARDO, NIEBLAS Y ZUMO DE LAS FORMACIONES MESA- LAS PIEDRAS DEL ESTADO ANZOÁTEGUI.
---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Febres Gil, Jhonny José	CVLAC	18.227.970
	e-mail	jhonnyfebres@hotmail.com
	e-mail	
Marín M. Maninelly J.	CVLAC	15.845.702
	e-mail	merenguetenge@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

### Palabras o frases claves:

<b>Caracterización geológica</b>
<b>Formaciones Mesa-Las Piedras</b>
<b>Arenas Acuíferas</b>
<b>Acuíferos Mesa De Guanipa</b>
<b>Proyecto Hidrogeológico</b>

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
<b>Departamento de Geotecnia</b>	<b>Ingeniería Geológica</b>
<b>Departamento de Geología</b>	<b>Geología</b>

### Resumen (abstract):

El presente estudio se realizó en el Distrito San Tomé-División Faja Petrolífera del Orinoco, estado Anzoátegui, específicamente al Este de la ciudad de El Tigre, el área de interés tiene una extensión de 912 Km<sup>2</sup>. El objetivo general es caracterizar geológicamente las arenas acuíferas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 de las formaciones Mesa y Las Piedras en los campos Limón, Limón Este, Nardo, Nieblas y Zumo, para así darle un uso racional a los sistemas acuíferos y desarrollar nuevas perforaciones de manera estratégica, planificada y no indiscriminada en estos campos. Se inició con la limitación geográfica del área de estudio para así proceder a realizar la correlación de las arenas MAGUAP-2 y MAGUAP-3 en los 143 pozos que conforman el área de interés, luego se elaboraron secciones estratigráficas y estructurales, mapas estructurales, mapas isópacos, mapa isópaco unificado, mapas de paleoambiente, mapas de distribución areal de agua, mapa de ubicación de secciones, se tomaron muestras de agua de pozos cercanos a los pozos en estudio, con la finalidad de determinar los parámetros físico-químico, se observó una serie de canales apilados, así mismo se muestra que las arenas de interés presentan continuidad lateral y vertical a lo largo de todo el área de estudio, y la estructura predominante un Homoclinal con buzamiento menor a 1° en dirección Noreste. Analizando las electrofacies se interpretó que las arenas de interés se sedimentaron en un ambiente fluvial de canales entrelazados con facies de canales y de llanuras de inundación, caracterizada por la presencia de zonas: de canales, de llanura de inundación. La porosidad en el área de estudio es de 35%. El cálculo de volumen de agua distribuido en el área de estudio es de 3096,27 Hm<sup>3</sup> para las arenas MAGUAP-2, MAGUAP-3 y de 48930,29Hm<sup>3</sup> para toda la columna acuífera de las formaciones Mesa-Las Piedras, con los cuales se podría abastecer durante un mes y un año a Venezuela con el primer volumen y 18,5 años con el segundo volumen. Se determinaron, 3 zonas más prospectivas en el área de estudio para futuras perforaciones de pozos de agua para consumo humano. Los estudios físico-químicos arrojaron como resultado que el agua es apta para el consumo humano.

---

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Francisco Monteverde	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	12.192.676
	e-mail	<a href="mailto:Monteverde@gmail.com">Monteverde@gmail.com</a>
	e-mail	
Amado Difelice	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.594.467
	e-mail	difeliceamado@hotmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2010	07	28

Lenguaje: spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

### Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis.Caracterizacion Geologica de las Arenas Acuiferas.doc	Application/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M  
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2  
3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

### Alcance:

**Espacial:** Petróleos de Venezuela (PDVSA) (Opcional)

**Temporal:** 10 años (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Ingeniero Geólogo

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pre Grado

**Área de Estudio:** Geotecnia

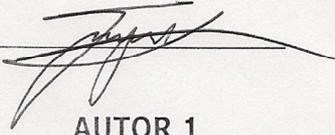
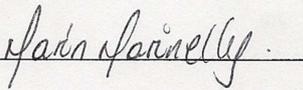
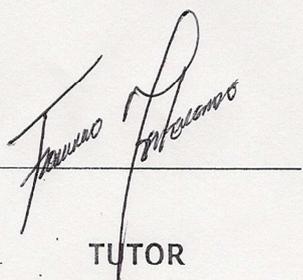
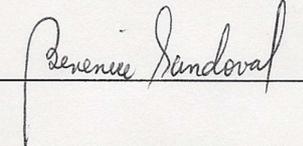
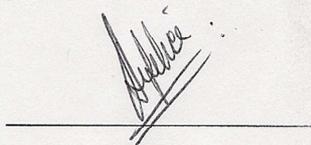
**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:** Universidad de Oriente

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado  
 “Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la  
 Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros  
 fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,  
 quien lo participara al Consejo Universitario”

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.

 AUTOR 1	 AUTOR 2	 AUTOR 3
 TUTOR	 JURADO 1	 JURADO 2

POR LA SUBCOMISION DE TESIS:

