

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



**ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICA-  
AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DE LOS  
MORICHALES GUARICONGO-LOS CARIBES EN ÉPOCAS  
DE LLUVIA Y SEQUÍA, EN EL MUNICIPIO HERES. CIUDAD  
BOLÍVAR - ESTADO BOLÍVAR (2005-2010).**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO  
POR LAS BACHILLERES MARIA G  
RODRIGUEZ F. Y ANA Y. YURES  
Q. PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, AGOSTO DE 2010**

## HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado **Análisis de las características geológica-ambiental de la sub cuenca de los morichales Guaricongo-Los Caribes en época de sequía y lluvia, en el Municipio Heres. Ciudad Bolívar-estado Bolívar (2005-2010)**, presentado por las bachilleres **María G. Rodríguez F.** y **Ana Y. Yures Q.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Jorge Abud

-----

(Asesor)

-----

-----

-----

-----

-----

-----

Profesora Rosario Rivadulla  
Jefe del Departamento de Geología

Ciudad Bolívar \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 200\_\_\_\_.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado se lo dedico primeramente a Dios por darme el don de existir y ayudarme a superar los obstáculos que se me han presentado en este corto camino que he recorrido hasta ahora. A mis queridos padres, *Griselda Fernández* y *Víctor Rodríguez*, que siempre me han dado todo su amor, su comprensión y su apoyo. A mis bellos abuelos Teresa y *Pedro Fernández*, a mi hermano *Víctor Junior* y a mi novio *Luís Evans* por todo su apoyo y amor incondicional. Y a toda mi familia a quien quiero con todo el corazón.

*María Gabriela Rodríguez*

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo de grado, primeramente a Dios quién ha permitido hasta este momento estar con vida, también se lo dedico de manera especial a mi madre *Estilita Hernández* quién en vida me dio su apoyo y amor de manera incondicional, a mi padre *Julio César Quiroz* quién me ha apoyado en todo momento, y por último, al resto de mi familia quienes me han prestado su ayuda y apoyo en éste camino de mis estudios universitarios.

*Ana Yures*

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios Todopoderoso, por cuidarme, darme salud y las energías necesarias para culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis amados padres y mi querido hermano, que son mi fuente de apoyo y motivación y mi mayor orgullo en esta vida. Les agradezco por todo lo que me han dado hasta ahora.

A toda mi familia quien me regaló todo su amor y su apoyo, en especial mi abuela Teresa y mi Abuelo Pedro a quienes quiero como si fueran mis padres. A mi amado novio Luís Evans por ser mi apoyo, inspiración y fortaleza en los últimos 2 años. Agradezco a la Universidad de Oriente, que considero mi segundo hogar y a todos los profesores que de alguna manera contribuyeron ayudarme a alcanzar mi meta.

A mi compañera de trabajo de grado Ana Yures, quien me dio la oportunidad de trabajar con ella en éste trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor profesor Jorge Abud, por su valiosa colaboración en el desarrollo de este trabajo de investigación.

*María Gabriela Rodríguez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente doy gracias a Dios Todopoderoso por darme la oportunidad de vivir este momento, y darme la fortaleza necesaria para seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mi Abuela Estilita Hernández, quien fue y siempre será mi madre de corazón, por ella estoy aquí, ella quien con sus valores y consejos supo guiar mis pasos hasta el momento de su partida.

A todo el resto de mi familia que a pesar de las dificultades me han llenado de amor, cariño y apoyo incondicional. En especial a mi abuelo Julio César Quiroz quien ha sido un Padre ejemplar para mí desde niña.

Doy gracias a los profesores de la Universidad de Oriente quienes me encaminaron hasta el día de hoy con sus enseñanzas, y a la universidad en si porque allí viví una etapa muy bonita de mi vida. A mi compañera de trabajo de grado María Gabriela Rodríguez quien ha sido una gran y valiosa amiga. Agradezco de manera especial y con una profunda admiración al profesor Jorge Abud quien ha sido mi tutor en este trabajo de investigación.

*Ana Yures*

## RESUMEN

El área de estudio está representada por las subcuencas hidrográficas del río Guaricongo - Los Caribes, éstas se encuentran ubicadas al Sur de Ciudad Bolívar Municipio Heres del estado Bolívar, el objetivo general de este estudio es analizar las características geológico-ambientales de la subcuenca de los morichales Guaricongo-Los Caribes en época de sequía y lluvia 2005-2010. Este trabajo se inició con la identificación de las unidades geológicas, luego se realizaron los análisis de las características físico-química y bacteriológica de la subcuenca en estudio, después se describieron los focos de contaminación, para posteriormente comparar las características químicas de los sedimentos de la subcuenca, después se realizó la comparación de los valores de índice de calidad del agua (I.C.A) de los morichales en estudio, se generó también un mapa índice de calidad de las aguas de la subcuenca del río Guaricongo-Los Caribes en época de lluvia y sequía, para finalmente proponer un plan de recuperación ambiental adaptable a esta subcuenca. En el área de estudio las unidades geológicas son Complejo de Imataca, La Formación Mesa y los Sedimentos Recientes, en los análisis físicos se determinó que la turbidez en época de sequía está en un rango de 36,67-50 UNT y en época de lluvia está en un rango de 15-20 UNT, lo que nos indica que entre ambas épocas existe una variación de 30 UNT, en los parámetros químicos los valores de el pH en época de sequía oscilan de 5,67-6,20 y para la época de lluvia los valores varían de 5,50-6,0, la variación de los valores en estas dos épocas es de 1,3 y estos están dentro del límite permisible, en los análisis bacteriológicos en los coliformes totales se determinaron que los valores en época de sequía varían de 170 NMP/100 ml-430 NMP/ 100 ml y en la época de lluvia van de 350 NMP/ 100 ml-95 NMP/100 ml la variación de los coliformes totales en ambas épocas es de 180 a 335 NMP/100 ml, los focos contaminantes observados en el área de estudio son industrias avícolas, granjas, fundos, y viviendas, en los parámetros químicos de los sedimentos se determinó que los valores en época de sequía varían de 918.900 mg/Kg-937.200 mg/Kg y para la época de lluvia varía de 78,86 mg/Kg-94,72 mg/Kg, la variación de sílice entre la época de sequía y lluvia 843.34 mg/Kg a 842.48 mg/Kg, en la comparación de índice de calidad de agua (I.C.A) en la época de sequía los valores oscilan desde 57,52-59,59 clasificando la calidad del agua como media y en la época de lluvia oscila desde 55,36-81,13 indicando que la calidad de agua en esta época es de media a buena, las aguas de los morichales Guaricongo-Los Caribes corresponde a un sub tipo 1C, indicativo que éstas aguas no pueden ser usadas directamente para el consumo humano, y para ello se requieren procesos no convencionales de potabilización de las aguas.

## CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO .....	viii
LISTA DE TABLA.....	xiii
LISTA DE FIGURAS .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR .....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo general .....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Alcance.....	5
1.5 Limitaciones .....	5
CAPÍTULO II .....	6
GENERALIDADES .....	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	6
2.3 Clima .....	7
2.3.1 Precipitación.....	7
2.3.2 Evaporación.....	10
2.3.3 Temperatura .....	13
2.3.4 Insolación solar media.....	15
2.3.5 Humedad relativa media .....	17

2.3.6 Velocidad media del viento.....	20
Viento.....	23
Dirección.....	23
2.3.7 Presión atmosférica .....	24
2.3.8 La radiación.....	26
2.4 Vegetación.....	28
Vegetación de sabana con chaparros.....	29
Vegetación de zonas bajas .....	29
2.5 Geomorfología .....	30
2.6 Suelos .....	31
2.7 Hidrología .....	33
2.7.1 Patrón de drenaje.....	33
2.7.2 Densidad de drenaje.....	33
2.7.3 Aguas superficiales .....	34
2.7.4 Aguas subterráneas.....	35
2.8 Geología.....	36
2.8.1 Provincia Geológica de Imataca.....	38
2.8.2 <b>Formación Mesa</b> .....	40
2.8.3 <b>Sedimentos Recientes</b> .....	41
CAPÍTULO III.....	43
MARCO TEÓRICO.....	43
3.1 Antecedentes de la zona de estudio.....	43
3.2 Análisis granulométrico .....	44
3.2.1 Escala granulométrica .....	45
3.2.2 Curvas e histogramas .....	45
3.3 Esfericidad y redondez de las partículas de sedimento clástico.....	48
3.3.1 Índice de esfericidad de los fragmentos clásticos .....	50
3.3.2 Índice de redondez de los fragmentos clásticos .....	50
3.3.3 Relación entre los índices de esfericidad y redondez.....	52
3.3.4 Determinación del grado de redondez de las partículas sedimentarias.....	53
3.2.5 Determinación de la esfericidad de las partículas sedimentarias .....	59

3.4 Procedencia de la acumulación de las partículas de sedimento .....	61
3.4.1 Orientación de la acumulación.....	62
3.4.2 Presencia de carbonato de calcio.....	62
3.4.3 Minerales pesados .....	62
3.5 Calidad del agua.....	63
3.5.1 Parámetros que determinan la calidad del agua .....	64
3.5.2 Índice de calidad del agua (ICA) .....	71
3.6 Contaminación de las aguas.....	73
3.6.1 Efectos de la contaminación del agua:.....	74
3.6.2 Definición de la contaminación de un curso de agua.....	76
3.6.4 Fundamentos legales .....	76
3.7 Características hidrológicas .....	86
3.7.1 Aforo .....	86
3.7.2 Tramo de aforo.....	86
3.7.3 Sección de aforo.....	87
3.7.4 Métodos de aforo.....	87
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>89</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>89</b>
4.1 Tipo de investigación .....	89
4.2 Nivel de la investigación.....	89
4.3 Recopilación de la información bibliográfica y cartográfica.....	89
4.4 Identificación de las características geológicas del río Guaricongo-Los Caribes .....	90
4.5 Análisis de las características físico-químicas y bacteriológicas del río Guaricongo-Los Caribes .....	91
4.6 Descripción de los focos de contaminación.....	91
4.7 Comparación de las características químicas de los sedimentos del río Guaricongo-Los Caribes .....	92
4.8 Comparación de los valores de índice de calidad del agua (I.C.A) del río Guaricongo-Los Caribes .....	92
4.9 Elaboración de un mapa de índice de calidad de las aguas del río Guaricongo-Los Caribes .....	93
4.10 Plan de recuperación ambiental .....	93

CAPÍTULO V .....	94
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	94
5.1 Identificación de las características geológicas del río Guaricongo-Los Caribes .....	94
5.1.1 Complejo de Imataca .....	95
5.1.2 Formación Mesa.....	96
5.1.3 Sedimentos Recientes.....	97
5.2 Análisis de las características físico-químicas y bacteriológicas del río Guaricongo-Los Caribes.....	97
5.2.1 Parámetros físicos .....	97
5.2.2 Parámetros químicos .....	100
5.2.3 Características bacteriológicas .....	109
5.3 Descripción de los focos de contaminación de los morichales Guaricongo-Los caribes .....	110
5.3.1 Industrias avícolas, granjas y fundos .....	110
5.3.2. Viviendas: las áreas despejadas de los cuerpos de agua generalmente son utilizadas como botaderos de basura, los cuales son lanzados de manera indiscriminada por personas que habitan en las zonas aledañas.....	112
5.4 Parámetros químicos de los sedimentos del río Guaricongo-Los Caribes .....	113
5.3.1 Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) .....	115
5.3.2 Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) .....	116
5.3.3 Hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) .....	116
5.3.4 Calcio ( $\text{CaO}$ ) .....	116
5.3.5 Magnesio ( $\text{MgO}$ ).....	117
5.3.6 Sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) .....	117
5.3.7 Manganeso ( $\text{MnO}$ ) .....	118
5.5 Comparación de los valores de índice de calidad de las aguas (I.C.A) en el río Guaricongo-Los Caribes.....	118
5.5.1 Estación N° 1 (Guaricongo) .....	118
5.5.2 Estación N° 2 (Escuela Militar).....	119
5.5.3 Estación N° 3 (El Brujo) .....	120
5.5.4 Estación N° 4 (Los Chorros) .....	120
5.5.5 Estación N° 5 (Desembocadura) .....	121

5.6 Elaboración del mapa de índice de calidad de agua.....	121
5.7 Propuesta de un plan de recuperación ambiental para las subcuencas de los morichales Guaricongo-Los Caribes.....	126
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
Conclusiones .....	128
Recomendaciones.....	130
REFERENCIAS .....	132

## LISTA DE TABLA

Tabla 2.1 Coordenadas U.T.M del río Guaricongo – Los Caribes (Castillo y Castillo, 2005). .....	6
Tabla 2.2 Resumen estadístico de la precipitación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático 2003. ....	8
Tabla 2.3 Resumen estadístico de la precipitación (mm) de la estación Ciudad Bolívar Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2004.....	9
Tabla 2.4 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2003.....	10
Tabla 2.5 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2004.....	12
Tabla 2.6 Resumen estadístico de la temperatura media (°C) de la estación Ciudad Bolívar- Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2003. ....	13
Tabla 2.7 Resumen estadístico de la temperatura media (°C) de la estación Ciudad Bolívar - Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2004. ....	15
Tabla 2.8 Resumen estadístico de la insolación media mensual (hrs). Estación Ciudad Bolívar. Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2003. ....	16
Tabla 2.9 Resumen estadístico de la insolación media mensual (hrs). Estación Ciudad Bolívar. Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático: 2004 .....	17
Tabla 2.10 Resumen estadístico de la humedad relativa (%) estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2003. ....	18
Tabla 2.11 Resumen estadístico de la humedad relativa (%) estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2004. ....	19

Tabla 2.12 Resumen estadístico de la velocidad media del viento (km/h) estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2003.	20
Tabla 2.13 Resumen estadístico de los valores registrado de la velocidad media del viento para el período climático 2004.....	22
Tabla 2.14 Resumen estadístico de la dirección prevaleciente del viento estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2003...	23
Tabla 2.15 Resumen estadístico de la presión atmosférica (hpa) estación Ciudad Bolívar- Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático 2003. ....	24
Tabla 2.16 Variación mensual de la presión atmosférica medida en la estación de Ciudad Bolívar – Aeropuerto. Año 2004. ....	25
Tabla 2.17 Radiación medida en la estación de Ciudad Bolívar - Aeropuerto para el año 2003. ....	26
Tabla 2.18 Radiación medida en la estación de Ciudad Bolívar-Aeropuerto para el año 2004. ....	27
Tabla 2.19 Vegetación presente en el área de estudio (Franzone y Medina, 1998)...	29
Tabla 2.20 Variabilidad de la permeabilidad según el tipo de suelo presente en la cuenca.....	34
Tabla 3.1 Escala de Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Adaptada de la Guía para Análisis Granulométrico del Dpto. de Geología UDO, 2.001 y de la Clasificación de los Sedimentos por su Tamaño de Rouse, H en Engineering Hydraulics, Nueva York, 1.950 por Monsalve, 1.999).....	46
Tabla 3.2 Grados de redondez de las partículas sedimentarias (Guía de redondez y esfericidad de las partículas del Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000, Herrera, J. 1998).....	55
Tabla 3.3 Clasificación de la dureza en el agua. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992). ....	69

Tabla 3.4 Índice de calidad del agua, ICA (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).	72
Tabla 3.5 Normas internacionales de agua potable límites para sustancias consideradas como tóxicas en el agua potable (Datos de la Organización Mundial de la Salud OMS en Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).	75
Tabla 3.6 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 1 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).	80
Tabla 3.7 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 2 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).	81
Tabla 3.8 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 3 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).	82
Tabla 3.9 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 4 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).	83
Tabla 3.10 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 5 según el decreto ejecutivo 883(Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre de 1995; República Bolivariana de Venezuela – Ministerio de Ambiente y de los recursos Naturales, 2003.	84
Tabla 3.11 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 6 según el decreto ejecutivo 883(Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre	

de 1995; República Bolivariana de Venezuela–Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales, 2003). .....	84
Tabla 3.12 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 7 según el decreto ejecutivo 883(Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre de 1995; República Bolivariana de Venezuela–Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales, 2003). .....	85
Tabla 3.13 Normas de calidad físicas (criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud OMS, 1971 en Abud, J. 2002). .....	85
Tabla 3.14 Normas de calidad químicas de las aguas (criterios establecidos por la organización Mundial de la Salud OMS, 1971 en Abud, J. 2002).....	86
Tabla 5.5 Parámetros Físicos, determinados de la cuenca Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia. (Realizado por: Amundaray y Obed Macallums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005). .....	99
Tabla 5.6 Parámetros químicos, determinados en la cuenca Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia. (Amundaray y Obed Macalums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005).....	107
Tabla 5.7 Parámetros bacteriológicos, determinados en las cuencas Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia. (En Amundaray y Obed Macallums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005). .....	111
Tabla 5.8 Fuentes de contaminación de las subcuenca de la cuenca Guaricongo–Los Caribes.....	112
Tabla 5.9 Parámetros químicos de los sedimentos colectados en el río Guaricongo–Los Caribes en época de sequía y lluvia. (En Amundaray y Obed Macallums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005). .....	114

Tabla 5.10 Valores de I.C.A. obtenidos en las cuencas Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia. (En Amundaray y Obed Macalums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005)..... 119

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Distribución temporal de la precipitación. Año 2003(Castillo y Castillo, 2005). .....	9
Figura 2.2 Distribución temporal de la precipitación Año 2004.(Castillo y Castillo, 2005). .....	10
Figura 2.3 Distribución temporal de la evaporación año 2003. (Castillo y Castillo, 2005). .....	11
Figura 2.4 Distribución temporal de la evaporación año 2004. (Castillo y Castillo, 2005). .....	12
Figura 2.5 Distribución temporal de la temperatura año 2003. (Castillo y Castillo, 2005). .....	14
Figura 2.6 Distribución temporal de la temperatura año 2004.(Castillo y castillo, 2005). .....	15
Figura 2.7 Distribución temporal de la insolación media año 2003.(Castillo y Castillo, 2005). .....	17
Figura 2.8 Distribución temporal de la insolación media año 2004. (Castillo y Castillo, 2005). .....	18
Figura 2.9 Distribución de la humedad relativa media. Año 2003. (Castillo y Castillo, 2005). .....	19
Figura 2.10 Distribución de la humedad relativa media año 2004. (Castillo y Castillo, 2005). .....	20
Figura 2.11 Distribución temporal de la velocidad media del viento. Año 2003. (Castillo y Castillo, 2005). .....	21
Figura.2.12 Distribución temporal de la velocidad media del viento. Año 2004. (Castillo y Castillo, 2005). .....	22

Figura 2.13 Representación en diagrama de los vientos anuales. (Castillo y Castillo, 2005). .....	23
Figura 2.14 Distribución temporal de la presión atmosférica, año 2003.(Castillo y Castillo, 2005).....	25
Figura 2.15 Distribución temporal de la radiación. Año 2003. (Castillo y Castillo, 2005). .....	27
Figura 2.16 Distribución Temporal media de la radiación año 2004. (Castillo y Castillo, 2005).....	28
Figura 2.17 Mapa geológico generalizado del escudo de Guayana destacando la provincia geológica de Imataca y su relación litotectónica con los cratones de Suramérica y África (Adaptada de Sider y Mendoza 1995 y Martín, 1972 en Mendoza, 2000).....	37
Figura 2.18 Mapa geológico mostrando la extensión del escudo de Guayana en el Norte de Suramérica (Modificada de Ledru y Milesi, 1.994 en Mendoza, 2000). .....	38
Figura 3.1 a) Proyección de una partícula mostrando los radios de curvatura en cada esquina y el círculo máximo inscrito (para calcular su redondez); b) Proyección de una partícula yaciendo sobre su superficie mayor, mostrando el círculo mínimo circunscrito (para calcular su esfericidad) (Guía de redondez y esfericidad de las Partículas del Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000). .....	57
Figura 3.2 Resistencia relativa a la abrasión de algunos minerales (en orden decreciente) (Modificada de Guía de Redondez y Esfericidad de las Partículas del Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000). .....	59
Figura 4.1 Flujograma de planificación y desarrollo de la investigación. ....	90
Figura 5.1 Formación Mesa y Sedimentos Recientes. ....	94
Figura 5.4 Mapa de Índice de Calidad de las Agua identificando las fuentes de contaminación del río.....	125

## INTRODUCCIÓN

El agua de los ríos o agua dulce como recurso natural con la creciente población mundial se ha vuelto muy escasa y su disposición en las regiones habitadas está en constante redistribución de manera desigual. Los ríos, lagos y morichales suministran la mayor cantidad de agua necesaria para el desarrollo humano, pero en contraste a esto, las actividades del ser humano generan contaminación e intervención de las cuencas hidrográficas, y esto generan efectos nocivos para el medio ambiente y afecta el equilibrio natural de los ecosistemas. El agua en su ciclo normal se ve afectada por el hombre en sus diversas actividades, pero cuando ésta se encuentra de manera superficial constituyendo ríos, arroyos, etc. Es cuando se ve mayormente alterada por la intervención de la actividad humana, esto se debe a que en las orillas de los ríos se han asentado las poblaciones humanas, transformando esta área cercana al curso del río en zonas altamente contaminadas.

El agua al desplazarse a través del ciclo hidrológico, transporta sólidos y gases en disolución, dotando a ésta naturalmente de ciertos parámetros y características propias de la zona por donde se desplaza, aumentando o disminuyendo concentraciones de componentes y minerales producto de su interacción con la atmósfera y la corteza terrestre.

El siguiente trabajo consiste en el estudio de los análisis de las características geológico-ambientales de la subcuenca de los morichales Guaricongo-Los Caribes, ubicados al Sur de

Ciudad Bolívar, Municipio Heres del estado Bolívar, y se encuentra estructurado por una situación a investigar, generalidades, marco teórico, metodología de trabajo, análisis e interpretación de los resultados de la investigación

para así luego terminar con las conclusiones y recomendaciones. Dentro de esto esperamos poder alcanzar el principal propósito de este trabajo que es el establecer las condiciones en que se encuentra el curso de agua y el grado de influencia del crecimiento demográfico en el municipio, representado directamente por parámetros de calidad de agua y así poder encontrar de manera satisfactoria un plan de recuperación acorde a la situación de los morichales en estudio.

# **CAPÍTULO I**

## **SITUACIÓN A INVESTIGAR**

### 1.1 Planteamiento del problema

El agua dulce representa solo 0,4% de la proporción total del agua global y ésta se encuentra en los ríos, lagos y en acuíferos, no obstante, el agua dulce es la que está más expuesta a la contaminación, por ser ésta de vital importancia para todos los seres vivos y en todas las actividades humanas. Las aguas de los morichales Guaricongo – Los Caribes constituyen un recurso para el estado Bolívar y sus habitantes, para el aprovechamiento de cultivos, esparcimiento recreacional, captación de agua en distintos usos, actividades agrícolas, y más aún, un recurso hídrico estratégico para futuras generaciones, en virtud de los problemas ambientales mundiales que existen actualmente. Los estudios que se han realizado en la cuenca de los ríos Guaricongo – Los Caribes han con la finalidad de reinterpretar la geología local e identificar la calidad del agua para su aprovechamiento y actividades que inducen al impacto ambiental y que son de vital importancia para el desarrollo de la zona, la mayoría de los procesos provenientes de la mano del hombre producen impactos en las aguas superficiales.

Y los efectos pueden estar representados por cambios en la cantidad y calidad de las aguas produciendo alteraciones en los ecosistemas.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Analizar las características geológica-ambiental de la subcuenca de los morichales Guaricongo-Los Caribes en época de lluvia y sequía, en el Municipio Heres Ciudad Bolívar-estado Bolívar. (2005-2010).

### 1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar las características geológicas de las subcuencas en estudio.
2. Analizar las características físico-químicas y bacteriológicas de las aguas en estudio.
3. Describir los focos de contaminación de la subcuenca de los morichales en estudio.
4. Comparar las características químicas de los sedimentos de la subcuenca de los morichales Guaricongo – Los Caribes.
5. Comparar los valores de índice de calidad del agua (I.C.A) de la subcuenca de los morichales Guaricongo - Los caribes.
6. Generar un mapa de índice de calidad de las aguas de la subcuenca del río Guaricongo-Los Caribes en época de sequía y lluvia.
7. Proponer un plan de recuperación ambiental adaptable a estas subcuenca.

### 1.3 Justificación

Análisis de las condiciones y características de la subcuenca y su evolución a través del tiempo, en relación al crecimiento demográfico de la zona. Se realizara un análisis de las características geológico-ambientales de los morichales Guaricongo - Los Caribes durante la época de sequía y lluvia, para conocer los niveles de contaminación del agua de estos morichales.

### 1.4 Alcance

El trabajo consiste en el estudio de las características geológico-ambientales de Los morichales Guaricongo - Los Caribes, ubicados al Sur de Ciudad Bolívar, Municipio Heres del estado Bolívar.

Se analizara los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de distintas épocas para así hacer una comparación que nos permitirán conocer la evolucionen la calidad del agua en los morichales, identificaremos los posibles focos de contaminación en el curso de agua. Así como también estudiaremos los procesos geológicos que han incidido en la formación de la sub-cuenca hidrográfica del área de estudio.

### 1.5 Limitaciones

Pocas fueron las limitaciones ya que la mayor parte de la información requerida para su elaboración se encontraba en la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, gracias a la colaboración de su personal docente como administrativo quienes hicieron fácil la obtención de esta data.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La subcuenca de los morichales Guaricongo - Los Caribes se ubica a 1,4 Km. del distribuidor la Paragua en la margen derecha de la carretera Ciudad Bolívar – Ciudad Piar, en el Municipio Heres del estado Bolívar (Según Flores y Calzadilla, 2004 y Castillo y Castillo, 2005). Tiene una extensión aproximada de 1384,96 hectáreas (Franzone y Medina 1998) y está localizada entre los puntos de coordenadas U.T.M de la tabla 2.1 tomadas del mapa base adaptado sobre la hoja 7440-II-SE de cartografía nacional, 1971.

Tabla 2.1 Coordenadas U.T.M del río Guaricongo – Los Caribes (Castillo y Castillo, 2005).

<b>Este (mts)</b>	<b>Norte (mts)</b>
432.000	892.000
432.000	884.500
442.000	884.500
442.000	892.000

#### **2.2 Accesibilidad**

Para el acceso al área de estudio, se encuentran tramos de carretera asfaltados así como de tierra, entre los cuales se pueden mencionar la entrada principal de la vía a Los Caribes, a través de la carretera Ciudad. Bolívar – Ciudad. Piar, también la entrada por la Perimetral, pasando por los barrios Parques del Sur y José Antonio

Páez. Otras vías de penetración son las carreteras secundarias, caminos y picas desde los barrios Nueva Guayana, Brisas del Sur, Guaricongo y a través de los asentamientos campesinos de la zona de Cardozo y Chupadero.

## 2.3 Clima

Ciudad Bolívar y sus alrededores, tienen una clasificación climática según Leslie R. Holdridge, (1953) en Freire y Perdomo, (1997), que corresponde a una zona de vida de bosque seco tropical, que se caracteriza por una definición cuantitativa de la relación de dependencia que existe en la naturaleza entre la vegetación y los principales elementos del clima: biotemperatura, precipitación y humedad ambiental, de manera que la vegetación refleja las condiciones climáticas predominantes, las cuales también influyen significativamente en el relieve, la hidrología y suelos.

El clima se mide por medio de termómetros, pluviómetros, barómetros y otros instrumentos, pero su estudio depende de las estadísticas. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias mensuales y anuales de las variables climatológicas: precipitación, evaporación, temperatura, insolación solar, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.

Para la caracterización de éstas variables climatológicas en el área de estudio, se utilizaron los datos del resumen climatológico tomados de la estación Ciudad Bolívar, del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.

### 2.3.1 Precipitación

El período de registro climático para caracterizar la precipitación está comprendido entre los años 1976 – 2002 (27 años). (Rondón Ayanelys y Guzmán Jean, 2004).

A continuación les presentamos el registro climático, cuya precipitación data de los años 2003 y 2004 (2años).

Nota: Esta información se obtuvo en el departamento de meteorología de la aviación Ciudad Bolívar, la cual fue facilitada por el Sargento Parra Joel todo esto para los efectos legales de nuestro proyecto de investigación. (Velázquez y Bolívar, 2007).

La tabla 2.2 muestra los valores medios, máximas y mínimas de las precipitaciones registradas durante el año 2003.

Tabla 2.2 Resumen estadístico de la precipitación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático 2003.

	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
<b>Media</b>	1,2	0,5	0	7,6	83,2	152,7	208,7	128,7	58,2	66,2	73,0	19,9	789,9
<b>Máxima</b>	0	0	0	7,4	10,0	31,4	69,9	0,5	18,1	20,3	45,0	8,1	
<b>Minima</b>	0	0	0	0,2	0,2	0,5	0,5	0,1	0,4	0,2	0,3	0,4	

Durante el año 2003 la total media anual de precipitación que ocurre es de 789,9 mm. Presentado un valor máximo de precipitación en el mes de Julio de 208,7 mm.

La época lluviosa se inicia en el mes de Abril y se mantiene hasta el mes de Noviembre, teniendo una duración de ocho meses, presentándose el mes de Julio como el más lluvioso. La época de sequía abarca los meses de Diciembre hasta Marzo, donde Febrero y Marzo son los meses más secos del año, siendo este el período climático en consideración. A continuación la figura 2.1 presenta la variación anual de la precipitación en la estación Ciudad Bolívar – Aeropuerto.

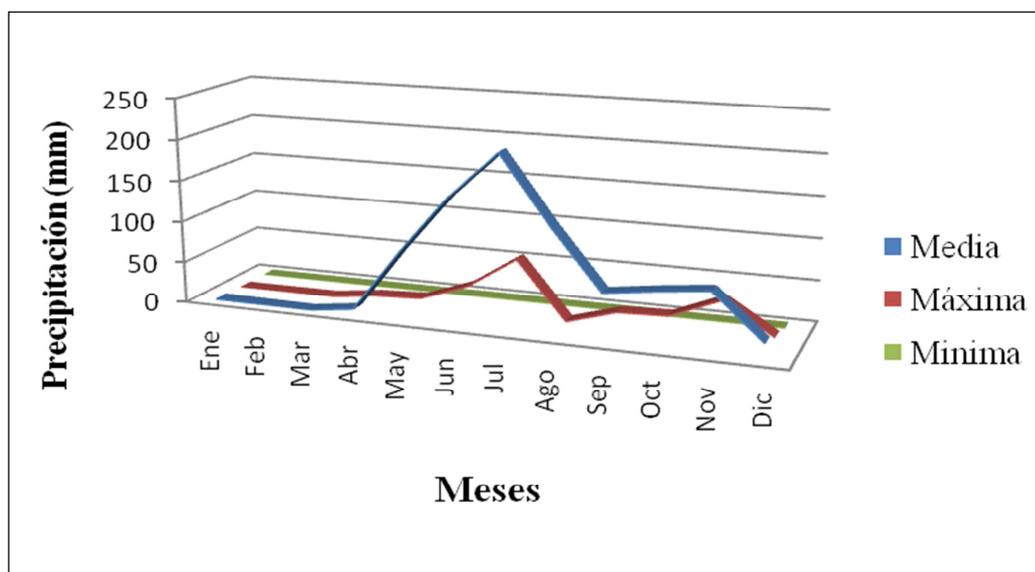


Figura 2.1 Distribución temporal de la precipitación. Año 2003(Castillo y Castillo, 2005).

Para el año 2004 la precipitación anual es de 826,2 mm y la precipitación máxima para el período en curso fue de 199,5 mm en el mes de Agosto. Se observa que ocurrieron precipitaciones en la época de sequía para el año 2004, mientras que para el año 2003 las precipitaciones fueron escasas excepto durante el mes de Abril donde si hubo precipitaciones consideradas moderadas para ser un mes seco. (Tabla 2.3 y figura 2.2).

Tabla 2.3 Resumen estadístico de la precipitación (mm) de la estación Ciudad Bolívar Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2004.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Medias</b>	5,7	5,1	0,3	5,9	85,3	161,1	117,9	199,5	60,4	46,4	97,4	31,7	826,2
<b>Máxima</b>		3,1	0,3	17,0	10,1	40,2	17,5	57,6	17,8	12,9	27,3	12,9	
<b>Mínima</b>	1,0	0,6	0,3	1,3	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	

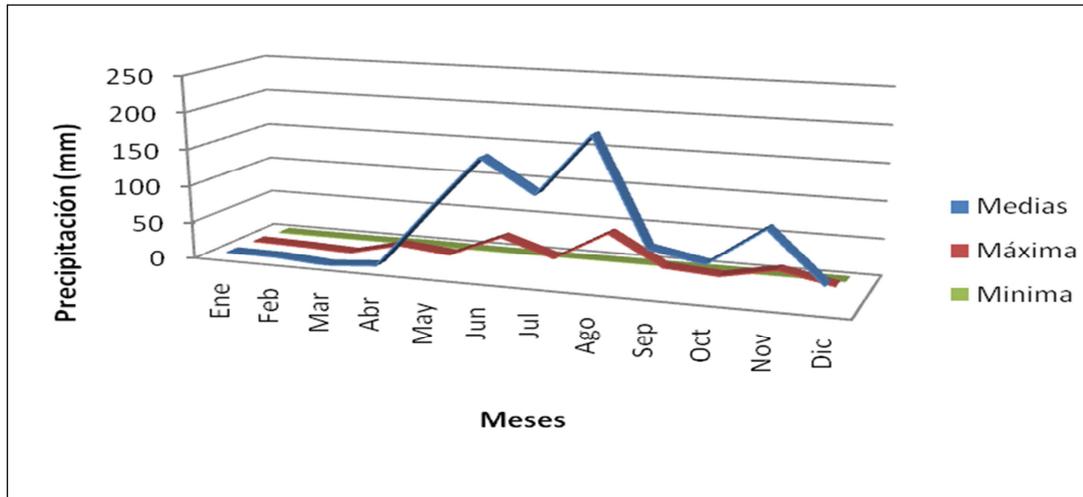


Figura 2.2 Distribución temporal de la precipitación Año 2004.(Castillo y Castillo, 2005).

### 2.3.2 Evaporación

En la caracterización de la evaporación, el período de registro climático estudiado está dividido en 2003 - 2004 (2años). Las lecturas fueron tomadas en la estación Ciudad Bolívar – Aeropuerto. La tabla 2.4 muestra los valores medios, máximos y mínimos de la evaporación en el año 2003.

Tabla 2.4 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar- Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2003.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Media</b>	168	208	213	152	145	89	94	30	110	123	111	122	130
<b>Máx</b>	173	213	223	210	150	94	99	35	115	128	116	127	135
<b>Mín</b>	156	196	200	140	131	77	81	19	96	109	99	110	118

En la figura 2.3 se tiene que la curva anual de evaporación media es de régimen bimodal; es decir, se estiman valores máximos en los meses de Febrero 213 mm y Marzo con 223 mm y Abril con 210 mm, decreciendo hasta los valores mínimos de 77 mm y 19 mm para los meses de Junio y Agosto respectivamente. Para el año 2003 el volumen de agua evaporada en Ciudad Bolívar y sus alrededores, no es constante a lo largo del año y depende primordialmente de las variaciones estacionales, estimándose la evaporación media anual en 130 mm, para el período de 2003, con un valor mínimo anual de 118 mm y un valor máximo anual de 130 mm.

Para este período climático de 1 año, se presenta una evaporación media anual de 133 mm, cabe destacar que tanto para la serie estudiada anteriormente año 2003, como para ésta, los meses con los valores máximos son Febrero y Marzo con 190 mm y 194 mm respectivamente.

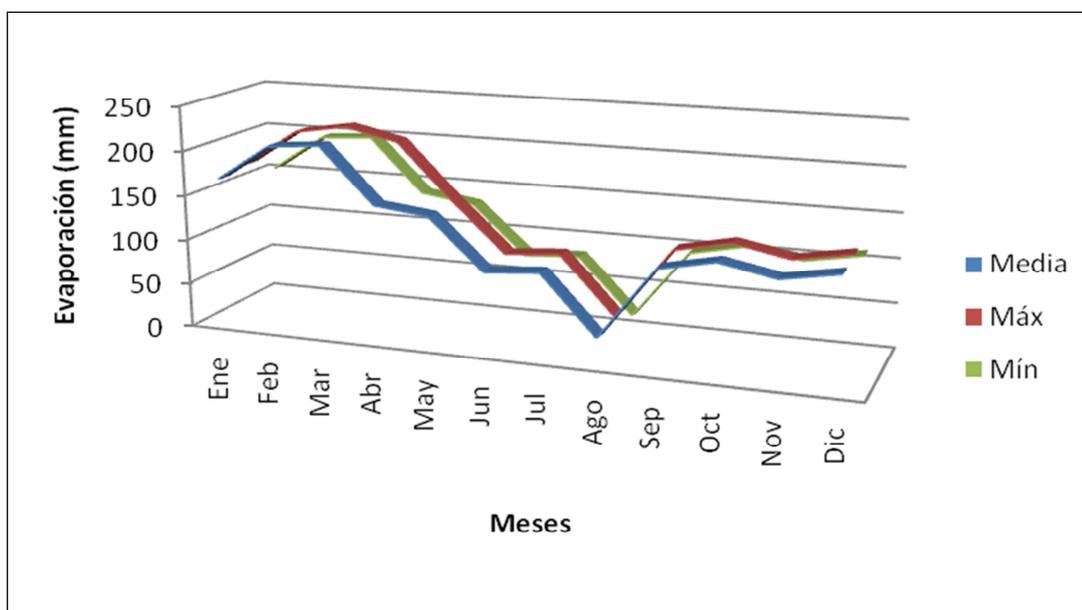


Figura 2.3 Distribución temporal de la evaporación año 2003. (Castillo y Castillo, 2005).

Tabla 2.5 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar  
Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2004.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Media</b>	157	178	180	172	122	128	100	111	103	90	116	130	133
<b>Maxima</b>	172	190	194	185	133	140	114	125	119	102	127	142	145
<b>Minima</b>	150	169	168	164	112	117	91	99	90	79	105	118	119

En cambio para los valores mínimos, en el año 2004 se destacan los meses de Septiembre con 90 mm y Octubre con 79 mm como se muestra en la tabla 2.5 y gráficamente en la figura 2.4.

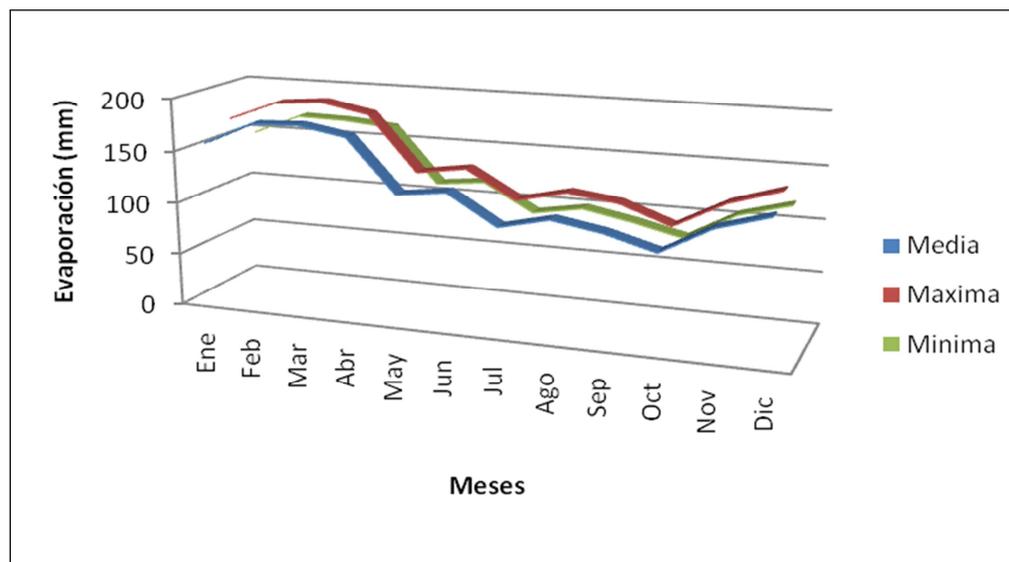


Figura 2.4 Distribución temporal de la evaporación año 2004. (Castillo y Castillo, 2005).

### 2.3.3 Temperatura

Para caracterizar la temperatura del aire, se utilizó la metodología que permite relacionar la variación de la temperatura respecto a la altitud. El período climático está comprendido entre 2003 y 2004 (2 años).

En la tabla 2.6 contiene los valores medios, máximos y mínimos anuales, tomados de la estación Ciudad Bolívar – Aeropuerto.

La temperatura media anual en el área de estudio para el período considerado es de 27,9 °C. La tendencia que manifiesta la curva anual de temperatura media para la estación de Ciudad Bolívar – Aeropuerto, la cual establece un régimen térmico de tipo bimodal; es decir, se estiman dos valores máximos, uno principal y otro secundario. (Tabla 2.6).

La oscilación térmica media anual es de 2 °C aproximadamente, lo cual indica la condición isoterma por estar ubicada en una zona intertropical. La figura 2.7 muestra la variación de la temperatura media anual registrada en la estación Ciudad Bolívar – Aeropuerto, que corresponde a la tabla 2.6 y figura 2.5.

Tabla 2.6 Resumen estadístico de la temperatura media (°C) de la estación Ciudad Bolívar- Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2003.

	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
<b>Media</b>	27,7	27,8	28,9	30	26,7	27,2	26,1	28,1	28,3	28,1	28,1	27,6	27,9
<b>Máx</b>	33,1	34,0	33,5	36,6	33,3	32,2	32,6	33,3	33,5	34,0	33,5	33,0	
<b>Mín</b>	23,5	23,1	22,9	24,8	24,5	24,0	23,8	24,5	24,6	24,7	24,6	23,0	

El valor máximo principal se presenta en el mes de Abril con un valor de 30 °C y el valor secundario ocurre en Octubre de 28,1 °C. Los menores valores de

temperatura media se registran en los meses de Enero con 26,5 °C, Febrero con 27 °C y Diciembre con 26,9°C.

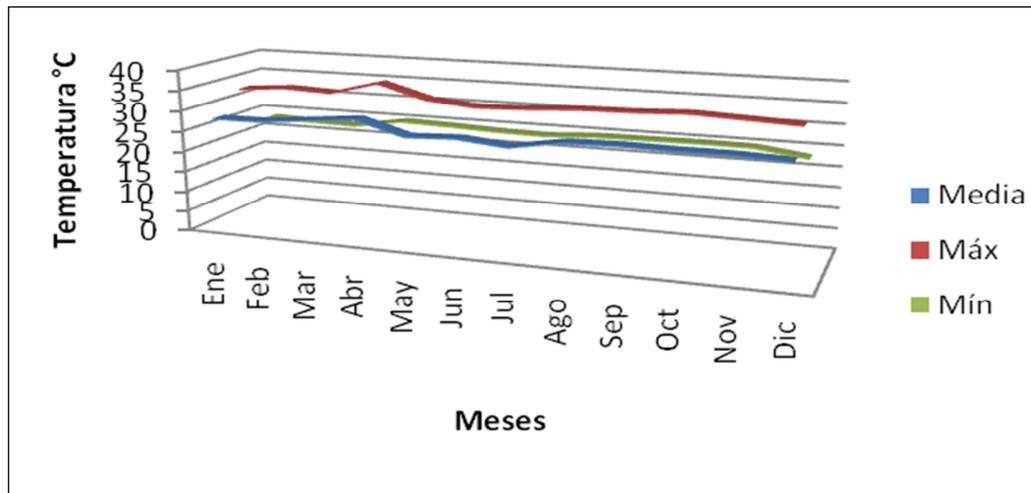


Figura 2.5 Distribución temporal de la temperatura año 2003. (Castillo y Castillo, 2005).

Tabla 2.7 Contiene los valores medios, máximos y mínimos anuales de los datos registrados en la estación Ciudad Bolívar- Aeropuerto, donde se aprecia que la temperatura máxima media anual es de 28,1 °C aproximadamente. Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2004 (1 año). Los valores más altos de temperatura máxima media mensual, se registraron en los meses de Marzo, Abril y Noviembre. Las temperaturas más bajas se registran en los meses de Enero, Febrero como se observa en la figura 2.6.

Tabla 2.7 Resumen estadístico de la temperatura media (°C) de la estación Ciudad Bolívar - Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2004.

	Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Media</b>	27,4	27,9	28,8	30,1	27,9	27,5	27,1	27,7	27,7	28,8	28,3	27,6	28,1
<b>Máxima</b>	33,1	34,0	35,2	36,6	33	32,8	32,8	33,1	33,1	34,4	33,7	32,8	
<b>Mínima</b>	23,5	23,1	23,6	25,2	24,7	24,3	23,9	24,1	24,1	24	24,7	24,2	

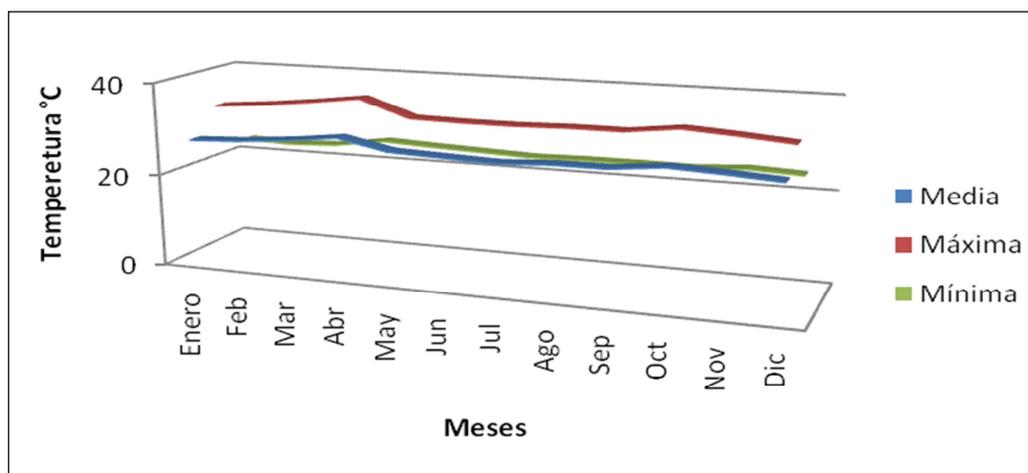


Figura 2.6 Distribución temporal de la temperatura año 2004.(Castillo y castillo, 2005).

#### 2.3.4 Insolación solar media

Para la caracterización de esta variable el registro climático está comprendido entre 2003 hasta 2004 (2años), tomado de la estación Ciudad Bolívar – Aeropuerto.

La tabla 2.8 contiene los valores de media, máxima y mínima de la insolación solar media. También se puede apreciar la insolación promedio anual con 7.6 horas

de brillo de luz solar aproximadamente, el cual comparado con años anteriores solo ha variado 2 décimas con respecto al año 2003.

Tabla 2.8 Resumen estadístico de la insolación media mensual (hrs). Estación Ciudad Bolívar. Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2003.

	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Annual</b>
<b>Media</b>	8,7	9,3	8,4	8,8	5,8	5,4	6,8	7,9	7,3	7,8	7,8	7,9	7,6
<b>Máx</b>	9,2	9,6	10,0	9,5	9,5	8,1	9,3	9,0	8,9	9,7	9,3	9,0	
<b>Mín</b>	3,5	4,5	5,3	4,8	4,8	5,2	5,7	6,1	6,2	7,0	6,2	5,3	

La insolación solar media alcanza sus mayores registros en los meses de Marzo y Octubre; mientras que los mínimos valores de insolación ocurrieron en los meses de Enero y, como se muestra en la figura 2.7.

La tabla 2.9 muestra los valores de la insolación media mensual, los valores máximos de insolación media se registraron durante los meses de Marzo, Abril, Mayo con valores de 10.2 hrs, 9.6 hrs y 9.6 hrs respectivamente y las lecturas mínimas se registraron durante los meses de Enero y Febrero como se muestran en la figura 2.8.

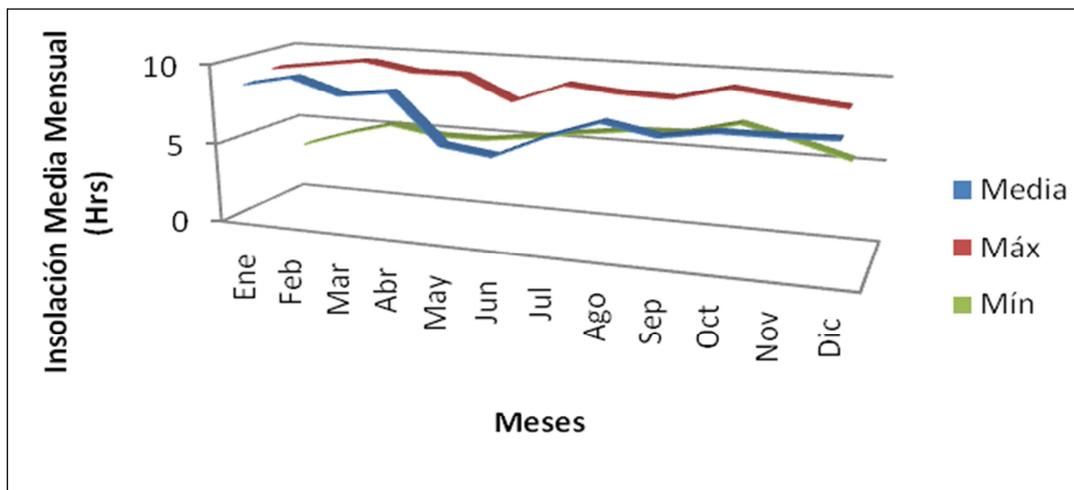


Figura 2.7 Distribución temporal de la insolación media año 2003.(Castillo y Castillo, 2005).

Tabla 2.9 Resumen estadístico de la insolación media mensual (hrs). Estación Ciudad Bolívar. Servicio de Meteorología de la Aviación Periodo Climatico: 2.004

	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Annual</b>
<b>Media</b>	7,6	8,8	8,7	7,7	5,3	7,1	7,5	8,4	7,6	7,9	8,1	8,1	7,7
<b>Máx</b>	9,0	9,4	10,2	9,6	9,6	8,1	9,3	9,1	9,7	9,5	9,3	9,2	
<b>Mín</b>	3,2	4,7	5,1	4,5	4,9	5,4	5,2	6,0	6,4	7,2	6,3	5,1	

### 2.3.5 Humedad relativa media

El período de registro climático utilizado para caracterizar la humedad relativa media anual, fue para los años 2003-2004 (2 años). La tabla 2.10 contiene los valores medios, máximos y mínimos mensuales del año 2003.

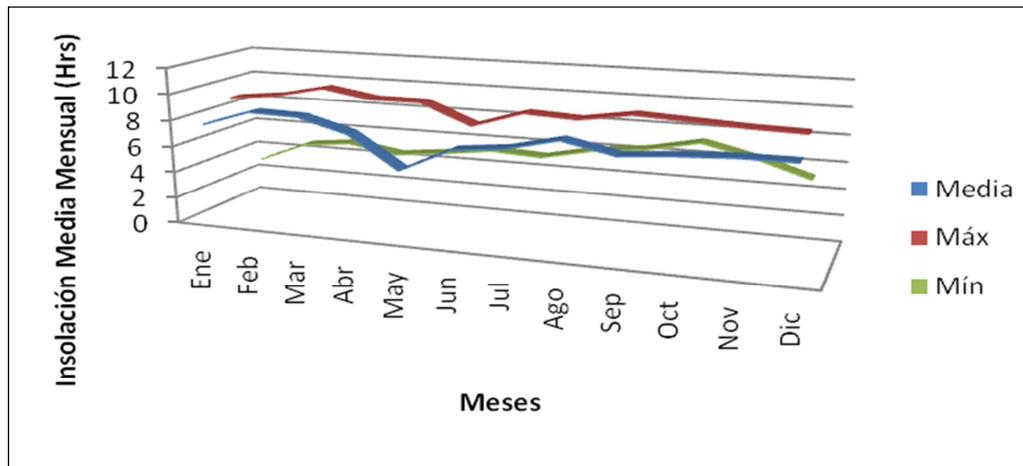


Figura 2.8 Distribución temporal de la insolación media año 2004. (Castillo y Castillo, 2005).

Tabla 2.10 Resumen estadístico de la humedad relativa (%) estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2003.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Media</b>	64	76	72	73	81	87	85	79	77	76	84	84	79
<b>Máx</b>	98	96	97	97	98	87	99	95	93	94	99	99	
<b>Mín</b>	54	48	46	46	60	83	60	55	54	54	59	60	

La curva anual de la humedad relativa media registra una variación de tipo unimodal, donde los valores máximos estimados se presentan en los meses de Julio, Noviembre y Diciembre, observándose en la figura 2.9.

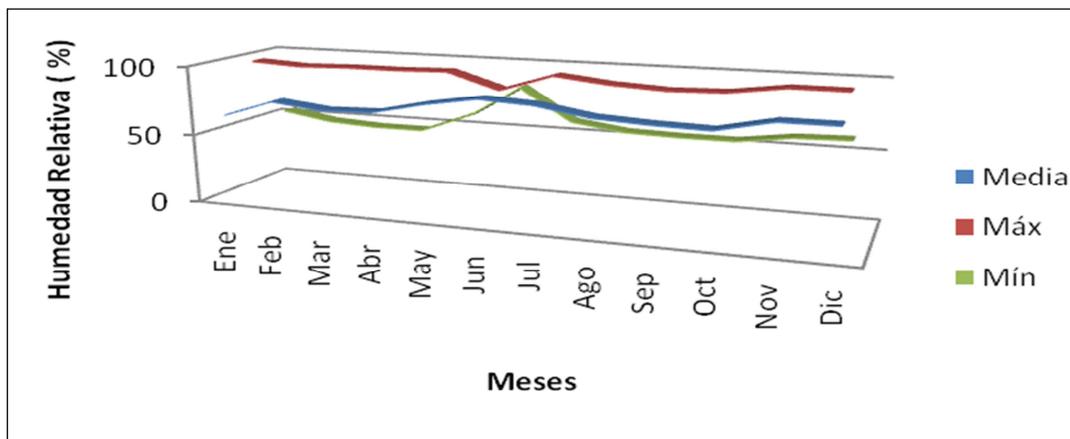


Figura 2.9 Distribución de la humedad relativa media. Año 2003. (Castillo y Castillo, 2005).

En la tabla 2.11 se encuentran los valores de humedad relativa (%), para el año 2004 cuyos valores mínimos se registran en la época de Marzo–Abril.

Los valores máximos para el año 2004 de la humedad relativa en registran en Enero y Mayo, tal se representa gráficamente en la figura 2.10.

Tabla 2.11 Resumen estadístico de la humedad relativa (%) estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2004.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Media	7,9	7,3	5,4	7,4	8,3	8,5	8,5	8,1	8,3	8,1	8,2	8,1	7,8
Máx	9,8	9,6	9,5	9,6	9,7	9,0	9,5	9,2	9,5	9,6	9,6	9,7	
Mín	5,4	4,8	4,3	4,8	6,0	5,9	6,4	6,0	6,1	5,8	6,0	5,9	

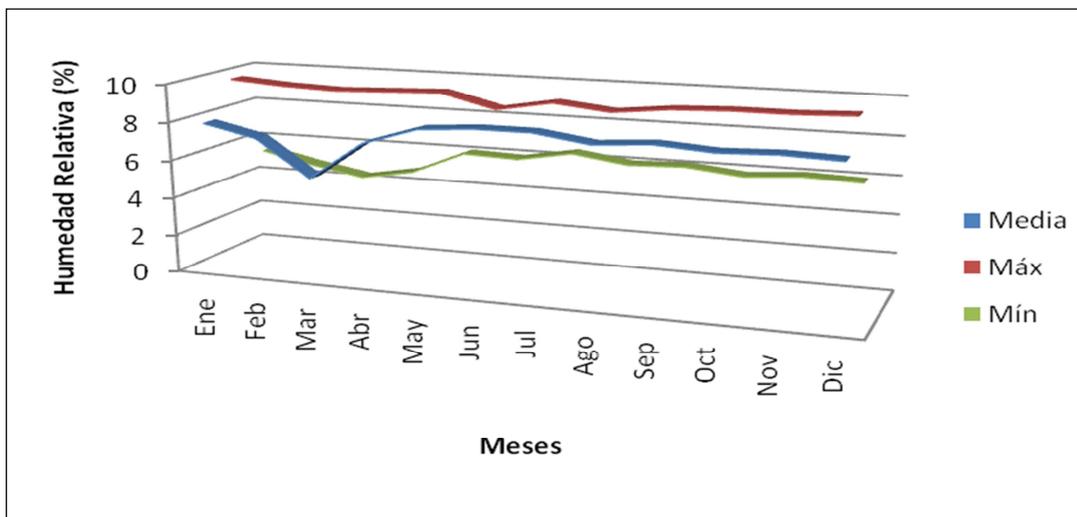


Figura 2.10 Distribución de la humedad relativa media año 2004. (Castillo y Castillo, 2005).

### 2.3.6 Velocidad media del viento

El período climático utilizado para analizar las características de la velocidad media prevaleciente del viento en el área de estudio está comprendido desde 2003 hasta 2004 (2 años). La tabla 2.12 contiene los valores medios, máximos y mínimos mensuales para el año 2003.

Tabla 2.12 Resumen estadístico de la velocidad media del viento (km/h) estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 2003.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Media</b>	4,2	4,8	4,7	4,6	4,2	3,2	2,5	2,0	2,1	2,3	2,5	3,3	
<b>Máx</b>	6,0	6,4	6,2	6,3	5,9	4,9	4,1	3,5	3,6	3,7	3,9	4,7	
<b>Mín</b>	3,6	4,3	4,0	3,9	3,4	2,6	1,9	1,5	1,6	1,8	2,0	2,7	

El régimen de vientos está determinado por los alisios, la convergencia intertropical y los efectos orográficos locales. En la figura 2.11 muestra distribución temporal de la velocidad media del viento. Año 2003.

La tabla 2.13 presenta un resumen estadísticos de la velocidad media del viento en el año 2004, cuyos valores están representados gráficamente en la figura 2.12.

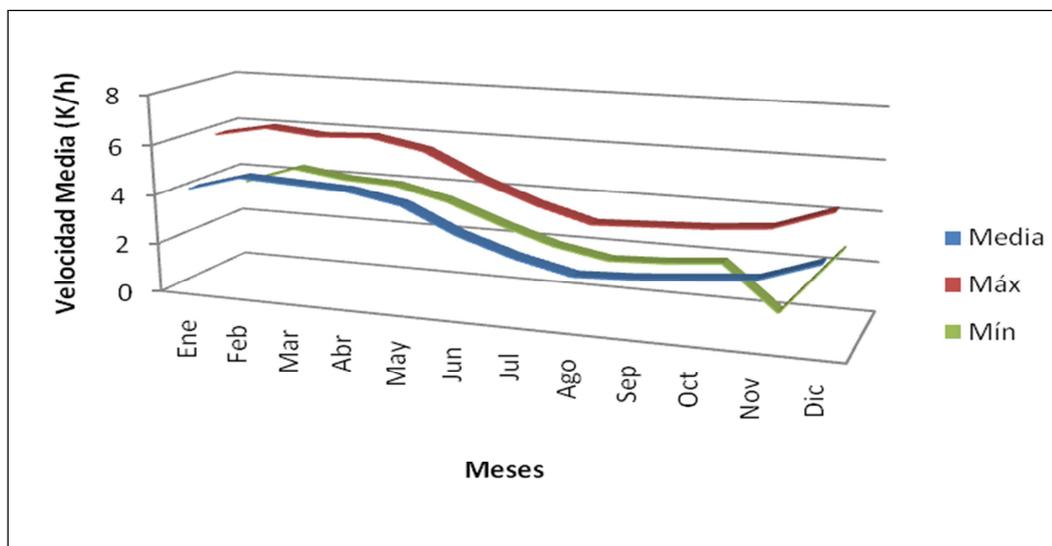


Figura 2.11 Distribución temporal de la velocidad media del viento. Año 2003.  
(Castillo y Castillo, 2005).

Tabla 2.13 Resumen estadístico de los valores registrado de la velocidad media del viento para el período climático 2004.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	4,2	4,4	4,2	4,1	3,8	3,0	2,5	2,2	2,1	2,5	2,7	3,2	
Máx	5,7	6,0	6,3	5,6	5,2	4,6	4,1	3,8	3,5	4,1	4,3	4,7	
Mín	3,3	3,8	3,9	3,4	3,2	2,4	1,7	1,6	1,4	1,7	2,1	2,5	

Los valores máximos registrados de la velocidad media del viento ocurren durante los meses de Febrero y Marzo. Los valores mínimos ocurren durante los meses de Julio y Agosto. (Figura.2.12).

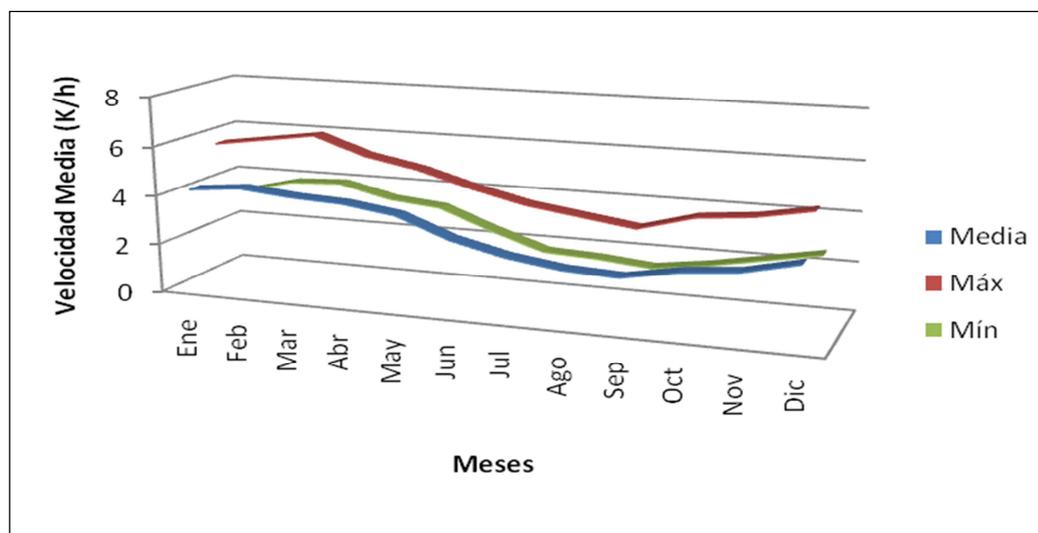


Figura.2.12 Distribución temporal de la velocidad media del viento. Año 2004.

(Castillo y Castillo, 2005).

La tabla 2.14 contiene las direcciones prevalecientes del viento para el año 2003. También con estos valores se realizó una representación en diagrama de los vientos, figura 2.13.

Tabla 2.14 Resumen estadístico de la dirección prevaleciente del viento estación Ciudad Bolívar-Servicio de Meteorología de la Aviación Período Climático 2003.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anu
<b>VIENTO</b>	E0,9	E0,9	E0,9	E0,1	E0,9								
<b>DIRECCI</b>	15,8	17,6	17,6	16,6	15,8	11,5	9,0	6,8	8,3	8,6	9,4	7,0	

De acuerdo al análisis temporal se estima una velocidad media anual de E 0,90 km/h en dirección este (E), excepto durante el mes de Abril cuya lectura es diferente a las demás la cual es de E 0,10 siendo las otras lecturas de E 0,90.

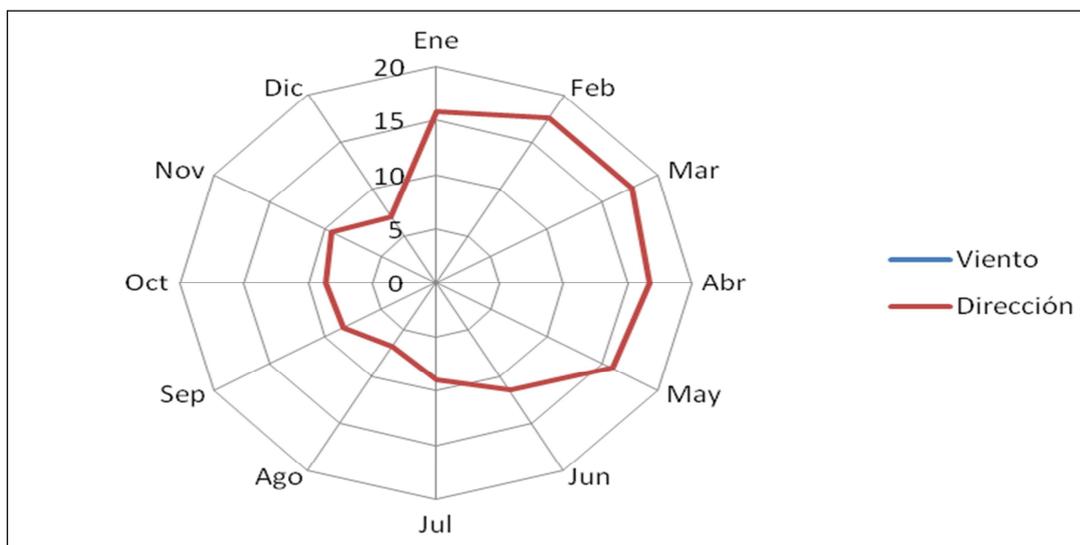


Figura 2.13 Representación en diagrama de los vientos anuales. (Castillo y Castillo, 2005).

### 2.3.7 Presión atmosférica

Para el estudio de ésta variable, se tomó en consideración el período climático desde 2003-2004 (1 año). En las tablas 2.15 y 2.16 se muestran los valores medios, máximos y mínimos anuales de la presión atmosférica para los años 2003 y 2004, respectivamente.

2.3.7.1 IN: INOPERATIVO: las variaciones anuales de la presión atmosférica, revela que los mayores valores registrados se producen en los meses de Febrero y Julio, para efecto de comparar dichas lecturas el aparato encargado del registro se encontraba inoperativo durante varios meses del año lo cual afecta la información; esto ocurrió durante el año 2003 para el cual omitiremos el gráfico y a continuación le presentamos la información para el 2004.

Tabla 2.15 Resumen estadístico de la presión atmosférica (hpa) estación Ciudad Bolívar- Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático 2003.

	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Media	IN	IN	IN	IN	IN	IN	12,9	12,0	10,8	12	8,8	10,1	0,53
Máx	13,5	14,6	IN	IN	IN	IN	14,6	12,2	13,2	11,6	11,4	12,6	
Mín	0,84	0,86	IN	IN	IN	IN	0,98	9,0	6,7	0,62	0,60	0,65	

Tabla 2.16 Variación mensual de la presión atmosférica medida en la estación de Ciudad Bolívar – Aeropuerto. Año 2004.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Media	11,1	11,8	10,6	0,82	11,1	12,7	11,6	12,2	0,97	0,90	0,87	0,98	10,5
Máx	13,5	14,6	13,5	12,4	13,2	14,7	13,6	14,4	11,3	11,5	11,2	12,4	
Mín	0,84	0,88	0,73	0,58	0,80	0,98	8,86	0,92	0,62	0,59	0,57	0,70	

La figura 2.14 muestra la distribución temporal de la presión atmosférica solo para el año 2004, ya que para el año 2003 faltaron datos por inoperatividad de los equipos.

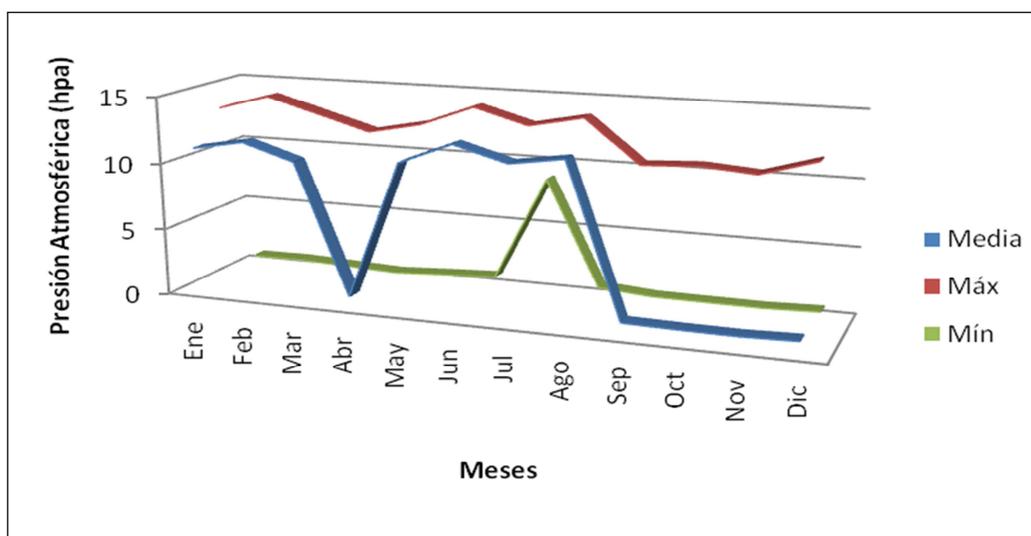


Figura 2.14 Distribución temporal de la presión atmosférica, año 2003.(Castillo y Castillo, 2005).

### 2.3.8 La radiación

Para el estudio de esta variable, se tomó en consideración el período climático desde 2003-2004 (2años). Los datos aportados en la estación de Ciudad Bolívar fueron los datos de la Media, los datos de la máxima y la mínima no fueron aportados. En la tabla 2.17 se muestra la radiación solar media para el período climático 2003.

Tabla 2.17 Radiación medida en la estación de Ciudad Bolívar - Aeropuerto para el año 2003.

	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Media	129	167	174	154	120	211	167	217	210	178	172	172	1986
	3	0	3	3	4	5	2	2	5	8	6	0	

La radiación media anual para el año 2003 es de 1986, siendo el mes de Junio el que registro la mayor lectura de dicha radiación. Como puede observarse en la figura 2.15.

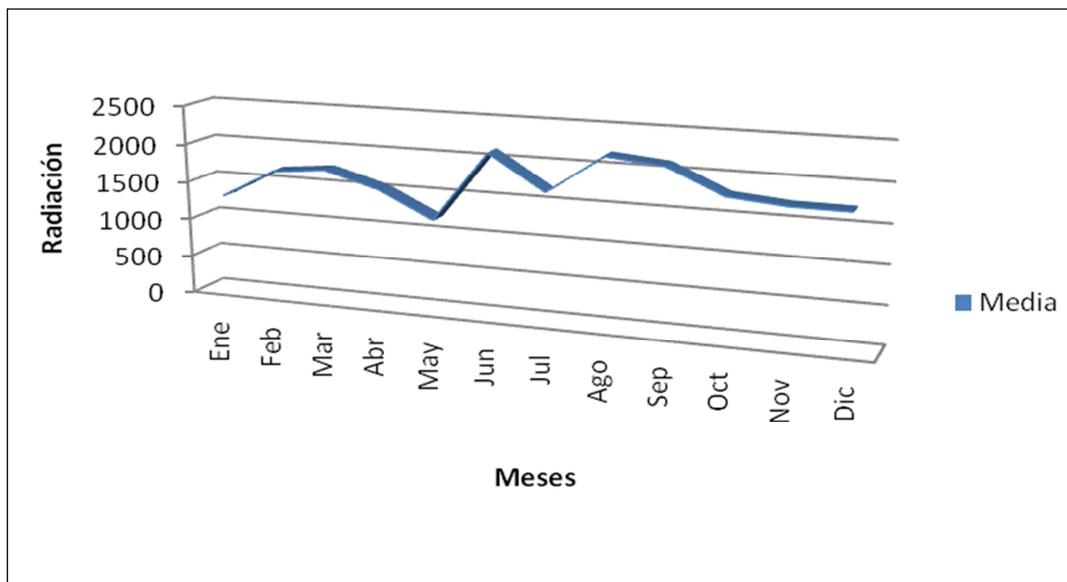


Figura 2.15 Distribución temporal de la radiación. Año 2003. (Castillo y Castillo, 2005).

En la tabla 2.18 se observan los valores de la radiación media, para el año 2004, las lecturas o Valores de la mínima y la media no fueron aportados por la estación, ubicada en el aeropuerto de Ciudad Bolívar.

Tabla 2.18 Radiación medida en la estación de Ciudad Bolívar-Aeropuerto para el año 2004.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Media</b>	177	195	217	196	161	189	261	207	195	194	185	182	1969
	7	5	1	4	9	0	0	5	1	2	9	3	

La radiación media anual para el año 2004 es de 1969, siendo el mes de Junio el que registro la mayor lectura de dicha radiación. Como puede observarse en la figura 2.16.

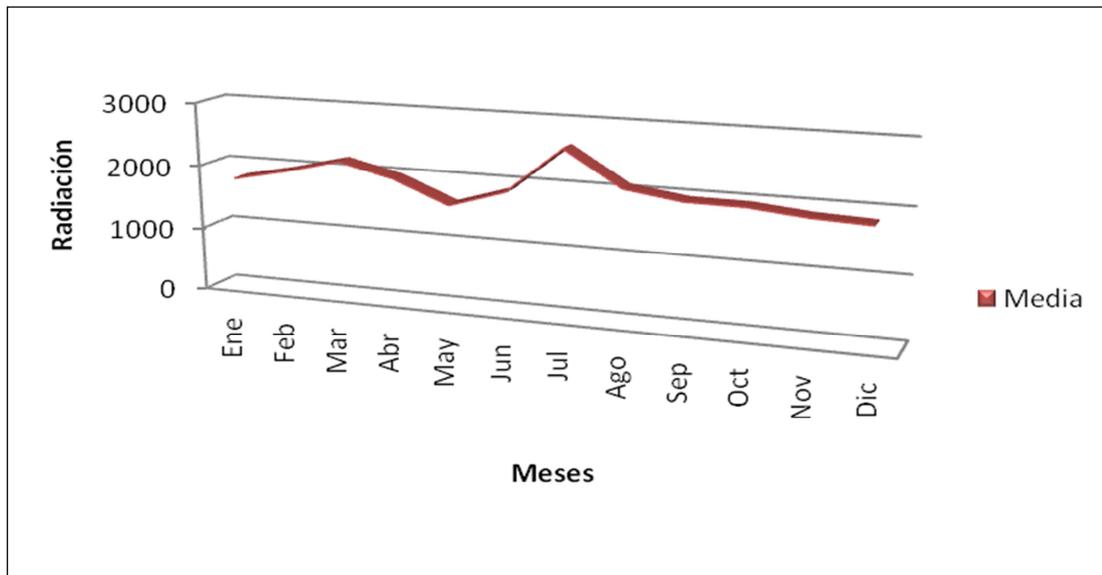


Figura 2.16 Distribución Temporal media de la radiación año 2004. (Castillo y Castillo, 2005).

## 2.4 Vegetación

Las características de la vegetación, dependen de varios aspectos importantes tales como: la capa vegetal, los tipos de suelos, las condiciones climáticas, la hidrología, etc. De acuerdo a estos factores se define para el área de estudio una vegetación de sabana, debido al alto contenido de sílice en los suelos, escasa capa vegetal con presencia de especies vegetales típicas de gramínea arbustivas, asociadas con matorrales y bosques de galerías (C.V.G. TECMIN, 1991).

Las especies vegetales predominantes en la zona estudiada se dividen en dos tipos: vegetación de sabana con chaparro, caracterizada por una cobertura de especies herbáceas (gramínea) y arbustos, que constituyen árboles que pueden alcanzar un promedio de 2 a 4 metros de altura. Vegetación de zonas bajas, donde el nivel freático alcanza la superficie, esta vegetación está representada por la palma tropical

(moriche), que crecen como individuos aislados o formando una masa compacta junto a otras especies, en suelos saturados permanentemente y asociados a un canal de drenaje, originando un ambiente de bosque similar al de galería, que está separado de las especies vegetales circundantes, por un área de suelos permeables con escasa cobertura vegetal. La franja de vegetación adyacente es el contorno de los morichales, de unos 300 metros de ancho, medidos en proyección horizontal a partir del límite del área de vegetación herbácea (siempre verde, características de suelos saturados permanente), que forma parte de dicho morichal. M.A.R.N.R., (1985) en Franzone y Medina, (1998). También se encuentran otras especies vegetales, que se muestran en la tabla 2.19.

Tabla 2.19 Vegetación presente en el área de estudio (Franzone y Medina, 1998).

<b>VEGETACIÓN DE SABANA CON CHAPARROS</b>		
Clase	Nombre común	Nombre científico
Vegetación Herbácea	Paja peluda	Tracgy Pogon Plumosus
	Escobilla	Scoparia Dulcis
	Dormidera	Mimosa Dormiens
	Chaparro	Curatera Americana
Vegetación De Arbusto	Chaparro manteco	Byrsominia Crassifolia
	Merey	Anarcadium Occidentales
	Alcornoque	Bowdichia Virgiloides
	Mandigo	Roupals Complicata
	Mango	Mangífera Indica
<b>VEGETACIÓN DE ZONAS BAJAS</b>		
Bosques	Palma moriche	Mauritia flexurosa
	Junco	Cipones Rotunos
	Matapalos	Frías Velotina

## 2.5 Geomorfología

Ciudad Bolívar y sus adyacencias poseen un relieve particular, el cual se extiende hasta las cercanías de Puerto Ordaz y Ciudad Piar. Esta morfología es producto del agente fluvial, el cual es uno de los factores modificadores del relieve a gran escala.

Geomorfológicamente el área de estudio está formada por paisajes con predominio de planicies, que se caracterizan por presentar una superficie plana, peniplanicies y lomeríos, estos últimos, comprenden múltiples variaciones que van desde lomeríos altos y muy escarpados hasta lomeríos bajos, que constituyen elevaciones estructurales por rocas precámbricas, las cuales presentan una cierta orientación estructural que domina en el área o el diaclasamiento que afecta a algunas rocas. (C.V.G. TECMIN, op.cit).

La superficie de la Formación Mesa ha sido moldeada, en especial las arenas no consolidadas que se ven más afectadas por la acción de las aguas de escorrentías, desarrollando estructuras erosivas como: conos de derrubios, terrazas aluviales y las denominadas cárcavas, estas últimas poseen rasgos particulares de depresiones, que se van haciendo cada vez más extensas. (Franzone y Medina, op.cit).

Las zonas elevadas o positivas pertenecen a estructuras del Complejo de Imataca. Los domos y anticlinales son los más predominantes, donde la acción fluvial es menor. Las zonas altas de estos domos consisten de rocas metamórficas (cuarcitas ferruginosas) más resistentes a la meteorización, y las partes bajas son gneises félsicos donde la meteorización es muy notoria.

Lomeríos: los desniveles pueden variar entre 10m y 250m, con pendientes de 16% hasta 60%. En la superficie se han desarrollado suelos muy evolucionados

(Ultisoles) asociados a afloramientos rocosos. Las Rocas que conforman este paisaje son los granitos, los gneises graníticos y las granulitas. Los tipos de relieve que los caracterizan son lomas, domos, glacialuviales y vegas. Son a su vez, paisajes de los mas ubicuos, aunque se encuentran con mayor predominación y continuidad espacial. El sitio donde se pueden observar estos paisajes es al sur de la desembocadura de los morichales Guaricongo - Los Caribes en el río Orocopiche y en el afloramiento “Piedra las dos hermanas”. (Ochoa, G. 1983).

Planicies: son los paisajes más abundantes y de mayor uniformidad, presentando pendientes que varían de 0 a 4%; las hay de origen deposicional, residual y combinación de estos, deposicional - residual. Los más importantes son del tipo deposicional y corresponden a la Formación Mesa, que consisten en sedimentos del Plio-pleistoceno. Estas planicies, en parte han sido muy disectadas a costa del retroceso progresivo del sistema de cárcavas.

## 2.6 Suelos

Existen una gran variedad de unidades taxonómicas que permiten dar una explicación clara y precisa de los tipos de suelos existentes en la región entre los cuales se pueden nombrar los suelos de débil o moderada evolución (Alfisolos, Entisolos, Inceptisolos) y los suelos de evolución avanzada (Ultisolos) (Ochoa, G. 1983).

Los suelos Ultisolos representan el orden de mayor extensión en el área sujeta a estudio, se distribuyen en una amplia gama de paisajes que incluyen, lomeríos, peniplanicies, planicies y geológicamente se desarrollan a partir de rocas pertenecientes a la Provincia de Imataca, como también evolucionan de materiales deposicionales de edad reciente o antiguas, representadas estos últimos por la Formación Mesa. En sentido general, son suelos superficiales a muy profundos (25

cm – 180 cm), los cuales muestran un cuadro de características físico – químicas y morfológicas que cambian de acuerdo a su distribución geográfica y posición en el paisaje. Presentan un horizonte A, de espesores variables, comprendidos entre (15 cm – 50 cm), de colores marrón muy oscuros, marrón rojizo oscuro, rojo y marrón amarillento claro. Las texturas más comunes son arenosa, franca, franco arcillosa, franco arcillo-arenosa y arcillosa. Eventualmente ocurren estratos asociados con proporciones variables de fragmentos gruesos (5% - 60%), en particular con gravas, guijarros de cuarzo y nódulos de hierro.

Los horizontes transicionales del tipo AB, tienen una profundidad de ocurrencia que oscila entre 5cm y 50cm de colores comúnmente marrón rojizo, marrón oscuro, marrón amarillento, con texturas normalmente franco arcillosa, franco arcillo-arenosa, mezcladas eventualmente con proporciones variable (5% - 10%) de fragmentos de gravas de cuarzo y nódulos de hierro.

El horizonte A o AB, descansa sobre un horizonte B (Argílico o Kándico), de espesores variables (15 cm. – 145 cm), con colores en húmedo muy diversos, siendo los más comunes amarillo marronzco, amarillo, gris, rojo y marrón rojizo. Las texturas dominantes son arcillosa, franco arcillosa, y arcillo arenosa localmente mezcladas, con proporciones variables (5% - 60%) de gravas de cuarzo y nódulos de hierro. Dichos suelos, presentan un avanzado estado de desarrollo pedogenético, resultado intensos procesos de intemperismo durante largos períodos de tiempo; actuando sobre superficies geomorfológicos de relativo alto grado de estabilidad y condiciones climáticas (altas precipitaciones y temperatura), lo que ha condicionado la ocurrencia de horizontes (Argílico o Kándico) muy espesos y con fuerte lixiviación. (C.V.G. TECMIN, op. cit.).

## 2.7 Hidrología

La hidrología de las cuencas Guaricongo - Los Caribes está conformada por un área de cuenca hidrográfica de 13.84 Km<sup>2</sup>, con la presencia de morichales de escaso caudal los cuales se unen en el sector los chorros, que junto con el morichal de Chupadero desembocan en el río Orocopiche a una cota aproximada de 40 metros sobre el nivel del mar. El río Orocopiche nace cerca de la granja El manglar de los Caribes, a una cota de 140 metros sobre el nivel del mar aproximadamente. Tiene un cauce permanente de 9250 metros que es alimentado por sistemas de quebradas de régimen intermitente, siendo el más importante el de la quebrada Chupadero.

### 2.7.1 Patrón de drenaje

La cuenca Guaricongo–Los Caribes se caracterizan por presentar un tipo de drenaje dendrítico, de régimen torrencial. Los morichales tienen afluentes principales sin orientación controlada y variaciones de los niveles del agua en las diferentes épocas del año (Franzone Y medina, op.cit).

### 2.7.2 Densidad de drenaje

Es la capacidad que tiene la cuenca hidrográfica de producir escurrimiento superficial. La densidad de drenaje depende principalmente de la cantidad de sus cauces, que a su vez depende de la permeabilidad del suelo. A mayor permeabilidad menor será la densidad de drenaje, a menor permeabilidad en el suelo mayor densidad de drenaje. (Tabla 2.20).

Tabla 2.20 Variabilidad de la permeabilidad según el tipo de suelo presente en la cuenca.

<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>PERMEABILIDAD</b>	<b>INFILTRACIÓN</b>	<b>ESCORRENTI A SUPERFICIAL</b>	<b>DENSIDAD DE DRENAJE</b>
arena y grava	alta	alta	poco o ninguno	baja
arcilla	muy baja	muy baja	alta	alta
cobertura vegetal	mediana o baja	mediana a baja	poca o ninguna	baja

### 2.7.3 Aguas superficiales

Los ríos se alimentan de aguas superficiales, pero en la mayoría de los casos la mayor porción de agua que circula por ellos es proveniente del subsuelo, alimentado de aguas de precipitación por infiltración que circulan subterráneamente hasta descargar en los propios ríos. (Enciclopedia Microsoft Encarta 2001). Las aguas superficiales en la zona de estudio son utilizadas en menor proporción por sus habitantes para usos domésticos, como también para riego de pequeñas plantaciones. Dichas aguas son afectadas por la actividad industrial, que está representada por la planta avícola (Proagro), que genera grandes descargas de aguas residuales a los morichales ubicadas en el mismo sector. (Franzone y Medina, op.cit).

#### 2.7.4 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son aquellas que se localizan bajo la superficie terrestre, se encuentran en el interior de poros de partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas más sólidas. El agua superficial más profunda puede permanecer oculta durante miles de millones de años, no obstante la mayor parte de los yacimientos están en profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico. El agua subterránea puede aparecer en la superficie en forma de manantiales, o puede ser extraída mediante pozos. En tiempo de sequía, puede servir para mantener el flujo de agua superficial, incluso cuando hay escasez. La profundidad que pueden alcanzar dichas aguas dependerá de la geología y de la estructura del suelo y del subsuelo (Enciclopedia Microsoft Encarta, op. Cit.). El área de estudio se encuentra ubicada, en casi toda su extensión en una zona rural con asentamientos campesinos, y existen los llamados pozos sépticos, debido a la carencia de un sistema de canales de drenaje para la recolección de aguas negras, que podrían afectar la calidad de las aguas de los morichales (Franzone y Medina, op. Cit.).

Las aguas residuales de uso doméstico, vertidas directamente en el suelo, llevando fundamentalmente sustancias como: detergentes, grasas, desechos caseros y deyecciones humanas. Cuando todos estos desechos son arrojados al suelo afecta de manera directa las condiciones naturales del mismo y alteran al medio ambiente, provocando olores putrefactos, proliferación de moscas, la cual conlleva a ocasionar grandes daños a la población a través de enfermedades. Cuando estas deyecciones humanas llegan al río a través de infiltración en los horizontes del suelo y por medio de las aguas de escorrentías, afecta notablemente las características y calidad de las aguas. (Catalán, E. 1992).

## 2.8 Geología

El área de estudio se encuentra enmarcada en el Escudo de Guayana, el cual forma parte del Cratón Amazónico y del Oeste de África, ambos del Precámbrico, y que se continúa en las Guayanas y en la parte noroeste de Colombia con unidades litoestratigráficas, metamorfismos y depósitos minerales similares. (Mendoza, V. 2.000).

En Venezuela el Escudo de Guayana comprende los territorios de los estados Bolívar (239.250 Km<sup>2</sup>), Amazonas (178.895 Km<sup>2</sup>) y una parte al Sur del estado Delta Amacuro (6.855Km<sup>2</sup>). Fisiográficamente se extiende aproximadamente por unos 425.000 Km<sup>2</sup>, por lo que abarca casi el 50% del territorio Venezolano.

El límite norte del Escudo de Guayana en Venezuela lo representa el curso del río Orinoco que lo separa de la región de los llanos venezolanos; al Sur la frontera con Brasil; al Este el río Esequibo, frontera con Guyana, y al Oeste la frontera con Colombia formada por el curso del río Orinoco, entre las desembocaduras del río Meta y del Guaviare y parcialmente por el curso de los ríos Atabapo, Guainía y Negro hasta la población de San Simón de Cocuy. (Herrera, J. 1998).

Cuatro provincias geológicas conforman el Escudo de Guayana en Venezuela, a saber: Imataca (cinturón granulítico), Pastora (cinturón de rocas verdes, CRV), Cuchivero-Amazonas (granitos de 1.800 m.a. ± 200 m.a. y granitos post-tectónicos de 1.500 m.a.) y Roraima (Cobertura sedimentaria discordante sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastora y Cuchivero). (Mendoza, 2.000; González de Juana et al., 1.980). (Figura 2.17).



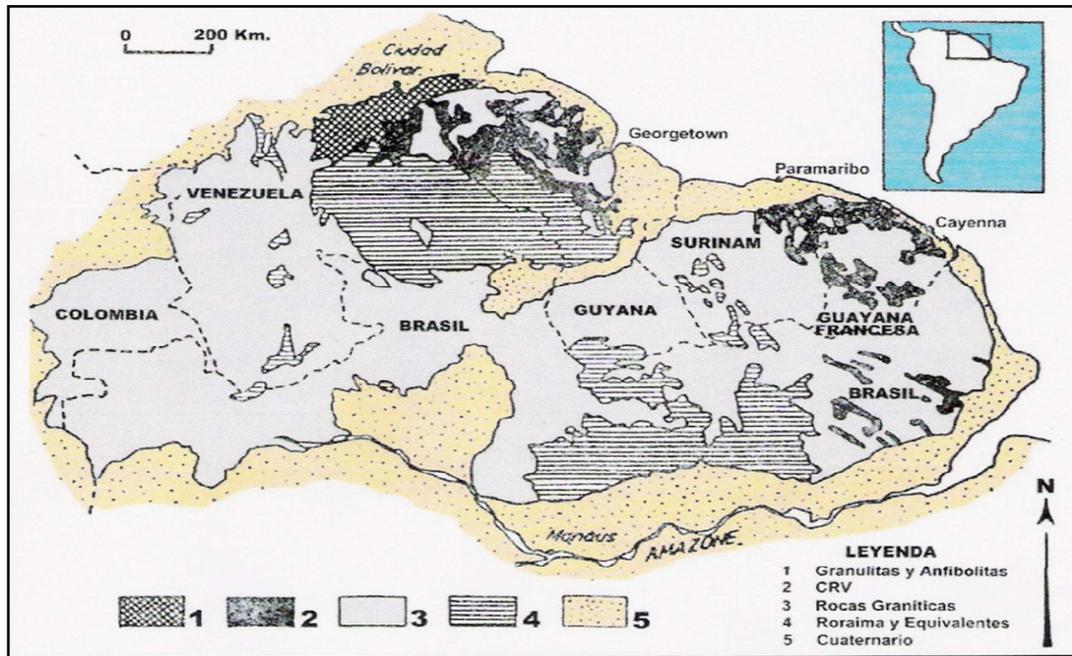


Figura 2.18 Mapa geológico mostrando la extensión del escudo de Guayana en el Norte de Suramérica (Modificada de Ledru y Milesi, 1.994 en Mendoza, 2000).

### 2.8.1 Provincia Geológica de Imataca

Ocupa una faja angosta que se extiende por unos 550 Km. De longitud en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco donde queda cubierta bajo los sedimentos de éste; y en dirección Noroeste-Sureste aflora por unos 80 Km. De ancho desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí (Menéndez, 1.968 citado en Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991; Mendoza, V. 2.000).

Asociaciones litológicas: En la Provincia de Imataca se observan un variado número de asociaciones litológicas que incluyen cinturones de rocas verdes, migmatitas y granulitas (Cordani et al., 2.000 y Tassinari et al., 2.000 citados por

Mendoza, 2.000), metasedimentos y gneises graníticos e intrusiones de granitos posteriores (González de Juana et al., 1.980).

Esta asociación de rocas y la diversidad-complejidad de las estructuras geológicas incluidas dentro de esta provincia es lo que se denomina Complejo de Imataca. En general, la provincia está formada litológicamente por gneises graníticos y granulitas félsicas (cubriendo entre 60-75% de la provincia), anfibolitas y granulitas máficas y ultramáficas (15-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (*banded iron formation*, BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales poco metamorfizados y más jóvenes de CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona) (Mendoza, 2.000).

Contactos litológicos: El contacto inferior del complejo se desconoce, sin embargo, algunos autores (Kalliskoski, 1.965-a, b y Menéndez, citados en PDVSA-Intevep, 1.999-2.001) especulan con la posibilidad de que el complejo formó parte del basamento de la secuencia supracortical de los cinturones de rocas verdes, tanto de la Provincia Geológica de Pastora como de Imataca, pero no existe evidencia de campo que soporte este hecho. El contacto superior de la provincia es discordante con la Formación Mesa y Sedimentos Recientes (PDVSA-Intevep, 1.997).

Edad: La edad del protolito de Imataca ha sido estimada en 3.500-3.600 m.a. (por Rb/Sr y U/Pb), y que puede corresponder con la edad de las rocas originales previas al metamorfismo (Montgomery et al., 1.977 citado en PDVSA-Intevep, 1.997). Las rocas de Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas (PDVSA-Intevep, 1.997).

Evolución tectónica y petrogénesis: Se cree que al menos una parte del Complejo de Imataca está formada por seis o más dominios o fajas tectónicas que representan microcontinentes colisionados por deriva de unos contra otros con obducción, cuyos rasgos delimitadores son grandes fallas de corrimiento (Mendoza, V. 2.000). Estas fajas se conocen como La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Ascanio, 1.975 citado por González de Juana et al., 1.980 y Mendoza, V. 2.000). Rodríguez (1.997 en Mendoza, op. Cit.), destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de estas fajas tectónicas y su importancia económica en el aprovechamiento para uso ornamental e industrial.

#### 2.8.2 Formación Mesa

La Formación Mesa abarca una extensión que comprende los estados Anzoátegui, Guárico, Monagas, parte del estado Sucre y la parte septentrional del estado Bolívar.

Esta formación está constituida litológicamente por areniscas de grano grueso y gravas con cemento ferruginoso cementadas y muy duras; capas lenticulares de conglomerado, areniscas blanco-amarillentas, rojo y púrpura con estratificación cruzada, además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita.

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 y los escarpados de Santa Rosa (Anzoátegui), Tonoro y Santa Bárbara (Monagas) (P.D.V.S.A, 2002).

González de Juana et al. (1980), observó que la Formación Mesa se caracteriza por depósitos horizontales y subhorizontales, fluvio – lacustrino, cuya naturaleza varia de un lugar a otro, los cuales se han derivado posiblemente, de un delta antiguo del río Orinoco que avanzaba hacia el este en la misma forma que se ve avanzar el delta actual. Los sedimentos sufren una gradación inversa de la región central de Monagas hacia el Macizo Guayanés.

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. 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, esta formación se considera de edad Plio – Pleistoceno (González de Juana et al, op. cit.).

En el área de estudio la Formación Mesa eventualmente tiende a confundirse con los sedimentos residuales producto de la alteración química de las rocas del Complejo de Imataca, presentándose en forma arenosa o arcillosa. (Franzone y Medina, op. cit.).

### 2.8.3 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos provienen de la descomposición de las rocas del complejo de Imataca y de la Formación Mesa.

Localmente estos sedimentos están constituidos por materiales como cantos, grava, arena, limo y arcilla provenientes de la meteorización física y química de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron arrastrados por las aguas de escorrentía, viento y ríos de la zona y depositados a partir del Holoceno hasta el presente. Presentan diferentes espesores, que van de algunos

metros hasta probablemente unas docenas de metros, generalmente sueltos y porosos, de colores amarillento o blanco y granulometría variable.

Los sedimentos recientes localizados en el área a estudio, se encuentran en las márgenes y el fondo de los morichales, constituidos por arenas, limos y arcillas, productos de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca. Estos sedimentos son transportados por las aguas de los morichales. (Franzone y Medina, op. cit.).

La mineralogía de las arenas que conforman los sedimentos recientes está constituida por 70% de cuarzo, 26% de feldespatos, 3,5% de micas y otros minerales opacos y 0,5% de otros minerales accesorios. (Betancourt, O. 1.998).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 3.1 Antecedentes de la zona de estudio

Amundaray y Macallums, (2010) en el trabajo de grado titulado **“Caracterización geológico-ambiental de las subcuena de los morichales Guaricongo-Los Caribes en época de sequía. Municipio Heres del estado Bolívar”**, hicieron énfasis en las características ambientales y geológicas de los morichales Guaricongo-Los Caribes, y mediante resultados físico-químicos y bacteriológicos pudieron determinar si las agua de los morichales en época de sequia son aptas para consumo humano. Este trabajo aportaría a nuestra investigación los diferentes resultados de los parámetros en los cuales nos enfocaremos, que son parámetros físicos-químicos y bacteriológicos estos análisis se realizaron a la diferentes muestras de suelo y de agua a través de la estaciones donde ellos tomaron las muestras.

Rondón y Guzmán, (2004) en el trabajo de grado titulado **“Caracterización geológico-ambiental de la subcuena de los morichales Guaricongo – Los Caribes en época de sequía. Municipio Heres del estado Bolívar”**. Ellos realizaron el análisis comparativo en los resultados de los dos trabajos mencionados anteriormente. El aporte que tomaremos de este trabajo es para guiarnos de cómo realizaremos los análisis pertinentes.

Castillo y Castillo, (Noviembre 2005) en el trabajo de grado titulado **“Caracterización geológico-ambiental de las subcuencas de los morichales Guaricongo-Los Caribes en época de invierno. Municipio Heres del estado Bolívar”**. Ellas en su investigación hicieron énfasis en las características ambientales

y geológicas de los morichales Guaricongo-Los Caribes, y mediante resultados físico-químicos y bacteriológicos pudieron determinar si las aguas de los morichales en época de lluvia son aptas para consumo humano. Este trabajo aportaría a nuestra investigación los diferentes resultados de los parámetros en los cuales nos enfocaremos, que son parámetros físicos-químicos y bacteriológicos estos análisis se realizaron a las diferentes muestras de suelo y agua a través de las estaciones donde ellas tomaron las muestras.

Bolívar y Velásquez, W. (2006) en el trabajo de grado titulado “**Análisis de las características geológico-ambiental de los ríos Manacal y Guaricongo - los Caribes en las épocas de sequía y lluvia, en el municipio Heres. Ciudad Bolívar - Estado Bolívar**”. Aquí ellos tomaron datos del trabajo de grado que realizo Mayra Castillo y Misay Castillo sobre la Caracterización geológica-ambientales de las subcuena de los morichales Guaricongo-los caribes en época de lluvia. Municipio Heres del estado Bolívar, y del trabajo de Jean Guzmán y Ayanelys Rondón sobre la Caracterización Geológicas-ambientales de las subcuencas de los morichales Guaricongo-los Caribes en época de Sequia. Municipio Heres del estado Bolívar.

### 3.2 Análisis granulométrico

Consiste en clasificar por tamaño los granos que lo componen. Un análisis de esta clase expresa cuantitativamente las proporciones en peso de las partículas de distintos tamaños que hay en el sedimento.

La forma de realizarlo es por medio de una serie de tamices que definen el tamaño de las partículas (Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.001) (Tabla 3.1).

### 3.2.1 Escala granulométrica

La escala comúnmente empleada en la actualidad por los sedimentólogos es la de Udden-Wentworth (1.922), que toma el milímetro como punto de partida para estimar el diámetro promedio de tamaño para una partícula sedimentaria y emplea la razón  $\frac{1}{2}$  para obtener los diámetros límites de sus clases de tamaño de 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ , etc.

De esta forma se definen los términos de la escala granulométrica en bloques, grava, arena, limo y arcilla (Lane et al., 1.947 en García O, 1.981).

El estudio del tamaño de las partículas da indicio del grado de energía implicado en su mecánica de deposición (por ejemplo, una partícula del tamaño de la arcilla está relacionada con un tipo de energía menor que la necesaria para mover partículas de arena o grava (García O, op. cit.). (Tabla 3.1).

### 3.2.2 Curvas e histogramas

Las propiedades físicas de los sedimentos deben ser representadas gráficamente para su fácil comparación mediante. (Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.001).

1. Histogramas (o pirámide) de frecuencia.
2. Curva de frecuencia simple.
3. Curva de frecuencia acumulativa.

Tabla 3.1 Escala de Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Adaptada de la Guía para Análisis Granulométrico del Dpto. de Geología UDO, 2.001 y de la Clasificación de los Sedimentos por su Tamaño de Rouse, H en Engineering Hydraulics, Nueva York, 1.950 por Monsalve, 1.999).

Característica del sedimento		Fragmento	Grado	Tamaño (mm.)		Tamizado	Nombre de la roca consolidada
				Decimal	Fracción		
Sedimento	Granular	Canto rodado (Cantos grandes)	Muy Grande		4-2 m.	Pasa por el Tamiz N° 3 y es retenida por el Tamiz N° 4	Conglomerado
			Grande		2-1 m.		
			Mediano		1-0.5 m.		
			Pequeño		0.5-0.256 m.		
		Guijarro (Cantos medianos)	Grande		256-128		
			Pequeño		128-64		
		Grava (Cantos pequeños)	Muy Gruesa		64-32		
			Gruesa		32-16		
	Media			16-8			
	Fina			8-4			
	Arena	Muy Fina		4-2			
		Muy Gruesa		2-1			
		Gruesa	2-0.5	1- $\frac{1}{2}$			
		Media	0.5-0.25	$\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$			
	Cohesivo	Limo	Fina	0.25-0.0625	$\frac{1}{4}$ -1/8	Pasa por el Tamiz N° 200	Limolita
			Grueso	0.0625-0.0312	1/16-1/256		
Medio			0.0312-0.016				
Arcilla		Fino	0.016-0.004	1/16-1/4096	Pasa por el Tamiz N° 200	Lutitas/Argilitas	
		Gruesa	0.004-0.002				
		Media	0.002-0.001				
		Fina	0.001				

3.2.2.1 Histogramas: la forma de éstos depende del número de grados en los cuales se ha dividido el material examinado y por ende de la clase de divisiones empleadas para su representación. El histograma se parecerá tanto más a una curva, cuanto mayor sea el grado de división a que el material se ha sometido. Dos histogramas del mismo material con grados de división diferentes, pueden parecer bastante distintos. También dos histogramas en los cuales en uno se haya calculado el porcentaje por peso y en otro por volumen, pueden presentar considerables diferencias. Esta es la razón por la cual el procedimiento a seguir debe ser fijado desde el comienzo en toda serie de investigaciones conducentes a correlaciones. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.001).

Para comparar los histogramas es preciso también que tengan la misma escala. Generalmente se establece un centro de coordenadas colocando en el eje de las abscisas variables como tamaño, forma, densidades mineralógicas, etc.; mientras que en el eje de las ordenadas los valores en porcentajes. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.001).

3.2.2.2 Curvas de frecuencia simple: pueden ser comparadas por su forma, aunque están dibujadas a distintas escalas, siempre que el procedimiento utilizado para su construcción haya sido el mismo. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.001).

3.2.2.3 Curva de frecuencia acumulativa: esta curva se dibuja sobre una escala logarítmica de tres ciclos con escala vertical aritmética. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.001).

En el eje de las abscisas se colocan los términos de la Escala de Wentworth de acuerdo con la división logarítmica de la escala, interpolando con los términos de la

escala. En el eje vertical se lleva una escala aritmética de porcentajes de 0 a 100. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.001).

Para localizar los puntos de la curva acumulativa se toma como abscisa de cada uno el término de la escala horizontal que corresponda al tamiz sobre el cual ha quedado la porción, y como ordenada, el porcentaje acumulado correspondiente (sumando de la porción más gruesa a la más fina). (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.001).

### 3.3 Esfericidad y redondez de las partículas de sedimento clástico

La forma de los granos (fragmentos clásticos) de cada partícula que conforma un sedimento es una de sus características más obvias que tiene gran influencia en la determinación de su comportamiento durante el transporte y la deposición, y que constituye una importante característica de su textura. Esta propiedad es también una de las más difíciles de describir y medir en términos cuantitativos, de hecho el problema aún desafía a una solución satisfactoria.

Sin embargo, la forma se expresa mediante dos índices el de esfericidad y el de redondez. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

En su origen los fragmentos de roca son normalmente angulares y casi de una variedad de formas infinitas. Los minerales que son quebradizos o que tienen buen clivaje tienden a permanecer angulares al ser reducidos en tamaño (principalmente por fractura), pero los minerales resistentes como el cuarzo son reducidos por atrición durante el transporte. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

El desgaste de estas partículas está concentrado principalmente en las orillas y esquinas, que son desgastadas hasta hacerse romas (por ejemplo, en el caso de

transporte por saltación los granos minerales sufren golpeteos con el fondo del cauce de los ríos en función de la intensidad de la corriente). El redondeamiento es, entonces, una función de la agudeza de las orillas y las esquinas. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Cuando se estudia la esfericidad y la redondez de las partículas de un sedimento se están estudiando las condiciones de transporte de los mismos, es decir, si la muestra ha sufrido poco o mucho transporte. Además, intrínsecamente se estudian los niveles energéticos a los que ha estado sometida la muestra, relacionándolos con la distancia de transporte y la intensidad con la que ha ocurrido el proceso que les ha dado su forma. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Con respecto a la cantidad de energía que es aplicada sobre cada una de las partículas ésta puede ser alta, media y baja. La primera ha de mover granos de gran tamaño y disminuye en el sentido de la energía aplicada, mientras que para que las aristas de los granos sean angulosas es necesario menor cantidad de energía y de transporte (estar cerca de la fuente), parámetros que se incrementan a medida que los granos se hacen más redondeados. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Se interpreta así la relación existente entre el tamaño, la velocidad y la energía (en función de la distancia y el tiempo) aplicados a un grano de sedimento dado que en principio un fragmento de roca posee angularidades, pero éstas se van perdiendo a medida que el fragmento es llevado por los procesos que rigen la mecánica del medio de transporte donde se encuentra (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Por tanto, el estudio de la forma del grano, es decir, de sus angularidades, se refiere a si una partícula posee aristas angulosas, subangulosa, redondeadas,

subredondeadas, o bien, muy angulosas o muy redondeadas. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

### 3.3.1 Índice de esfericidad de los fragmentos clásticos

3.2.1.1 Esfericidad: es un parámetro que ayuda a determinar la distancia a la que se encuentra la fuente de un sedimento, y que se caracteriza por la tendencia que tienen las partículas de hacerse esféricas con el transporte (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

El índice se refiere a su forma en conjunto, y se define como: (Ecuación 3.1).

$$\text{Esfericidad de operación} = \sqrt[3]{\frac{\text{Volumen de la partícula}}{\text{Volumen de la esfera circunscrita}}}$$

Por lo general la esfericidad se determina por estimación visual con ayuda de tablas y puede variar desde 1 (gránulos esféricos) a 0 (gránulos aciculares o laminares).

### 3.3.2 Índice de redondez de los fragmentos clásticos

3.2.2.1 Redondez: se relaciona con la agudeza de las aristas y de los vértices de un fragmento clástico, independientemente de la forma. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

El índice expresa las características de la superficie o contorno de los fragmentos en posición de equilibrio estable proyectada sobre un plano de apoyo. Esta expresión es importante cuando se trabaja sólo con granos gruesos (gravas) puesto que a medida que éstos se empuqueñecen hasta llegar a arenas la superficie de

proyección puede ser muy diferente. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

El índice de redondez ( $GR$ ) se define como la relación entre el radio medio ( $r$ ) de los círculos inscritos en el contorno de un grano y el radio del círculo máximo ( $R$ ) inscrito en el mismo contorno (ecuación 3.2). (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Se puede medir por estimación visual, y varía asimismo desde 1 (en el caso de granos de superficie completamente lisa) hasta 0 (para los gránulos de superficie muy accidentada) (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Para el cálculo de este índice basta con determinar, utilizando la proyección de la partícula, la longitud del radio mayor ( $R$ ) y la de los radios menores ( $r$ ), posteriormente se calcula este índice mediante el empleo de la ecuación. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

$$GR = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{r}{R}}{n}$$

(3.2)

Donde:

$n$  = El número de radios medios

$(r)$  = Longitud de los radios menores.

$R$  = Longitud del radio mayor.

### 3.3.3 Relación entre los índices de esfericidad y redondez.

Entre estos dos índices de forma existe una relación bastante imprecisa debido a que los fragmentos más esféricos suelen ser también los más redondeados. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Además, existe cierta relación entre la forma y el diámetro; en efecto en un mismo depósito clástico las clases granulométricas más gruesas tienen índices de forma más elevados ya que los granos más gruesos poseen mayor desgaste durante su transporte. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Los índices de forma pueden variar mucho, sobre todo si se comparan con los valores originales del sedimento recién depositado y los encontrados en el curso de la diagénesis, debido a los procesos de disolución parcial o de deposición incipiente de un cemento químico en la superficie de los gránulos. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Los fragmentos no esféricos que se encuentran en los sedimentos y en las rocas clásticas a veces están depositados sin ningún orden, pero en general ofrecen una orientación de preferencia (textura orientada) que se forma en el momento de la sedimentación y que corresponde a las características mecánicas del agente de transporte. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Las orientaciones de preferencia de los gránulos de forma alargada o aplanada se pueden expresar en un sistema de coordenadas, es decir, indicando el acimut y la inclinación de la mayor dimensión para los fragmentos alargados y de la perpendicular al plano de aplastamiento para los aplanados. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Estos dos se reflejan después en los oportunos diagramas, análogos a las que se emplean para el análisis de la textura de las rocas metamórficas. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

#### 3.3.4 Determinación del grado de redondez de las partículas sedimentarias

Debido a la dificultad de distinguir las ligeras diferencias en la redondez de las partículas pequeñas se han propuesto cinco grados de redondez (Russell y Taylor, 1.937; Powers, 1.953; Pettijohn, 1.957 en Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Cada una de las clasificaciones existentes se diferencia cuando se necesita tener una discriminación más afinada y se requieren hacer análisis estadísticos más rigurosos con los resultados. (Herrera, J. 1998) (Tabla 3.2).

En la tabla 3.2 puede observarse que los cinco grados de redondez propuestos por Russell y Taylor no son iguales en tamaño. Esta desigualdad surge a raíz de la dificultad en distinguir ligeras diferencias en redondez, cuando los valores de estos son pequeños. Los grados de redondez de acuerdo a Pettijohn son los siguientes. (Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000).

3.3.4.1 Anguloso (0-0,15): las aristas y los vértices son agudos y muestran poca o ninguna prueba de desgaste. Los vértices secundarios son numerosos (entre 15-30) y agudos.

3.3.4.2. Sub-anguloso (0,15-0,25): los fragmentos mantienen aún su forma primitiva y las caras están virtualmente intactas, pero las aristas y los vértices han sido redondeados en cierto grado mostrando los efectos típicos del desgaste. Los vértices

secundarios son numerosos (entre 10-20), pero menos que en los angulosos. (Tabla 3.2).

3.3.4.3 Sub-redondeado (0,25-0,40): las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves y la superficie de las caras primitivas se encuentran bastante reducidas, mostrando considerable desgaste pero manteniendo aún la forma primitiva del grano. Los vértices secundarios están muy redondeados y en número reducido. (Tabla 3.2).

3.3.4.4 Redondeado (0,40-0,60): las caras originales se muestran completamente destruidas, pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes.

Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias. Los vértices secundarios están muy suavizados y escasos (entre 0 y 5). Con una redondez de 0,6 todos los vértices secundarios desaparecen, y aún se reconoce la forma primitiva (Tabla 3.2).

3.3.4.5 Bien o muy redondeado (0,60-1,00): la superficie consta totalmente de curvas amplias, sin caras originales con aristas y vértices; carece de áreas planas y de aristas secundarias. La forma original se reconoce por la forma actual del grano. (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Grados de redondez de las partículas sedimentarias (Guía de redondez y esfericidad de las partículas del Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000, Herrera, J. 1998).

Nomenclatura de los grados de redondez	Russel y Taylor		Pettijohn	
	Límites de las clases	Punto medio	Límites de las clases	Punto medio
Anguloso	0,00 – 0,15	0.075	0,00 – 0,15	0.125
Subanguloso	0,15 – 0,30	0.225	0,15 – 0,25	0.200
Subredondeado	0,30 – 0,50	0.400	0,25 – 0,40	0.315
Redondeado	0,50 – 0,70	0.600	0,40 – 0,60	0.500
Muy Redondeado	0.70 – 1.00	0.850	0.60 – 1.00	0.800

El esquema actualmente empleado para medir el grado de redondez de los granos de arena y grava implica medidas sobre una proyección de la partícula sobre una superficie plana (Wadell, 1.932-1.933). La partícula que va a estudiarse se coloca en una placa de vidrio y se agita ligeramente hasta que entre en reposo en su superficie más amplia.

Esto normalmente coloca a su diámetro menor en una posición vertical y a su diámetro máximo e intermedio en el plano de la placa. Así puede entonces ser fotografiada a la amplificación deseada o su imagen puede ser proyectada a una superficie (horizontal o vertical) para ser medida. (Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000; Herrera, 1.998). (Figura 3.1).

De acuerdo con el esquema de Wadell, la redondez en una esquina dada de una partícula es  $r/R$ , en la cual  $r$  es el radio de curvatura en la esquina en cuestión y  $R$  es el radio del círculo máximo inscrito (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Por lo tanto, la redondez de la partícula como un todo es el promedio del redondeamiento de todas sus esquinas, es decir, es la suma de los valores de redondez para cada esquina dividida entre el número de radios (ecuación 3.2). Sin embargo, existen plantillas y diagramas que permiten evitar cálculos, y cuya utilización resulta cómoda cuando hay que realizar una cantidad grande de medidas (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Si bien las medidas son de una precisión mayor que las simples expresiones de redondeado, subredondeado, subangulares y angulares pero cuando se trata de examen de arenas y no de granos gruesos el procedimiento se hace lento, aparte de que la superficie de proyección del mismo grano puede ser bien diferente según se presente el objetivo y esto aún conservando siempre una misma dimensión para su diámetro máximo. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

En estas operaciones de mediciones de diámetro máximo, resultan cómodas unas plantillas de celuloide transparente con una serie de círculos concéntricos de diámetros crecientes en una escala dada, y que aplicadas sobre la fotografía o dibujo, dan rápidamente el diámetro. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

La simple inspección de la figura 3.1 muestra que a medida que el radio de curvatura aumenta, al volverse las esquinas más ampliamente redondeadas hasta que es igual al radio del círculo máximo inscrito, en ese momento las esquinas desaparecen por completo y la partícula, entonces, se vuelve completamente redonda. La redondez perfecta, por lo tanto, tiene el valor de 1 y la redondez de una partícula irregular, siendo menor, se expresa como una fracción decimal (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

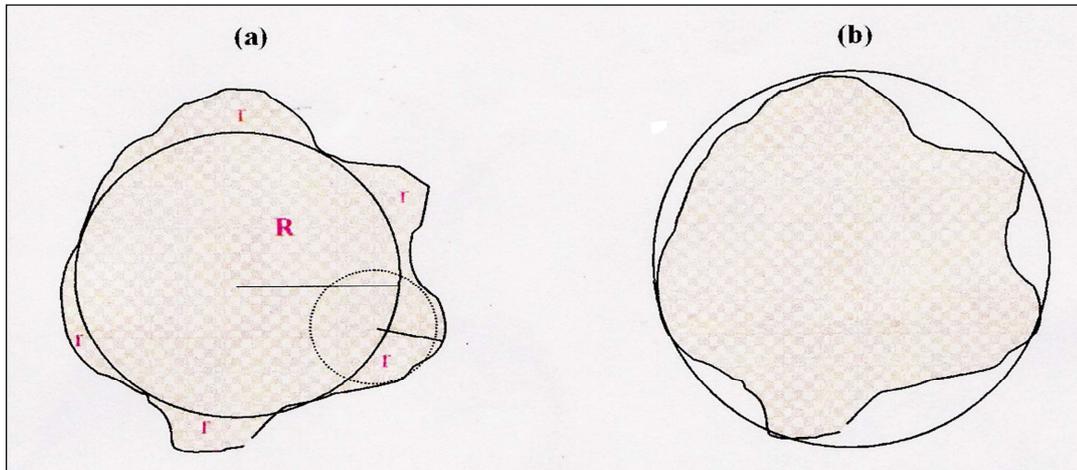


Figura 3.1 a) Proyección de una partícula mostrando los radios de curvatura en cada esquina y el círculo máximo inscrito (para calcular su redondez); b) Proyección de una partícula yaciendo sobre su superficie mayor, mostrando el círculo mínimo circunscrito (para calcular su esfericidad) (Guía de redondez y esfericidad de las Partículas del Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000).

Interpretación del grado de redondez: Dada la complejidad de los factores que controlan el grado de redondez de una partícula clástica sedimentaria (viscosidad del agente de transporte, velocidad y distancia a la que es transportada la partícula, textura del fondo –guijarrosa o arenosa –, material transportado junto con la partícula, peso de la partícula, dureza, forma y fisilidad de ésta, entre otros), su historia de abrasión sólo puede ser determinada a través del grado de su redondez. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

La resistencia relativa a la abrasión de los minerales, en orden decreciente, se presenta en la figura 3.2. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000; Herrera, J. 1.998).

Las partículas bien redondeadas ( $GR=0,6$ ), producidas por una pérdida de aproximadamente  $1/3$  del peso, se originan en las primeras etapas de la historia abrasiva. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Un incremento en la pérdida de peso producirá pocos cambios en su redondez, por lo que el aumento de su grado de redondez variará muy lentamente. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

La distancia de transporte necesaria para producir una redondez de aproximadamente 0,6 en guijarros varía en unos pocos kilómetros en rocas muy resistentes. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

En arenas, la distancia puede variar de algunos cientos de kilómetros (para minerales como el apatito y la hornblenda) a varios miles de kilómetros (para el cuarzo). (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Una redondez apreciable en las arenas ocurre, probablemente, sólo en ausencia de materiales gruesos. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000). (Figura 3.2).

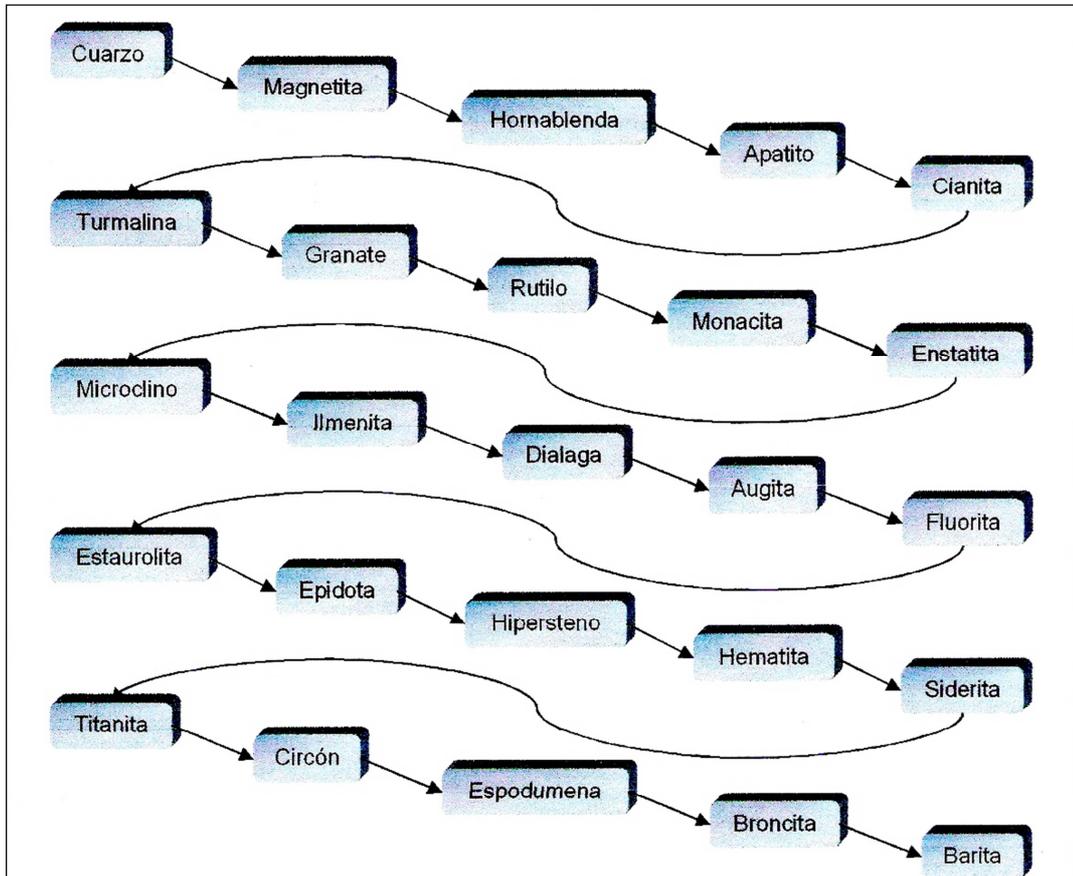


Figura 3.2 Resistencia relativa a la abrasión de algunos minerales (en orden decreciente) (Modificada de Guía de Redondez y Esfericidad de las Partículas del Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000).

### 3.2.5 Determinación de la esfericidad de las partículas sedimentarias

Dado que la redondez es una medida bidimensional, en las investigaciones es usual trabajar con la esfericidad sobre todo a la hora de analizar granos muy pequeños, pues se puede inducir a errores. La esfericidad de los granos es un carácter que permite sacar conclusiones sobre su formación. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

El concepto original de la esfericidad definido por Wadell (Departamento de Geología Universidad de Oriente, 2.000; Herrera, J. 1.998) es:

$$(3.3) \quad E = \frac{A}{A^+}$$

Donde:

$E$  = esfericidad verdadera.

$A$  = representa el área de la superficie de la partícula

$A^+$  = el área de la superficie de una esfera de igual volumen.

La medición de la esfericidad verdadera de una partícula irregular no es posible de realizar en la práctica, por lo que el mismo Wadell propuso una definición práctica que expresa la medición de la esfericidad de una partícula sedimentaria en la forma que la propone la ecuación 3.4. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Wadell encontró, en partículas grandes, que el procedimiento a seguir era medir el volumen de la partícula por desplazamiento de agua, y luego se expresa como el de una esfera de diámetro nominal  $(\pi/6)a^3$ . La esfera circunscrita tiene un diámetro igual al de la máxima interceptación a través de la partícula y su volumen es, por consiguiente,  $(\pi/6)a^3$ . (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

Sustituyendo los volúmenes por sus valores en la ecuación 3.5 para la esfericidad de operación y eliminando los términos comunes al denominador y al numerador, la esfericidad se reduce a la expresión. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

$$\text{Esfericidad de operación} = \frac{d}{A} \quad (3.4)$$

Donde:

$d$  = Diámetro nominal.

$A$  = Intersección máxima.

Es decir, que la esfericidad de las partículas (grandes) se mide en función del diámetro nominal ( $d$ ) a la intersección máxima ( $a$ ) a través de la partícula. Por tanto, se propone que en granos pequeños el término mejor empleado sea el de grado de circularidad, en vez de esfericidad. (Departamento de Geología, Universidad de Oriente, 2.000).

### 3.4 Procedencia de la acumulación de las partículas de sedimento

Las fuentes de emisión del material sedimentario que constituye una formación sedimentaria o que simplemente yace en el lecho de un río, constituyen un aspecto bastante controvertido. (García, O. 1.981).

Dentro de los criterios que se manejan para el estudio de las posibles fuentes de emisión se tienen. (García, O. 1.981).

1. La orientación de la acumulación.
2. La presencia de carbonato de calcio.
3. Los minerales pesados presentes en los sedimentos.

#### 3.4.1 Orientación de la acumulación

La orientación de los canales de esparcimiento constituye un elemento fundamental en la forma de presentarse los sedimentos de un río o el sistema deposicional de una formación geológica, y por lo general esta orientación sigue la tendencia topográfica o dirección. (García, O. 1.981).

#### 3.4.2 Presencia de carbonato de calcio

La presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) permite corroborar si el aporte de sedimentos proviene de una fuente rica en este mineral (sedimentaria) o particularmente de una fuente escasa (ígneo-metamórfica). (García, O. 1.981).

#### 3.4.3 Minerales pesados

Entre los minerales de la roca madre que sobreviven a la destrucción por meteorización, abrasión o disolución interestratal se encuentran los minerales denominados “pesados”, es decir, aquellos con peso específico mayor que el del bromoformo (2,85). Estos minerales constituyen los minerales accesorios secundarios de las areniscas que poseen peso específico mayor que el promedio. (García, O. 1.981).

Tales componentes secundarios, que raramente sobrepasan el 1% y por lo general forman menos del 0,1% de la roca, derivan de los minerales accesorios muy estables de la roca madre; o aún más excepcionalmente son el remanente de los componentes máficos más abundantes, pero inestables de las rocas generadoras. Por ejemplo, el circón es un ejemplo de los accesorios secundarios estables mientras que la hornblenda es el representante de los componentes máficos inestables más abundantes en una roca generadora. (García, O. 1.981).

La cantidad y los tipos de minerales varían entre límites muy amplios. Si bien casi cualquier mineral existente en la roca generadora puede aparecer en el sedimento, sólo relativamente pocas especies acompañan a las arenas. (García, O. 1.981).

Si los minerales pesados son recién derivados de las rocas cristalinas, entonces estarán relativamente poco desgastados. Los fragmentos con caras de clivaje y cristales más o menos euhedrales son característicos de la asociación. Sin embargo, si los minerales pesados derivan de sedimentos preexistentes, las especies menos estables tienden a desaparecer. Las variedades más estables que subsisten muestran un notable redondeamiento. (García, O. 1.981).

El estudio de los minerales pesados es útil en casos de correlación estratigráfica, puesto que, teóricamente, cada unidad estratigráfica difiere en cierto grado de cualquier otra por el carácter y la abundancia de la serie de minerales accesorios. (García, O. 1.981).

Los minerales pesados alogénicos en los sedimentos pueden indicar si las rocas de origen son ígneas, metamórficas o sedimentarias. (García, O. 1.981).

Muchos minerales inestables y angulares pueden ser indicativos directos de un origen ígneo o metamórfico, mientras que granos de minerales estables bien redondeados sugieren haberse derivado de rocas sedimentarias preexistentes. (García, O. 1.981).

### 3.5 Calidad del agua

La calidad del agua es la condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos. Está determinada por la hidrología y por el conjunto de

características fisicoquímicas y biológicas que ella debe contener en su estado natural, y que pueden ser alteradas por el exceso de materiales extraños producto de la actividad humana (contaminación) o por la acción de la naturaleza (polución). (Microsoft Corporation, 1.993-2.003).

En las aguas naturales o crudas hay sustancias disueltas (materiales en suspensión, iones, etc.) que dan características especiales a éstas, por lo que es necesario conocer su presencia y sus cantidades máximas. (Blanco, 1.991; Aguirre et al., 1.992).

### 3.5.1 Parámetros que determinan la calidad del agua

Los parámetros o indicadores más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son el oxígeno disuelto, el pH, la cantidad de sólidos en suspensión, la demanda bioquímica de oxígeno y la cantidad de fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoníaco, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, cloro residual, cinc total y cobre soluble, entre otros. También se pueden emplear bioindicadores para evaluar la calidad media que mantiene el agua en periodos más o menos largos, para lo cual se usan diferentes grupos biológicos. (Microsoft Corporation, 1.993-2.003).

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado valores índices que sintetizan la información proporcionada por dichas mediciones. (Microsoft Corporation, 1.993-2.003).

Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos

contaminantes y de los procesos de autodepuración. (Microsoft Corporation, 1.993-2.003).

Los índices de calidad constan de los valores de diferentes parámetros preseleccionados a los que se aplica un “peso” o importancia relativa en el total del índice. Para su cálculo se seleccionaron el oxígeno disuelto, los coliformes fecales, el rango de pH, la demanda bioquímica de oxígeno, la cantidad de nitratos y fosfatos, el incremento de temperatura, la turbidez y la cantidad de sólidos totales. (Microsoft Corporation, 1.993-2.003).

#### 3.5.1.1 Parámetros físicos

❖ Temperatura: es la medida del calor almacenado en el agua. La capacidad del agua para almacenar calor es alta y esto hace que sea un elemento moderador del clima. La temperatura estable para su ingestión es de 10° C a 14° C. (Blanco, 1.991; Aguirre et al., 1.992).

La temperatura del agua de un río es un parámetro muy importante que afecta directamente sus características físicas, químicas y biológicas. Usando un mismo termómetro, la temperatura del agua debería ser chequeada en el lugar de prueba y en un lugar similar 1 kilómetro río arriba. Debe tenerse cuidado, cuando se tome la temperatura en este último sitio de muestreo, de que la cantidad de luz solar y la profundidad del río sean similares a las condiciones del primer lugar de muestreo. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

❖ Turbidez: se produce por la presencia de partículas insolubles (tales como la arcilla, el limo, la materia orgánica, el plancton, etc.) que se encuentran en suspensión en el agua. Hay que tener en cuenta que la turbidez es un efecto óptico causado por la

dispersión de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua. (Blanco, 1.991; Aguirre et al., 1.992).

A medida que el agua se vuelve más turbia pierde la capacidad de soportar una amplia variedad de plantas y otros organismos acuáticos. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

#### 3.5.1.2 Parámetros químicos:

❖ Sólidos totales: es una medida de los materiales sólidos disueltos en el agua de un río, y que incluyen las sales, algunas materias orgánicas y un amplio rango de nutrientes y materiales tóxicos. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

Un nivel constante de minerales en el agua es requerido para el sustento de la vida acuática. La concentración de sólidos totales disueltos (TDS) muy elevada o muy baja limita el crecimiento y conduce a la muerte de la mayoría de las formas de vida acuática. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

El término se aplica al residuo que deja una muestra de agua después de evaporarse a una temperatura definida (por lo general entre 103-105° C). Los sólidos totales que están en un rango de 2.000 y 4.000 partes por millón (ppm) en el agua hacen que ella sea desagradable al paladar y tenga efectos laxantes en los seres humanos. (Abud, J. 2.002).

❖ El nivel de pH es una medida de acidez que expresa la concentración de iones hidrógeno o hidronios en el agua (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003). La mayoría de las formas de vida acuática tienden a ser muy sensibles al pH. El agua que contiene una gran cantidad de polución orgánica tenderá

generalmente a ser un poco ácida. El agua con un pH de 7 se considera neutra, si está por debajo de 7 es ácida y por encima de 7 se dice que es alcalina. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

❖ **Alcalinidad:** es la capacidad del agua de neutralizar los ácidos y se debe a la presencia de iones bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ) (Abud, J. 2.002).

❖ **Oxígeno disuelto (OD):** esta prueba mide la cantidad de oxígeno disuelto en el agua útil para sostener la vida. Éste representa el oxígeno disponible para los peces, invertebrados y los otros animales que viven en el agua (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003). La mayoría de las plantas acuáticas y animales necesitan el oxígeno para vivir, de hecho los peces se ahogarían en el agua si los niveles de oxígeno disuelto son bajos. Los bajos niveles de OD son signos de posible contaminación de las aguas. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

En los líquidos residuales, la evaluación del oxígeno disuelto es el factor que determina si los cambios biológicos operados son debidos a organismos aeróbicos o anaeróbicos. Los primeros requieren oxígeno libre y producen sustancias inocuas mientras que los segundos toman el oxígeno de los compuestos que lo contienen y sus productos son malsanos. (Abud, J. 2.002).

En consecuencia, la medida del oxígeno disuelto es de primera importancia si queremos corregir y mantener condiciones aeróbicas en las aguas que reciben toda clase de desecho. (Blanco, 1.991; Aguirre et al., 1.992).

❖ **Metales trazas:** se encuentran en las aguas naturales o en las soluciones como consecuencia del lavado de los terrenos que éstas drenaron o procedentes de una

contaminación. Tienen gran importancia debido al papel fisicoquímico y biológico que desempeñan. Los más significativos son el hierro (Fe), manganeso (Mn), Plomo (Pb), magnesio (Mg), cadmio (Cd), sodio (Na) y potasio (K), y se expresan en mg/L. Los mismos no deben exceder los límites establecidos en la Norma 883 del Código Orgánico Ambiental. (Abud, J. 2.002).

❖ Nitratos: representan una medida de la forma oxidada del nitrógeno que representa un macronutriente esencial en los ambientes acuáticos. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

Los nitratos pueden ser dañinos para los humanos debido a que el intestino puede descomponerlos en nitritos, los cuales afectan la habilidad de transportar oxígeno por parte de las células rojas de sangre. Los nitritos pueden también causar serias enfermedades en los peces. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

❖ Fosfatos: son compuestos químicos constituidos por fósforo y oxígeno. Son necesarios para el crecimiento de las plantas y de los animales. Los fosfatos pueden estar presentes en el agua de muchas formas, por lo que el parámetro fosfatos totales da un estimado de la cantidad total de fosfato potencialmente disponible en un cuerpo dado de agua. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

❖ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): indica la capacidad de polución de un efluente, que se expresa por el consumo de oxígeno disuelto por parte de los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en el propio efluente. Se parte de la capacidad autodepurativa del agua conferida por los propios microorganismos. (Abud, J. 2.002).

Este parámetro es una medida de la cantidad de comida para las bacterias que se encuentra en el agua. Éstas utilizan la materia orgánica en su respiración y remueven el oxígeno del agua. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

La prueba de DBO provee una idea aproximada de cuanto desecho biodegradable está presente en un agua. Este material biodegradable está conformado por desperdicios orgánicos que incluyen recortes de grasa, estiércol, etc. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

❖ Dureza: Es la capacidad que tiene el agua para precipitar el jabón, la formación de sedimentos y costras en las tuberías, y las unidades en las cuales se incrementa su temperatura. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Para fines analíticos se define como la suma de concentraciones de todos los cationes metálicos, menos los alcalinos, expresados en concentraciones equivalentes de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992). (Tabla 3.3).

La dureza del agua se origina por diversas razones, algunas de las cuales son. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992):

Tabla 3.3 Clasificación de la dureza en el agua. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Concentración (mg/L)	Dureza del agua
0-75	Suaves
76-150	Poco Duras
151-300	Duras
> 300	Muy Duras

1. Agua de lluvia infiltrada en el suelo y que entra en contacto con formaciones rocosas.

2. Adición de anhídrido carbónico por acción bacteriana.

3. Reacción ácida de las soluciones acuosas con CO<sub>2</sub> debido a la acción reversible del gas con el agua para formar ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Bajo estas condiciones ácidas, las formaciones básicas, como la roca caliza insoluble, se disuelven para formar bicarbonato de calcio soluble.

3.5.1.3 Parámetros bacteriológicos: este parámetro está representado por la determinación del número más probable (NMP) de organismos coliformes totales y fecales. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

❖ Coliformes fecales: representan una forma de bacteria encontrada en los desperdicios de origen humano y animal (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003). Los indicadores más usados son la *Escherichia coli*, considerado el microorganismo indicador de contaminación fecal por excelencia, y el grupo de coliforme en su totalidad que incluye todos los microorganismos gram-negativos, bacilos que no forman esporas y fermentan la lactosa produciendo gases de 48 horas al incubarlos a 35° C (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992). El agua contaminada bacteriológicamente puede servir de vehículo para un gran número de enfermedades como la gastroenteritis producida por la *Escherichia coli*, la ascariasis producida por el *Áscari* y muchas otras enfermedades producto del consumo de un agua no apta para esto. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

### 3.5.2 Índice de calidad del agua (ICA)

El índice de calidad del agua (ICA) es básicamente un medio matemático de calcular un valor simple a partir de múltiples resultados de pruebas realizadas a ésta. El índice resulta representar el nivel de calidad del agua en una cuenca dada, tal como un lago, río o corriente. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

El ICA, desarrollado a principios de la década de 1.970, puede ser usado para monitorear los cambios en la calidad de una fuente particular de agua a través del tiempo, para comparar la calidad de una fuente de agua contra otra en una región o de cualquier otra parte del mundo y para determinar si una extensión particular de agua es saludable. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

Para realizar los cálculos del índice de calidad del agua (ICA) de un río o cuerpo de agua 9 parámetros seleccionados por The National Sanitation Foundation (NSF) son medidos, y se refieren al incremento o cambio en la temperatura del agua, la cantidad de oxígeno disuelto (OD), la cantidad de coliformes fecales, la cantidad de fosfatos y nitratos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los sólidos totales, el pH y la turbidez.

Sin embargo, después de que estas nueve pruebas de calidad del agua son completadas y los resultados registrados, un valor  $Q$  de calidad se debe calcular para cada parámetro. Es entonces cuando el ICA global, para la el lugar de muestreo, puede ser calculado. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

Resulta importante monitorear la calidad del agua durante un período de tiempo de manera que se puedan detectar cambios en su ecosistema. El ICA puede dar una indicación de la salud de un cuerpo de agua en un momento dado y en varios puntos,

a la vez que puede ser usado para seguir la pista y analizar los cambios a través del tiempo. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

El ICA usa una escala de 0 a 100 para categorizar la calidad de un agua. Una vez que el valor global del ICA se conoce, éste puede ser comparado contra la escala mostrada en la tabla 3.4 para determinar el estado saludable de un cuerpo de agua en un día dado. Las fuentes de agua con valores de ICA dentro del rango bueno a excelente son capaces de soportar una alta diversidad de vida acuática. Adicionalmente, éstas serían apropiadas para ser usadas en todas las formas de recreación, incluso aquellas que involucran el contacto directo con ellas. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

Las fuentes que logran sólo un rango promedio de calidad generalmente tienen menos diversidad de organismos acuáticos y frecuentemente incrementan el crecimiento de algas. Por otra parte, los cuerpos de agua cuyo ICA caen dentro del rango de mala son sólo capaces de soportar una baja diversidad de vida acuática y es seguro que experimenten problemas de polución. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003). (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Índice de calidad del agua, ICA (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

ICA	Calidad del Agua
0-25	Pésima
26-50	Mala
51-70	Media o promedio
71-90	Buena
91-100	Excelente

Las aguas de categoría pésimas pueden sólo ser capaces de soportar un número limitado de formas de vida acuática y se espera que contengan problemas abundantes de calidad. Una fuente de este último tipo generalmente no se consideraría aceptable para actividades que involucren el contacto directo con ella, por ejemplo, su uso en un balneario. (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2.003).

### 3.6 Contaminación de las aguas

El agua se considera contaminada cuando presenta materia extraña indeseable que deteriora su calidad y la hace inaprovechable. Este grado de deterioro depende de la cantidad de materia extraña que se le haya adicionado y del tipo de materia o agentes contaminantes que ésta contenga. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Los agentes contaminantes con mayor acción dentrificadora están conformados por desechos químicos (provenientes de industrias tales como pinturas), desechos de construcción, de mataderos industriales, desechos domésticos, etc., los cuales al ser arrojados directamente a las vertientes de agua o a las redes de cloacas de una ciudad inciden directamente sobre los recursos hídricos. Por ejemplo, las aguas servidas o negras contienen cantidades variables de sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel, astillas y otros residuos de las actividades cotidianas de las comunidades, y constituyen uno de de los principales agentes contaminantes. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Entre los principales contaminantes se tienen. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992):

1. Las aguas residuales que tienen origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico o pluviales.

2. La infiltración se produce cuando se sitúan por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería.

3. Los agentes infecciosos tales como bacterias.

4. Los nutrientes vegetales que estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas.

5. Los productos químicos, que incluyen pesticidas, productos industriales, detergentes, de hidrocarburos, etc.

6. Los sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por la lluvia.

7. Las sustancias radiactivas procedentes de residuos producidos por la minería, por las centrales nucleares, del uso industrial, médico y científico.

8. El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de las que se abastecen.

### 3.6.1 Efectos de la contaminación del agua:

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

La presencia de nitratos (sales de ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en acciones es mortal. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992) (Tabla 3.5).

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Existe un problema relacionado con la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Tabla 3.5 Normas internacionales de agua potable límites para sustancias consideradas como tóxicas en el agua potable (Datos de la Organización Mundial de la Salud OMS en Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Sustancia	Concentraciones Máximas Permitidas
Plomo	0,05
Arsénico	0,05
Selenio	0,01
Cromo (Cr Hexavalente)	0,05
Cianuro	0,20
Cadmio	0,01
Bario	1,00

El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos como mal sabor y olor, acumulación de algas o verdín desagradable a la vista, crecimiento

denso de plantas con raíces, agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas, acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos asociados a la precipitación de carbonato de calcio en las aguas duras. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

Otro problema cada vez más preocupante es la lluvia ácida que deja muchos lagos totalmente desprovistos de vida. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

### 3.6.2 Definición de la contaminación de un curso de agua

Un curso de agua se considera contaminado o polucionado cuando la composición del estado de sus aguas son directa o indirectamente modificados por la actividad del hombre en una medida tal que disminuye la facilidad de utilización para todos aquellos fines, o algunos de ellos, a los que podría servir en estado natural (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

El crecimiento progresivo de núcleos urbanos y rurales con el consiguiente aumento de la densidad poblacional, de sus actividades artesanales y ganaderas, el cultivo intuitivo de la tierra (para satisfacer las exigencias de aportación de recursos que contaminan las aguas subterráneas, los ríos, los lagos y mares) destruyen o modifican la fauna y la flora rompiendo el equilibrio del ecosistema así como también la armonía entre el hombre y el medio ambiente. (Blanco, L. 1.991; Aguirre, C. et al., 1.992).

### 3.4.4 Fundamentos legales

En el área de estudio se realizan diversas actividades susceptibles de degradar el ambiente, y que inciden, directa o indirectamente, sobre la salud de la población. Esta situación conduce a tomar acciones preventivas y correctivas por las instituciones del

estado venezolano, entiéndase Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Ministerio de Energía y Minas y Ministerio de Salud y Desarrollo Social, de acuerdo con la competencia y lo exigido por la normativa legal existente. En tal sentido, se deben tomar las medidas de protección a la salud pública de acuerdo a lo consagrado en el Artículo 127 de la constitución Bolivariana de la República de Venezuela, que expresa “es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener un ambiente en beneficio de sí mismo y el mundo futuro. Toda persona tiene un derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. Es una obligación fundamental del estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley”. (Abud, J. 2.002).

Esta disposición es recogida en forma explícita en la Ley Orgánica del Ambiente, cuando en su Artículo N° 3 Ordinal 5: “Establece como conservación, defensa y mejoramiento del ambiente” (Abud, J. 2.002). Cabe destacar que esta ley en su Artículo N° 21 consagra que las actividades susceptibles de degradar el ambiente sólo podrán ser autorizadas si se establecen garantías, procedimientos y normas para su corrección. (Abud, J. 2.002).

En cuanto al control y preservación del ambiente se puede citar el Decreto Ejecutivo N° 883, relacionado con las “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”, donde se establece la clasificación de las aguas, las actividades sujetas a control, las diferentes formas de descargas (a cuerpos de agua, medio marino-costero, redes cloacales) así como del

seguimiento y control y el régimen de adecuación que deben cumplir todas las actividades generadoras de contaminación. (Abud, J. 2.002).

3.6.3.1 Legislación, factores estructurales: La legislación existente para el uso y reglamentación del agua, en el caso venezolano, es la siguiente. (Abud, J. 2.002):

❖ Decreto Ejecutivo N° 883, del 11 de octubre de 1.995. Gaceta oficial N° 5.021 extraordinario del 18 de diciembre de 1.995, “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos y efluentes líquidos”.

❖ Ley Orgánica del Ambiente (1.978), “Reglamento Parcial N° 4 sobre la clasificación de las Aguas”.

❖ Las disposiciones legislativas, relativas a la calidad de las aguas, deberán considerar los siguientes puntos de vista. (Abud, J. 2.002):

❖ Conservación de los recursos: cursos de agua navegables, no navegables y cursos de aguas subterráneas.

❖ Salud pública: protección sanitaria del agua y alimentos, protección contra la contaminación.

❖ Vida piscícola: protección de la calidad del agua, protección contra la contaminación.

❖ Ubicación de industrias y algunas actividades pecuarias; por ejemplo, granjas porcinas, las cuales son insalubres y peligrosas.

3.6.3.2 Normas que rigen sobre contaminación de cuerpos de agua, valores permisibles: la calidad del agua es la condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos, está representada por el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que ella debe contener en su estado natural, las cuales pueden ser alteradas por el exceso de materiales extraños en el agua, ya sea por la actividad humana (contaminación) o por la acción de la naturaleza (polución). (Abud, J. 2.002).

La calidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra.

Lógicamente para una cantidad de contaminante dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos y la pérdida de calidad será menor.

Por otra parte, la temperatura tiene relevancia ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura. (Dojlido y Best, 1.993 citados por Abud, J. 2.002). (Tablas 3.6-3.12).

Tabla 3.6 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 1 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).

Parámetro	Límites o rangos máximos		
	1a	1b	1c
Oxígeno disuelto (OD)	> 4 mg/L	> 4 mg/L	-
pH	6.0-8.5	6.0-8.5	3.8-10.5
Color real	< 50 U Pt-Co	< 150 U Pt-Co	-
Turbidez	< 25 UNT	< 250 UNT	-
<b>Elementos o Compuestos</b>			
Aceites minerales	0.3 mg/L	-	-
Aluminio	0.2 mg/L	-	-
Arsénico total	0.01-0.05 mg/L	-	-
Bario total	0.7-1.0 mg/L	-	-
Boro	0.3 mg/L	-	-
Cadmio total	0.003-0.01 mg/L	-	-
Cianuro total	0.07-0.1 mg/L	-	-
Cloruros	300-600 mg/L	-	-
Cobre total	1.0-2.0 mg/L	-	-
Cromo total	0.05 mg/L	-	-
Detergentes	1.0 mg/L	-	-
Dispersantes	1.0 mg/L	-	-
Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	500 mg/L	-	-
Extracto de carbono al cloroformo	0.15 mg/L	-	-
Fenoles	0.002 mg/L	-	-
Fluoruros	< 1.7 mg/L	-	-
Hidrocarburos	2.0 mg/L	-	-
Hierro total	1.0 mg/L	-	-
Manganeso total	0.1 mg/L	-	-
Mercurio total	0.001-0.01 mg/L	-	-
Molibdeno	0.07 mg/L	-	-
Níquel	0.02 mg/L	-	-
Nitritos + Nitratos (N)	10.0 mg/L	-	-
Plata total	0.05 mg/L	-	-
Plomo total	0.01-0.05 mg/L	-	-
Selenio	0.01 mg/L	-	-
Sodio	200 mg/L	-	-
Sólidos disueltos totales	1.500 mg/L	-	-
Sulfatos	400-500 mg/L	-	-
Zinc	5.0 mg/L	-	-
<b>Biocidas</b>			
Organoclorados	0.02-0.2 mg/L	-	-
Organofosforados y Carbamatos	0.1 mg/L	-	-
<b>Organismos</b>			
Coliformes totales (*)	Media geométrica de al menos 5 muestras mensuales (promedio mensual) < 2.000 NMP/100 ml de agua.	Media geométrica de al menos 5 muestras mensuales (promedio mensual) < 10.000 NMP/100 ml de agua.	-
<b>Radiactividad</b>			
Actividad α	0.1 Bq/l	-	-
Actividad β	1.0 Bq/l	-	-

(\*) En función del método de análisis los coliformes se podrán expresar indistintamente como Número Más Probable (NMP) o Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Tabla 3.7 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 2 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).

Parámetro	Límites o rangos máximos	
	2a	2b
Conductividad específica	2.000 (µS/cm)	
<b>Elementos o Compuestos</b>		
Aluminio	1.0 mg/L	
Arsénico total	0.05 mg/L	
Bario total	1.0 mg/L	
Bicarbonatos	370 mg/L	
Boro	0.75-1.0 mg/L	
Cadmio total	0.005 mg/L	
Calcio	200 mg/L	
Carbonatos	5 mg/L	
Cianuro total	0.2 mg/L	
Cloruros	250 mg/L	
Cobre total	0.2 mg/L	
Cromo total	0.05 mg/L	
Hidrocarburos	2.0 mg/L	
Hierro total	1.0-5.0 mg/L	
Litio	2.5-5.0 mg/L	
Magnesio	70 mg/L	
Manganeso total	0.2-0.5 mg/L	
Mercurio total	0.01 mg/L	
Molibdeno	0.005-0.01 mg/L	
Niquel	0.2-0.5 mg/L	
Plata total	0.05 mg/L	
Plomo total	0.05-0.2 mg/L	
Potasio	20 mg/L	
Selenio	0.01-0.02 mg/L	
Sodio	140 mg/L	
Sólidos disueltos totales	1.300-3.000 mg/L	
Sólidos flotantes	Ausentes	
Sulfatos	340 mg/L	
Vanadio	0.1-10 mg/L	
Zinc	5.0 mg/L	
<b>Biocidas</b>		
Organoclorados	0.2 mg/L	
Organofosforados y Carbamatos	0.1 mg/L	
<b>Organismos</b>		
Coliformes totales	Promedio mensual < 1.000 NMP/100 ml de agua.	Promedio mensual < 5.000 NMP/100 ml de agua.
Coliformes fecales	Promedio mensual < 100 NMP/100 ml de agua.	Promedio mensual < 1.000 NMP/100 ml de agua.
<b>Radiactividad</b>		
Actividad α	0.1 Bq/L	
Actividad β	1.0 Bq/L	
(*) Estos organismos podrán expresarse indistintamente como NMP o UFC.		

Tabla 3.8 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 3 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).

Parámetro	Límites o rangos máximos
Oxígeno disuelto (OD)	> 5,0 mg/L (o al 60% del valor de saturación)
pH	6,5-8,5
<b>Elementos o Compuestos</b>	
Aceites minerales	0,3 mg/L
Detergente biodegradables	< 0,2 mg/L
Detergentes no biodegradables	< 1 mg/L
Fenoles y sus derivados	0,002-0,003 mg/L
Hidrocarburos	0,3 mg/l
Metales y otras sustancias tóxicas	No detectable por los métodos estándares.
Residuos de petróleo, sólidos sedimentables y flotantes	Ausentes
<b>Biocidas</b>	
Organoclorados	0,2 mg/L
Organofosforados y Carbamatos	0,1 mg/L
<b>Organismos</b>	
Coliformes totales (*)	La media geométrica de al menos 5 muestras mensuales será < 70 organismos/100 ml de agua (el 10% de las muestras puede exceder de 200 NMP/100 ml de agua).
Enterococos fecales (**)	La media geométrica de al menos 5 muestras mensuales será inferior a 25 organismos/100 ml
<b>Radiactividad</b>	
Actividad $\alpha$	0,1 Bq/l
Actividad $\beta$	1,0 Bq/l
(*) Estos organismos podrán expresar indistintamente como NMP o UFC.	
(**) Aplica sólo a aguas de medios marino-costeros.	

Tabla 3.9 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 4 según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre de 1.995; República Bolivariana de Venezuela-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2.003).

Parámetro	Límites o rangos máximos
Oxígeno disuelto (OD)	> 5,0 mg/L (o al 60% del valor de saturación)
pH	6,5-8,5
<b>Elementos o Compuestos</b>	
Aceites minerales	0,3 mg/L
Detergente biodegradables	< 0,2 mg/L
Detergentes no biodegradables	< 1 mg/L
Fenoles y sus derivados	0,002-0,003 mg/L
Hidrocarburos	0,3 mg/l
Metales y otras sustancias tóxicas	No detectable por los métodos estándares.
Residuos de petróleo, sólidos sedimentables y flotantes	Ausentes
<b>Biocidas</b>	
Organoclorados	0,2 mg/L
Organofosforados y Carbamatos	0,1 mg/L
<b>Organismos</b>	
Coliformes totales (*)	La media geométrica de al menos 5 muestras mensuales será < 70 organismos/100 ml de agua (el 10% de las muestras puede exceder de 200 NMP/100 ml de agua).
Enterococos fecales (**)	La media geométrica de al menos 5 muestras mensuales será inferior a 25 organismos/100 ml
<b>Radiactividad</b>	
Actividad $\alpha$	0,1 Bq/l
Actividad $\beta$	1,0 Bq/l
(*) Estos organismos podrán expresar indistintamente como NMP o UFC.	
(**) Aplica sólo a aguas de medios marino-costeros.	

Tabla 3.10 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 5 según el decreto ejecutivo 883(Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre de 1995; República Bolivariana de Venezuela – Ministerio de Ambiente y de los recursos Naturales, 2003.

Parámetro	Límites o rangos máximos
Aceites y espumas	Ausente
Fenoles	< 0,002 mg/L
Sustancias que originen sedimentación de sólidos y formación de lodos	Ausente

Tabla 3.11 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 6 según el decreto ejecutivo 883(Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre de 1995; República Bolivariana de Venezuela–Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales, 2003).

Parámetro	Límites o rangos máximos
Oxígeno disuelto (OD)	> 4 mg/L
Sólidos flotantes y sedimentables o depósitos de lodo	Concentraciones que no interfieran la navegación o la generación de energía

Tabla 3.12 Límites permisibles de elementos en el agua para las aguas tipo 7 según el decreto ejecutivo 883(Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 18 de Diciembre de 1995; República Bolivariana de Venezuela–Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales, 2003).

Parámetro	Límites o rangos máximos
Oxígeno disuelto (OD)	> 3 mg/L

Las tablas 3.13 y 3.14 señalan las normas de calidad física y calidad química admitidos para las aguas según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1.971), que permiten complementar el análisis realizado por las tablas 3.7-3.13.

Tabla 3.13 Normas de calidad físicas (criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud OMS, 1971 en Abud, J. 2002).

Características	Nivel deseable más alto	Nivel permisible máximo
Color	5 Unidades	50 Unidades*
Olor	Inobjetable	Inobjetable
Sabor	Inobjetable	Inobjetable
Turbidez	5 Unidades	25 Unidades**
(*) Escala platino-cobalto.		
(**) Unidades de turbidez (UNT).		

Tabla 3.14 Normas de calidad químicas de las aguas (criterios establecidos por la organización Mundial de la Salud OMS, 1971 en Abud, J. 2002).

Características	Nivel deseable más alto	Nivel permisible máximo
Sólidos disueltos totales	500 mg/L	1.500 mg/L
Rango de pH	7,0 a 8,5	6,5 a 9,2
Aceites minerales	0,01 mg/L	0,3 mg/L
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	100 mg/L	500 mg/L
Cromo (Cr)	-	0,05 mg/L
Plomo (Pb)	-	0,05 mg/L

### 3.7 Características hidrológicas

#### 3.7.1 Aforo

Representa la medida de la cantidad de agua (gasto o volumen) que pasa por una sección transversal de un río o corriente en una unidad de tiempo. (Monsalve, G. 1.999).

#### 3.7.2 Tramo de aforo

Es la mejor sección longitudinal que puede tener o presentar un río desde el punto de vista hidráulico, para en él, realizar el aforo. (Monsalve, G. 1.995).

Entre las características hidráulicas más importante se tienen que el tramo debe ser lo más recto posible de manera que las líneas de corriente del flujo sean lo más paralelas posibles, los taludes en ambas márgenes deben ser los más estables, no debe haber islas ni meandros dentro del tramo dado que inducen error en el cálculo del

aforo, y la pendiente del tramo debe ser en término promedio constante a lo largo del mismo (es decir, sin cambios bruscos en ella) (Monsalve, G. 1.995).

### 3.7.3 Sección de aforo

Representa la sección transversal de la corriente donde se mide el gasto o caudal de la corriente. Tanto el área de la sección transversal de una corriente natural como su velocidad varían con la altura del nivel del agua, según una relación por lo general constante, por lo que una vez conocida esa relación se pueden obtener los gastos o caudales. (Monsalve, G. 1.995).

### 3.7.4 Métodos de aforo

Existen diversos métodos para determinar el caudal de un río, entre los cuales podemos nombrar el método volumétrico, método de pendiente-área, método químico, método de sección y velocidad. En estudios previos realizados en las cuencas de estudio, se empleo el método de aforo de sección y velocidad.

A continuación se realizara una breve descripción de este método para calcular el caudal de un curso de agua.

3.7.4.1 Aforo por el método de sección y velocidad: se basa en la utilización de la ecuación de continuidad ( $Q=V.A$ ) que plantea que el caudal que pasa por una sección transversal geométrica cualquiera es directamente proporcional al producto de su área (en  $m^2$ ) por la velocidad medida de la misma (en  $m/Seg$ ). De esta manera, el método permite determinar separadamente y al mismo tiempo el área de la sección trasversal del cauce en estudio y la velocidad media del agua que pasa por la sección. Existen dos procedimientos para realizar el aforo mediante este método, utilizando dos tipos de sección transversal (Monsalve, G. 1.999):

❖ Sección promedio: consiste en dividir la sección transversal en estudio en secciones parciales verticales, seleccionadas de tal forma que el gasto que pase por cada una de ellas sea menor al 10% del gasto total que pase por la sección transversal.

❖ Sección media: en ella se multiplica la velocidad promedio de cada vertical de sondeo por el área de la sección vertical que se extiende hasta la mitad del camino de las verticales vecinas.

La velocidad media en la vertical se considera como velocidad media en la sección.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### 4.1 Tipo de investigación

La investigación es documental de tipo descriptiva. El tema surgió de la necesidad de analizar las características geológico-ambiental de las cuencas Guaricongo – Los Caribes en las épocas de sequía y lluvia, con el objetivo de identificar la evolución a lo largo del tiempo de la calidad del agua de estos morichales y proponer un plan de saneamiento ambiental para la recuperación de estas áreas.

#### 4.2 Nivel de la investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne de acuerdo a su nivel las características de un estudio descriptivo y explicativo, por lo que decimos que se encuentra en un nivel intermedio.

#### 4.3 Recopilación de la información bibliográfica y cartográfica

La selección de información para el desarrollo de la investigación se realizó en fuentes bibliográficas y cartográficas. Las fuentes bibliográficas nos permitió conocer, analizar, discutir y tomar los aspectos generales más importante del tema en estudio; para ello se consultó informes técnicos, trabajos de grados realizados en las zonas de estudio en época de sequía y en época de lluvia, entre otros, provenientes de las fuentes de documentación de la Universidad de Oriente en el Núcleo Bolívar. Se consultó otras fuentes de información como la electrónica (Internet) y documentación personal.

Las cartográficas proporcionaron la información de ubicación geográfica de los morichales, así como también agruparon la información geológica y geomorfológica del área de estudio. (Figura 4.1).

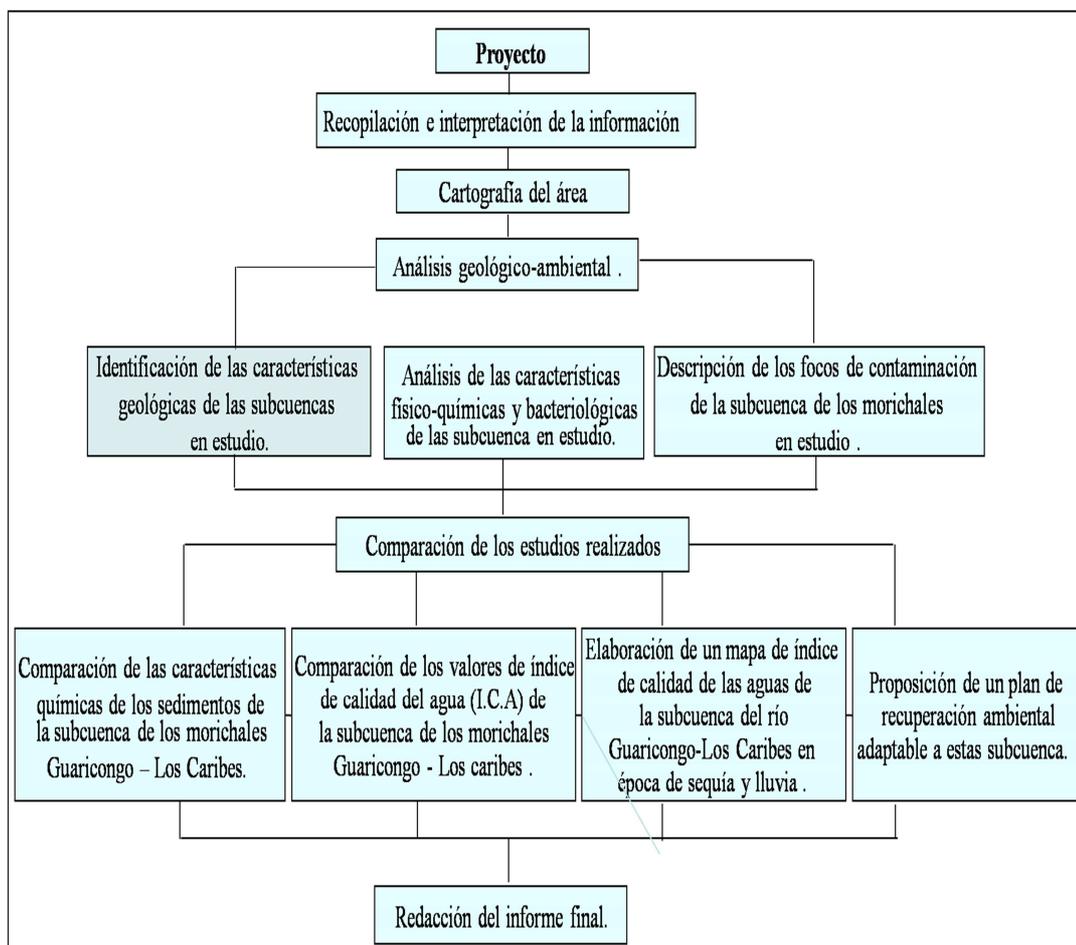


Figura 4.1 Flujograma de planificación y desarrollo de la investigación.

#### 4.4 Identificación de las características geológicas del río Guaricongo-Los Caribes

En esta parte debemos identificar las unidades geológicas que están presentes en la subcuenca del río Guaricongo-Los Caribes.

De acuerdo a los estudios que se han realizado en esta subcuenca se pudo comprobar las unidades geológicas que conforman el área de estudio y estas son: Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

El complejo de Imataca se encuentra dentro de la Provincia de Imataca que conforma las rocas más antiguas de la Guayana Venezolana.

La Formación Mesa representan los sedimentos mas jóvenes que cubren parte del territorio nacional, y de la disgregación de los materiales que conforman esta Formación se reconoce los Sedimentos Recientes.

#### 4.5 Análisis de las características físico-químicas y bacteriológicas del río Guaricongo-Los Caribes

Para realizar estos análisis debemos tomar en cuenta ciertos parámetros físicos químicos y bacteriológicos; de acuerdo a los resultados que se obtuvieron tanto en la época de lluvia como en la época de sequía, se procedió al análisis e interpretación de cada parámetro y finalmente se realizó la comparación de los valores en las épocas ya mencionadas para luego verificar que los diferentes valores obtenidos estén dentro de los límites permisibles que están publicados en el Decreto Ejecutivo 883.

#### 4.6 Descripción de los focos de contaminación

Aquí describiremos las fuentes de contaminación que afectan las aguas de la subcuenca Guaricongo-Los Caribes, mediante esto se realizaron los estudios pertinentes que permitieron identificar que las causas de dicha contaminación están influenciadas en las actividades que el hombre realiza a diario en las aguas o cerca de las aguas de la subcuenca en estudio, estas actividades producen un gran desequilibrio ambiental que traen consecuencias negativas que impiden que estas aguas puedan

tener la pureza que las caracteriza en su estado natural y por esta razón no puedan ser consumidas por el ser humano.

#### 4.7 Comparación de las características químicas de los sedimentos del río Guaricongo-Los Caribes

Para realizar la comparación de las características químicas de los sedimentos en esta subcuenca tomaremos en cuenta los resultados que se obtuvieron en las investigaciones anteriores que realizaron Castillo-Castillo en el 2005 en época de lluvia, y la de Amundaray-Macallums en el 2010 en época de sequía mediante estos resultados realizaremos las comparaciones y observaremos cuales son los cambios que se originan en los valores de los sedimentos en las diferentes épocas del año y las unidades geológicas a que pertenecen.

#### 4.8 Comparación de los valores de índice de calidad del agua (I.C.A) del río Guaricongo-Los Caribes

Mediante los resultados que se obtuvieron en los valores de índice de calidad del agua (I.C.A) en la subcuenca Guaricongo-Los Caribes en las estaciones que se escogieron en estudios anteriores en las épocas de lluvia y sequía realizaremos las respectivas comparaciones para así poder identificar cual es el estado de las aguas del río y de acuerdo a los valores que obtengamos las aguas se pueden clasificar en media, buena y mala; estos resultados nos permitirá conocer si las aguas son aptas para el consumo del hombre.

#### 4.9 Elaboración de un mapa de índice de calidad de las aguas del río Guaricongo-Los Caribes

Se realizara el mapa de índice de calidad de agua, tomando como referencia el mapa geológico de las cuencas Guaricongo-Los Caribes que se realizó como parte de este trabajo de grado donde primero se realizo un mapa topográfico a escala 1:25.000 indicando en él la red hidrográfica y las fuentes contaminantes.

Este mapa se realizó a escala 1:25.000 y representa el índice de calidad del agua (ICA) de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio siguiendo los parámetros de la National Foundation Sanitation, que realizaron en sus investigaciones Castillo-Castillo en 2005 en época de lluvia y la investigación que realizaron Amundaray-Macallums en 2010 en época de sequía.

En el mapa que se realizó indicaremos las estaciones donde se tomó las muestras de agua e identificaremos mediante colores si en esa zona el agua es de buena, media o mala calidad.

#### 4.10 Plan de recuperación ambiental

Para realizar un plan de recuperación ambiental se debe tomar en cuenta los análisis y comparaciones que ya hemos realizado; de acuerdo a los resultados que obtuvimos de los diferentes parámetros físico-químico y bacteriológicos y de los análisis de índice calidad del agua (I.CA) tendremos la posibilidad de proponer un plan para la recuperación de las aguas de esta subcuenca, y que este plan sea acorde a las necesidades de ese sector y concientizar a las personas de dicho sector a que tengan la disposición de preservar las aguas de este río ya que es de mucha importancia mantener el equilibrio del medio ambiente que los rodea.

## **CAPÍTULO V**

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

#### 5.1 Identificación de las características geológicas del río Guaricongo-Los Caribes

En las áreas de estudio de la subcuenca del río Guaricongo-Los Caribes se reconocieron tres unidades geológicas, que desde la más antigua a la más joven son: Complejo de Imataca, Formación Mesa y Sedimentos Recientes. (Figura 5.1).



Figura 5.1 Formación Mesa y Sedimentos Recientes.

### 5.1.1 Complejo de Imataca

Las características geológicas del Complejo de Imataca en la subcuenca Guaricongo–Los Caribes se destaca por un relieve de lomas, cubiertos por regolitos y la Formación Mesa, lo cual dificulta el afloramiento de dicho complejo; también constituyen bloques y peñones fracturados y meteorizados, escasos bloques de cuarcitas ferruginosas muy meteorizados, afloramientos con fuertes plegamientos presentes en el sector Guaricongo y gneises graníticos, con bandas de pegmatitas y vetas de cuarzo, en el sector Los Caribes. A través de los análisis macroscópicos realizados a dos muestras de rocas (En Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005) recolectadas aguas debajo de la intercepción de los morichales Guaricongo–Los caribes, en el sector Los Chorros, se determinó lo siguiente: La primera muestra, la más importante por pertenecer a el afloramiento mas representativo del Complejo Imataca, presentó estructuras geológicas tales como: fallas de rumbo N45°E, plano de fallas con rumbo N40°E y buzamiento vertical paralelo a la alineación gnéisica del Complejo Imataca. Determinaron que la roca es un gneis cuarzo feldespático, texturalmente es una roca alterada, dura y homogénea, color rosado con tonos amarillo rojizo y una costra delgada ferruginosa, la granulometría va desde granos de tamaño medio a fino, los minerales presentes son feldespato potásico, cuarzo, micas biotitas, anfíboles y alteración de minerales a sericita.

En la segunda muestra pudieron determinar que es cuarcita ferruginosa, físicamente se presenta como una roca dura, fresca con bandeamiento bastante lateritizado, bien orientado homogénea de grano fino, con una costra ferruginosa delgada. Se observaron en pequeños bloques dispersos en la superficie con forma rectangular y además presentan plegamiento. Los

suelos residuales producto de la descomposición de las rocas del Complejo de Imataca se destacan por su coloración característica, moteados, que presentan vetas de cuarzo meteorizadas con un espesor aproximado de unos 3 cm hasta 20 cms.

El afloramiento en cuestión esta altamente fracturado en bloques colocados en diferentes forma debido al tectónismo al cual ha sido sometido.

También se encuentran sedimentos residuales color rojo ladrillo, lo cual indica la alteración de los feldespatos provenientes de las rocas de composición granítica del Complejo de Imataca.

#### 5.1.2 Formación Mesa

La presencia de la Formación Mesa en la subcuenca de los morichales Guaricongo–Los Caribes esta representada por secuencias de capas horizontales y subhorizontales de gravas, arenas, limos y arcillas, que varían de espesor.

La Formación Mesa se depositó discordantemente sobre rocas precámbricas, como lo indican las secciones observadas en distintos lugares en el área estudiada, que evidencia el contacto entre los sedimentos de dicha formación y el Complejo de Imataca.

De acuerdo a la columna litológica (En Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005), identificaron tres secciones: Sección superior: esta constituida por arenas limosas, de color marrón, mal escogidas, de 50 a 60 cm de espesor de capa, con elementos líticos de grava.

Sección intermedia: constituida por una capa de grava, de 2 cm de espesor, con elementos líticos redondeados a subredondeados.

Sección inferior: constituida por arena limosa, de color ocre a marrón, de 1,30 metros de espesor de capa, con grava cuarzosa de tamaños que alcanzan los 3 cm de diámetro o dispersa en toda la capa.

### 5.1.3 Sedimentos Recientes

Los Sedimentos Recientes en la subcuenca Guaricongo–Los Caribes, estos se localizan en las márgenes y en el fondo de los morichales estudiados, los cuales fueron transportados por los ríos Los Caribes y Guaricongo en suspensión y saltación.

Litológicamente están constituido por arena de grano fino y material en suspensión y saltación y material de arcilla pobremente cementado color gris y en algunos casos se observan fragmentos de gravas que van de color blanco a crema.

## 5.2 Análisis de las características físico–químicas y bacteriológicas del río Guaricongo–Los Caribes

### 5.2.1 Parámetros físicos

Los resultados de los parámetros físicos determinados para cada una de las muestras colectadas en la subcuenca de los morichales Guaricongo–Los Caribes en época de sequía y en época de lluvia, se presentan en la tabla 5.5 y se analizan a continuación.

5.2.1.1 Turbidez: según los resultados presentados en la tabla 5.5, los valores obtenidos de turbidez para la época de sequía varían de 36,67 a 50 UNT, mientras que para la época de lluvia oscilan entre las 15 y 20 UNT, presentándose una variación aproximada en los valores de turbidez entre ambas épocas de 30 UNT. Los valores de la época de sequía se encuentran fuera del límite permisible ( $< 25$  UNT) establecido

en el Decreto Ejecutivo 883 “Normas Para La Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos” especialmente en la estación Nro. 4 los chorros, existe esa diferencia por la descarga de materia orgánica y minerales en suspensión como arcillas, limos y derivados orgánicos. Los valores de la época de lluvia se encuentran dentro del límite permisible ( $< 25$  UNT) que establece el Decreto Ejecutivo 883 “Normas Para La Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos”.

El aumento en los valores de turbidez para la época de lluvia se debe a que en esta época el morichal presentó mayor cantidad de materia mineral u orgánica en suspensión como: arcillas, limos y materia orgánica, con respecto a la época de sequía.

Tabla 5.5 Parámetros Físicos, determinados de la cuenca Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia. (Realizado por: Amundaray y Obed Macallums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005).

Época	Parámetros	Estación					Decreto Ejecutivo 883
		1 Guaricongo	2 Esc. Militar	3 El Brujo	4 Los Chorros	5 Desembocadura	
Sequía	Turbidez (UNT)	36,67	38,83	48,83	50	41,67	<25 UNT
	Temperatura Ambiente (°C)	27	27	28	28	28	
	Temperatura del Agua (°C)	25	25	26	26	26	
Lluvia	Turbidez (UNT)	15	20	20	15	15	<25 UNT
	Temperatura Ambiente (°C)	26	29	26,7	27	27,6	
	Temperatura del Agua (°C)	28	28	27	29	28	

5.2.1.2 Temperatura ambiente: para la época de sequía la temperatura estuvo entre los 27 y 28 grados Celsius hay que tomar en cuenta el período de la toma de dicha temperatura siendo este de 9:00 AM a 2:00 PM. Y para la época de lluvia oscila entre los 26 y 27 grados Celsius, observándose un descenso de temperatura de aproximadamente 5 grados para esta época, debido a que en esta época del año las temperaturas ambientales tienden a disminuir a causa de las precipitaciones ocurridas que originan un aumento en el % de humedad.

5.2.1.3 Temperatura del agua: durante la época de sequía las mediciones de temperatura del cuerpo de agua tuvo un mínimo de 25 grados Celsius y un máximo de 26 grados Celsius y para la época de lluvia se registró un mínimo de 27 y un máximo de 29 grados Celsius. La variación en los valores de la temperatura del agua entre ambas épocas fue aproximadamente de 1 a 3 grados.

Es importante señalar que en las zonas donde la temperatura del agua suele aumentar es debido a la presencia del encuentro de la cuenca Guaricongo y Los Caribes, y a las descargas de aguas residuales provenientes de fincas cercanas.

## 5.2.2 Parámetros químicos

Analizando los valores de los diferentes parámetros químicos obtenidos en la cuenca Guaricongo–Los Caribes para las épocas de sequía y lluvia, se encontraron los siguientes resultados mostrados en la tabla 5.6.

5.2.2.1 pH: de acuerdo a los datos presentados en la tabla 5.6, los valores de pH en la época de sequía oscilan entre los 5,67 y 6,20 mientras que para la época de lluvia varían de 5,50 a 6,0. La variación en los valores de pH entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 1,3. Los valores, tanto para el período de sequía como para el período de lluvia, se encuentran dentro de los límites permisibles (mínimo 6 y

máximo 8,5) del Decreto Ejecutivo 883. Según estos valores podemos concluir que las aguas de este cauce son acidas, midiendo los valores más altos de pH durante la época de sequía. La acidez de las aguas está asociada al material lixiviado proveniente de los canales de descargas al cauce de los morichales y al aporte de minerales proveniente de los sedimentos de la Formación Mesa.

5.2.2.2 Oxígeno disuelto (OD): para la época de sequía se registraron valores mínimos de 1,94 y 2,12 mg/L en las estaciones, 1 y 2 respectivamente y valores máximos de 2,25, 2,21 y 2,31 mg/L en las estaciones 3, 4 y 5 respectivamente, mientras que para la época de invierno se registraron valores que oscilan de 1,10 mg/L a 4,45 mg/L. Los valores mínimos en ambas estaciones se encuentran por debajo del rango permitido ( $> 4$  mg/L) según el Decreto Ejecutivo 883, mientras que los valores máximos para ambas épocas se encuentran dentro de lo permisible. Los valores en las estaciones 1, 2 y 3 para la época de sequía y los valores en las estaciones 1, 2, 3 y 4 para la época de invierno son mínimos y son indicadores de la falta total de oxígeno en esas zonas y se debe a la abundante presencia de compuestos orgánicos (Ramas, hojas, etc) que al biodegradarse ocasionan el consumo de oxígeno disuelto para el propio sistema.

5.2.2.3 Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_{5,20}$ ): en la tabla 5.6, los valores para la época de sequía varían de 25 a 33,33 mg/L, mientras que para la época de lluvia oscilan de 0,35 a 0,58 mg/L. La variación en los valores de  $DBO_{5,20}$  entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 24,65 a 32,75 mg/L. Se puede observar que los valores de  $DBO_{5,20}$  en época de sequía son mayores que en la época de lluvia y esto se debe a la cantidad de descargas de aguas negras, presencia de desechos sólidos y materia orgánica en descomposición durante la época de sequía.

5.2.2.4 Nitratos ( $NO_3$ ): para la época de sequía los valores oscilan de 1,45 mg/L a 3,24 mg/L y para la época de lluvia los valores oscilan de 0,30 mg/L a 0,50 mg/L. La

variación en los valores de nitratos entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 1,15 a 2,74 mg/L. Los valores tanto para la época de sequía y para la época de lluvia son permisibles ya que no superan el límite máximo (10 mg/L) publicado en el Decreto Ejecutivo 883.

El aumento en la concentración de nitratos en la época de sequía se puede asociar a un aumento en la descomposición de materia orgánica (hojas, ramas, etc.), al arrastre de sedimentos contaminantes y a una mayor concentración de aguas servidas en el cauce del río.

5.2.2.5 Fosfatos ( $\text{PO}_4$ ): los valores de fosfatos para la época de sequía registran un mínimo de 0,27 mg/L y un máximo de 0,34 mg/L, mientras que para la época de lluvia se registro un mínimo de 0,08 mg/L y un máximo de 0,10 mg/L. La variación en los valores de fosfatos entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 0,19 a 0,24 mg/L. El aumento de los valores en la época de sequía se debe al aporte de descargas de aguas negras y a los procesos de lixiviación y meteorización de rocas portadoras de fósforos que proceden de la erosión del suelo.

5.2.2.6 Alcalinidad ( $\text{CaCO}_3$ ): en la época de sequía el valor mínimo y máximo de alcalinidad registrado fue de 5,33 a 6,67 mg/L respectivamente, mientras que para la época de lluvia el valor de alcalinidad se mantuvo constante en 10 mg/L para todas las estaciones.

La variación de los valores de alcalinidad entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 4,67 a 3.33 mg/L. Se puede apreciar un aumento en los valores durante la época de lluvia y se debe a una mayor reacción del dióxido de carbono con los metales básicos presentes en el suelo durante esta época.

5.2.2.7 Dureza ( $\text{CaCO}_3$ ): los valores de dureza observados en la tabla 5.6 para la época de sequía se encuentra en un rango de 8 mg/L a 11,33 para todas las estaciones en estudio, mientras que para la época de lluvia oscilan entre los 12 mg/L y los 14 mg/L.

La variación en los valores de dureza entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 4 mg/L a 2,67 mg/L. Desde el punto de vista de la calidad de las aguas estos valores son mínimos y permisibles ya que se encuentran dentro del límite (500 mg/L) publicado en el decreto 833. De acuerdo con los valores presentados, estas aguas se clasifican como blandas, debido a que presentan valores inferiores a los 50 mg/L, de acuerdo a la “Clasificación de las aguas según el grado de dureza”. En la mayoría de los ríos de Venezuela, la dureza se debe al calcio, magnesio, hierro y manganeso.

5.2.2.8 Cloruros (Cl): para la época de sequía los valores de cloruros fue de 32,33 mg/L a 41,67 mg/L, mientras que para la época de lluvia los valores están comprendidos entre los 26 mg/L y 48 mg/L.

La variación de los valores de cloruros entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 6,33 mg/L. Los valores en ambas épocas son aceptables porque se encuentran por debajo del límite máximo (600 mg/L) publicado en el Decreto Ejecutivo 883 de Gaceta Oficial N° 5.021 extraordinario 1995. El aumento de los valores en la época de lluvia y sequía es asociada a un aumento en el aporte de aguas servidas.

5.2.2.9 Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ): los valores del elemento calcio registrados en la tabla 5.6 para la época de sequía se encuentran en el intervalo de 0,03 mg/L a 0,83 mg/L, mientras que para la época de lluvia el rango varía de 3,00 mg/L a 3,58 mg/L. La variación de los valores de calcio entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 2,97 a

2,75 mg/L El aumento de los valores de calcio en la época de lluvia se debe al mayor volumen de agua descargadas a través de los canales que llegan al cauce de la cuenca.

5.2.2.10 Magnesio ( $Mg^{++}$ ): los valores de magnesio registrados en la tabla 5.6 para la época de sequía tiene un mínimo de 3,26mg/L para la estación 1 (Guaricongo) y un máximo de 4,61 mg/l para la estación 2 (Escuela Militar), mientras que para la época de lluvia se registro un mínimo de 1,72 mg/L para la estación 1 (Güaricongo) y un máximo de 2,01 mg/L para las estaciones 2 (Escuela Militar) y 5 (Desembocadura).

La variación en los valores de magnesio entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 1,54 a 2,6 mg/L. Los valores de ambas épocas se encuentran dentro del rango normal ya que están muy por debajo del límite máximo (70 mg/L) publicado en el Decreto 883. El aumento de magnesio en la época de sequía se debe a un mayor aporte de sedimentos ricos en magnesio.

5.2.2.11 Hierro ( $Fe^{++}$ ): el rango de valores del elemento hierro para la época de sequía se mantiene constante en los 0,01 mg/L para las estaciones 1, 2, 4 y 5 y 0,02 mg/L para la estación 3, mientras que para la época de lluvia los valores se mantienen constante en los 0,01 mg/L para todas las estaciones.

La variación en los valores de hierro entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 0,01 mg/L. El límite máximo establecido en el Decreto Ejecutivo 883 de Gaceta Oficial N° 5.021 extraordinario 1995 es de 1,0 mg/L, por lo que los valores registrados son permisibles. El aumento de este elemento en la época de sequía es probablemente debido a un mayor aporte de sedimentos a lo largo de toda la subcuenca.

5.2.2.12 Sólidos suspendidos (SS): la cantidad de sólidos suspendidos para la estación de sequía tuvo un máximo de 675 mg/L y un mínimo de 140 mg/l, mientras que para la estación de lluvia se registro un máximo de 402 mg/L y un mínimo de 175 mg/L.

La variación en los valores de SS entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 273 a 35 mg/L. El aumento de sólidos suspendidos en la época de sequía se debe a la acumulación de contaminantes, sedimentos y sólidos que son arrastrados a través del cause hasta la naciente. Los valores en ambas épocas son aceptables ya que no superan el límite máximo (1500 mg/L) del Decreto Ejecutivo 883.

5.2.2.13 Sólidos totales (ST): para la estación de sequía los valores oscilan de 217,67 mg/L a 305 mg/L, mientras que para la estación de lluvia varían de 218 mg/L a 440 mg/L. La variación en los valores de ST entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 0.33 mg/L a 135 mg/L.

El aumento de sólidos totales en la época de sequía se debe a la acumulación de contaminantes, sedimentos y sólidos que son arrastrados a través del cause hasta la naciente. Los valores en ambas épocas son aceptables ya que no superan el límite máximo (1300 mg/L) del Decreto Ejecutivo 883.

5.2.2.14 Sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ): el intervalo de valores de sulfatos para la época de sequía varia de 21 mg/L a 0,01 mg/L, mientras que para la época de lluvia se registra una variación de 14 mg/L a 20 mg/L. La variación en los valores de sulfatos entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 1 a 13,99 mg/L.

De acuerdo con el Decreto 883 el cual estipula un límite máximo de sulfatos de 400 mg/l, los valores obtenidos en ambas épocas se encuentran en el rango de normalidad. El aumento de los valores en la época de sequía con respecto a la de lluvia

se debe a las constantes descargas de aguas negras y materia orgánica en descomposición al cauce del río.

5.2.2.15 Demanda química de oxígeno (DQO): los valores registrados en la tabla 5.6 para la época de sequía varia de 0,48 mg/L a 0,78 mg/L, mientras que para la época de lluvia varia de 0,38 mg/l a 0,62 mg/L. La variación de los valores de DQO entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 0,10 a 0,16 mg/L El aumento de los valores en la época de sequía se debe al aporte de minerales depositados en el cauce de la cuenca y a la materia orgánica arrastrada por el agua residual. (Tabla 5.6).

Tabla 5.6 Parámetros químicos, determinados en la cuenca Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia.  
(Amundaray y Obed Macalums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005).

Época	Parámetros	Estación					Decreto Ejecutivo 883
		1 Guaricongo	2 Esc. Militar	3 El Brujo	4 Los Chorros	5 Desembocadura	
Sequía	pH	5,67	5,95	5,91	6,15	6,20	Mínimo 6 y máximo 8,5
	OD (mg/L)	1,94	2,12	2,25	2,21	2,31	>4 mg/L
	DBO (mg/L)	28,67	29,33	29,33	30,33	25,00	
	NO <sub>3</sub> (mg/L)	1,45	2,20	2,28	3,20	3,24	10 mg/L
	PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,27	0,28	0,30	0,30	0,34	
	Álcalis (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	5,33	6,67	5,33	6,67	6,67	
	Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	8	10,67	10,67	11,33	11,33	500 mg/L
	Cl (mg/L)	32,33	32,33	33,67	37,67	41,67	600 mg/L
	Ca <sup>++</sup> (mg/L)	0,70	0,83	0,03	0,03	0,03	
	Mg <sup>++</sup> (mg/L)	3,26	4,61	4,16	4,49	4,41	70 mg/L
	Fe <sup>++</sup> (mg/L)	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	1,0 mg/L
	SS (mg/L)	140	375	675	145	130	1500 mg/L
	ST (mg/L)	217,67	225,33	229,67	233	305	1500 mg/L
	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/L)	8	10	21	0,01	0,01	400 mg/L
DQO (mg/L)	0,60	0,78	0,48	0,73	0,70		

Continuación Tabla 5.6.

Lluvia	pH	5,50	5,56	5,70	5,86	6,00	Mínimo 6 y máximo 8,5
	OD (mg/L)	2,10	3,40	1,10	3,80	4,45	>4 mg/L
	DBO (mg/L)	0,58	0,40	0,47	0,49	0,35	
	NO <sub>3</sub> (mg/L)	0,48	0,37	0,50	0,42	0,30	10 mg/L
	PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10	
	Álcalis (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	10	10	10	10	10	
	Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	12	14	12	13	14	500 mg/L
	Cl (mg/L)	26	48	35	42	47	600 mg/L
	Ca <sup>++</sup> (mg/L)	3,07	3,58	3,00	3,00	3,58	
	Mg <sup>++</sup> (mg/L)	1,72	2,01	1,75	1,73	2,01	70 mg/L
	Fe <sup>++</sup> (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,0 mg/L
	SS (mg/L)	175	402	279	279	207	1500 mg/L
	ST (mg/L)	218	440	303	303	232	1300 mg/L
	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/L)	14	14	20	18	16	400 mg/L
	DQO (mg/L)	0,62	0,60	0,38	0,49	0,52	

### 5.2.3 Características bacteriológicas

Los resultados de los análisis bacteriológicos mostrados en la tabla 5.7, realizados a las aguas de las cuencas Guaricongo – Los Caribes para la época de sequía y lluvia, demuestran la presencia de grupos de coliformes fecales en los coliformes totales encontrados para cada uno de los puntos de muestreo. (Tabla 5.7).

5.2.3.1 Coliformes totales: en la tabla 5.7 se encuentran registrados los valores de coliformes totales para la época de sequía la cual varía de 170 NMP/100 ml como valor máximo en la estación 3 (El brujo) a 430 NMP/ 100 ml como valores mínimos en las estaciones 4 (Los Chorros) y 5 (Desembocadura), mientras que para la época de lluvia los valores varían de 350 NMP/100 ml como valor máximo en la estación 3 (El brujo) y 95 NMP/100 ml en la estación 5 (Desembocadura).

La variación en los valores de coliformes totales entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 180 a 335 NMP/100 ml.

El aumento en la época de sequía y lluvia se debe a la carga de desechos sólidos, materia orgánica en descomposición, descarga de aguas negras y residuales a las cuencas. De acuerdo al Decreto 883, se encuentran por debajo de los límites permisibles siendo este menor de 1000 NMP/100 ml.

5.2.3.2 Coliformes fecales: los valores de coliformes fecales para la estación de sequía varían de 1,8 NMP/100 ml a 3,6 este último a partir de la estación 3 (El brujo), estación 4 (Los chorros) y la estación 5 (desembocadura) y para la época de lluvia los valores oscilan de 6,8 NMP/100 ml en la estación 3 (El brujo) a 1,8 NMP/100 ml en las estaciones 2 (Escuela Militar) y 4 (los Chorros).

La variación en los valores de coliformes fecales entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 5 a 1,8 NMP/100 ml. La presencia de coliformes fecales indica contaminación cloacal y el aumento de los valores en la época de sequía se debe al aumento en el vertido de aguas negras en el cauce del río. Estos valores se encuentran por debajo del límite máximo establecido en el Decreto 883 el cual es 1000 NMP/100 ml y 100 NMP/100 ml, por lo cual son valores permisibles. (Tabla 5.7).

### 5.3 Descripción de los focos de contaminación de los morichales Guaricongo-Los caribes

Las fuentes de actividades antrópicas evidenciadas de la subcuenca del río Guaricongo – Los Caribes se describen en la tabla 5.8.

#### 5.3.1 Industrias avícolas, granjas y fundos

Las aguas servidas son las utilizadas o procedentes de una comunidad, industria, granja u otro establecimiento, con contenido de materiales disueltos y suspendidos. Las cuencas Los Caribes y Guaricongo reciben constantemente aporte de aguas servidas provenientes de la industria avícola (Proagro), ubicada en el barrio Los Caribes. Esta empresa tiene lagunas de oxidación y de sedimentación, pero es la que aporta mayor cantidad de desechos sólidos y líquidos (plumas, grasas, sangre, etc.); así como también las granjas y fundos que se encuentran en las adyacencias de los morichales.

Tabla 5.7 Parámetros bacteriológicos, determinados en las cuencas Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia. (En Amundaray y Obed Macallums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005).

Época	Parámetros	Estación					Decreto Ejecutivo 883
		1 Güaricongo	2 Esc. Militar	3 El Brujo	4 Los Chorrros	5 Desembocadura	
Sequía	Coliformes Fecal (NMP/100ml)	1,8	1,8	3,6	3,6	3,6	1000 NMP/100ml y 100 NMP/100ml
	Coliformes Total (NMP/100ml)	170	220	340	430	430	1000 NMP/100ml y 100 NMP/100ml
Lluvia	Coliformes Fecal (NMP/100ml)	<2	1,8	6,8	1,8	<2	1000 NMP/100ml y 100 NMP/100ml
	Coliformes Total	140	280	350	280	95	1000 NMP/100ml

	(NMP/100m l)						0ml y 100 NMP/10 0m
--	-----------------	--	--	--	--	--	------------------------------

5.3.2. Viviendas: las áreas despejadas de los cuerpos de agua generalmente son utilizadas como botaderos de basura, los cuales son lanzados de manera indiscriminada por personas que habitan en las zonas aledañas.

Tabla 5.8 Fuentes de contaminación de las subcuenca de la cuenca Guaricongo–Los Caribes.

<b>Río</b>	<b>Tipo de fuentes</b>	<b>Características</b>
Guaricongo – Los Caribes	Industria avícola	Aportan aguas servidas, plumas, sangre, grasas, materia orgánica, detergentes.
	Granjas, fundos y cultivos	Aguas servidas, desechos sólidos, fertilizantes, detergentes, grasas.
	Viviendas	Aguas negras, desechos sólidos, detergentes.
	Centros de hechicería	Aceites, productos químicos, sustancias inflamables, pólvora, aguas servidas, etc.

En las observaciones de campo realizadas en los morichales estudiados, se constató la presencia de desechos sólidos como: papeles, plásticos, vidrios, chatarra, etc.

Las comunidades que se encuentran en las cercanías de los morichales, por no poseer un adecuado sistema de cloacas, vierten hacia el cauce de los morichales las aguas residuales producidas por ellas.

La mayoría de los desechos domésticos están formados por una gran cantidad de contaminantes como las sustancias orgánicas en dilución y suspensión, además de iones y compuestos inorgánicos, estos se originan de las descargas de los barrios adyacentes al área de estudio.

Debido a que estos asentamientos marginales no cuentan con sistemas de recolección, por lo tanto sus aguas negras tienen como destino final los cuerpos de aguas cercanos, y los que no descargan directamente hacia los morichales, en épocas de lluvia estos desechos son arrastrados en cierta proporción al canal de los morichales por escorrentía de aguas pluviales.

#### 5.4 Parámetros químicos de los sedimentos del río Guaricongo–Los Caribes

El resultado del análisis químico realizado a los sedimentos colectados del lecho del río Guaricongo – Los Caribes para las épocas de sequía y lluvia, se presenta señalados en la tabla 5.9.

Tabla 5.9 Parámetros químicos de los sedimentos colectados en el río Guaricongo– Los Caribes en época de sequía y lluvia. (En Amundaray y Obed Macallums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005).

Época	Parámetros	Estación				
		1 Güaricongo	2 Esc. Militar	3 El Brujo	4 Los Chorros	5 Desembocadura
Sequía	SiO <sub>2</sub> (mg/Kg)	918900	921700	931800	934900	937200
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg/Kg)	21600	27500	26900	23800	24700
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg/Kg)	31800	32600	35400	31700	32700
	CaO (mg/Kg)	1000	800	1000	900	1000
	MgO (mg/Kg)	500	400	500	800	900
	Na <sub>2</sub> O (mg/Kg)	1100	1300	1000	1200	1200
	K <sub>2</sub> O (mg/Kg)	800	700	600	800	700
	MnO (mg/Kg)	500	500	600	500	500

Continuación Tabla 5.9.

Lluvia	SiO <sub>2</sub> (mg/Kg)	92,30	93,75	94,06	94,72	74,86
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg/Kg)	2,58	2,96	2,34	2,18	2,01
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg/Kg)	3,75	3,14	2,98	3,07	2,76
	CaO (mg/Kg)	0,010	0,008	0,009	0,010	0,009
	MgO (mg/Kg)	0,005	0,007	0,005	0,006	0,007
	Na <sub>2</sub> O (mg/Kg)	0,003	0,002	0,003	0,002	0,004
	K <sub>2</sub> O (mg/Kg)	0,006	0,010	0,003	0,005	0,006
	MnO (mg/Kg)	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002

### 5.3.1 Sílice (SiO<sub>2</sub>)

Los valores presentados en la tabla 5.9 muestran para la época de sequía un rango de valores que varía de 918.900 mg/Kg a 937.200 mg/Kg, y para la época de lluvia el rango de valores varía de 74,86 mg/Kg y 94,72. La variación de los valores de sílice entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 843.34 mg/Kg a 842.48 mg/Kg. Se observa un aumento de sílice en la época de sequía que puede deberse al aumento en los procesos de erosión de las rocas del Complejo de Imataca y la Formación Mesa y con ello un aumento en el transporte de sedimentos ricos en sílice hacia el cauce del río.

### 5.3.2 Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Para la época de sequía los valores obtenidos de aluminio, mostrados en la tabla 5.9, varían de 21.600 mg/Kg a 26.900 mg/Kg, y para la época de invierno se muestra una variación de 2,01 mg/Kg a 2,96 mg/Kg. La variación de los valores de aluminio entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 19,59 mg/Kg a 23,94 mg/Kg. Se observa un ligero aumento en los valores de aluminio durante la época de lluvia y la época de sequía y esto puede deberse a un mayor transporte, debido a las aguas pluviales, de sedimentos ricos en aluminio provenientes de la erosión de las rocas del Complejo de Imataca hacia el cauce del río.

### 5.3.3 Hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Los valores de óxido de hierro obtenidos a través del análisis químico de los sedimentos para la época de sequía oscilan de 31,700 mg/Kg a 35,400 mg/Kg, mientras que para la época de lluvia los valores oscilan de 2,76 mg/Kg a 3,75 mg/Kg. La variación de los valores de hierro entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 28,94 mg/Kg a 31,65 mg/Kg. Se observa un aumento de hierro en la época de lluvia y puede deberse a que se produce un aumento, con relación a la época de sequía, en la descomposición de las rocas del Complejo Imataca y la Formación Mesa; que se caracterizan por ser ricas en hierro. La abundancia de materia orgánica también produce la disolución de hierro.

### 5.3.4 Calcio ( $\text{CaO}$ )

Los valores de óxido de calcio en la época de sequía se encuentran en un rango de 800 mg/Kg a 1000 mg/Kg, y para la época de lluvia se encuentran en un rango de 0,008 mg/Kg a 0,10 mg/Kg. De acuerdo al rango de valores observados para ambas épocas, se puede apreciar que los valores se mantienen casi constante, y la presencia

del elemento calcio en el río se puede deber a la presencia de bicarbonato y a la acción del dióxido de carbono sobre los metales básico, interpretándose como producto del lavado y transporte por disolución de estos elementos provenientes del Complejo Imataca y la Formación Mesa.

#### 5.3.5 Magnesio (MgO)

Los valores de magnesio registrados en la tabla 5.9 para la época de sequía muestran un mínimo de 0,04 mg/Kg en la estación 5 (Desembocadura) y un máximo de 0,09 mg/Kg en la estación 1 (Guaricongo) y para la época de lluvia muestran un mínimo de 0,005 mg/Kg para las estaciones 1 (Guaricongo) y 3 (El brujo) y un máximo de 0,007 mg/Kg para las estaciones 2 (Escuela Militar) y 5 (Desembocadura). La variación de los valores de magnesio entre la época de sequía y lluvia es aproximadamente de 0,035 mg/Kg a 0,083 mg/Kg. Se observa un ligero aumento en los valores de magnesio durante la época de lluvia y esto puede deberse que en esta época, la presencia de iones de magnesio proveniente de los silicatos es alta en comparación a la presencia de estos iones durante la época de sequía.

#### 5.3.6 Sodio (Na<sub>2</sub>O) y Potasio (K<sub>2</sub>O)

Para la época de sequía los valores máximo de sodio y potasio son de 1.300 mg/Kg en la estación 2 (Escuela Militar) y de 800 mg/Kg en la estación 1 (Sector Guaricongo) y estación 4 (los Chorros) y un valor mínimo para el sodio de 1000 mg/Kg y 600 mg/Kg para el potasio en la estación 3 (el brujo) y para la época de lluvia los valores máximo de sodio y potasio son de 0,004 mg/Kg en la estación 5 (Desembocadura) y 0,006 mg/Kg para la misma estación respectivamente. La presencia de estos elementos en los morichales se puede deber a que los suelos de las zonas cercanas a lo morichales son ricos en estos elementos ya que forman parte del Complejo de Imataca y la Formación Mesa.

### 5.3.7 Manganeseo (MnO)

Los valores de manganeseo para la época de sequía varían de 500 en la estación 1 (Sector Guaricongo), en la estación 2 (Escuela Militar) y la estación 4 (Los Chorros) y 600 mg/Kg en la estación 3 (El Brujo) y la estación 5 (desembocadura); y para la época de lluvia los valores varían de 0,001 a los 0,002 mg/Kg. La variación de los valores de manganeseo entre la época de sequía y lluvia es de y la presencia de este elemento en el cuerpo de agua se debe a la presencia en el área de suelos arcilloso y altamente meteorizado. Se interpreta que el ion manganeseo proviene de los óxidos de los silicatos.

## 5.5 Comparación de los valores de índice de calidad de las aguas (I.C.A) en el río Guaricongo–Los Caribes

Los resultados obtenidos de los I.C.A. para las aguas de las cuencas Guaricongo–Los Caribes en época de sequía y época de lluvia, se reflejan en la tabla 5.10.

### 5.5.1 Estación N° 1 (Guaricongo)

El índice de calidad para la estación de sequía presenta un valor de 59,35, lo que indica una calidad media de la cuenca, mientras que para la época de lluvia el valor calculado de I.C.A es de 63,71, lo que indica una calidad media del cuerpo de agua. La variación en los valores de índice de calidad de las aguas entre las épocas de sequía y lluvia es aproximadamente de 4,36. Se puede observar que la calidad del agua en esta estación mejora en la época de lluvia y se debe a que el valor de oxígeno disuelto para la época de lluvia es mayor con una concentración de 2,10 mg/L con respecto a la concentración de oxígeno disuelto en la época de sequía de 1,19 mg/L debido a la alta cantidad de compuestos orgánicos que al biodegradarse ocasionan el

consumo de oxígeno disuelto. Mientras mayor es la cantidad de oxígeno disuelto en las aguas mayor es la salud del río. En esta estación la corriente es casi inexistente y hay abundancia de materia orgánica.

Tabla 5.10 Valores de I.C.A. obtenidos en las cuencas Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia. (En Amundaray y Obed Macalums, en 2010 y Mayra Castillo y Misay Castillo, en 2005).

Época	Parámetros	Estación				
		1 Guaricongo	2 Esc. Militar	3 El Brujo	4 Los Chorros	5 Desembocadura
Sequía	I.C.A.	59,35	59,59	57,93	57,55	57,52
	Clase	Media	Media	Media	Media	Media
Lluvia	I.C.A.	63,71	78,78	55,36	81,13	80,30
	Clase	Media	Buena	Media	Buena	Buena

#### 5.5.2 Estación N° 2 (Escuela Militar)

De acuerdo a los valores registrados en la tabla 5.11, para la época de sequía el índice de calidad es de 59,59 y se puede clasificar como media la calidad del agua, mientras que para la época de lluvia el índice calidad es de 78,78 lo que implica una buena calidad de las aguas para esta época. . La variación en los valores de índice de calidad de las aguas entre las épocas de sequía y lluvia es aproximadamente de 19,19. Se observa como mejora la calidad del agua en la época de lluvia y se debe a que la concentración de oxígeno disuelto en época de sequía es de 1,03 mg/L aumentando su valor en época de lluvia a 3,40 mg/L, lo que explica la mejora en la calidad del agua. En sequía se registro una Demanda Bioquímica de Oxígeno de 3,09 mg/L producto

de la presencia de materia orgánica y de desechos de los fundos cercanos; lo que explica que la calidad sea media durante la época de sequía.

#### 5.5.3 Estación N° 3 (El Brujo)

Para la época de sequía se obtuvo un valor de 57,93 lo que implica una calidad media del agua en este punto y para la estación de lluvia se obtuvo un valor de 55,36 y la calidad del agua se clasifica como media. La variación en los valores de índice de calidad de las aguas entre las épocas de sequía y lluvia es aproximadamente de 2,57. Nuevamente hay una mejor calidad de agua en la época de lluvia. La calidad media del agua en la época de sequía puede explicarse por la baja concentración de oxígeno disuelto presente (0,95 mg/L) con respecto a la época de lluvia en donde se registro una concentración de oxígeno disuelto de 1,10 mg/L. Tanto para las épocas de sequía y lluvia se registraron altas concentraciones de sólidos suspendidos con valores de 675 mg/L y 715 mg/L respectivamente; producto de la gran cantidad de materia orgánica e inorgánica en este sector del río.

#### 5.5.4 Estación N° 4 (Los Chorros)

De acuerdo a los valores registrados en la tabla 5.11, para la época de sequía se obtuvo un valor de I.C.A. de 57,55 y la calidad del agua se clasifica como media, para la época de lluvia se obtuvo un valor de 80,13 y la calidad de agua es clasificada como buena. La variación en los valores de índice de calidad de las aguas entre las épocas de sequía y lluvia es poca, aproximadamente de 22,58. En la época de sequía la clase es media y esto es debido la concentración de oxígeno disuelto medida para la época de sequía es de 17 mg/L y para la época de lluvia es de 5,40 mg/L, lo que puede explicar la buena calidad del agua en esta época. Existe una mayor profundidad del río en este sector.

#### 5.5.5 Estación N° 5 (Desembocadura)

Para la época de sequía se obtuvo un valor de 57,52 y la calidad del agua se clasifica como media y para la época de lluvia se obtuvo un valor de I.C.A igual 80,30 lo que indica una buena calidad del agua. La variación en los valores de índice de calidad de las aguas entre las épocas de sequía y lluvia es poca, aproximadamente de 22,78. En la época de sequía la calidad del agua se clasifica como media en este sector del río, en la época de lluvia la calidad del agua es buena, En esta estación la concentración de oxígeno disuelto para la épocas de sequía es de 18 y es por ello que la calidad del agua es media y en la época de invierno es de 4,45 mg/L lo que nos indica que la calidad del agua es buena.

En general, para las estaciones 2, 4 y 5, la calidad de las aguas se considera de media a buena y pueden soportar una alta diversidad de vida acuática, ser usadas en todas las formas de recreación e incluso aquellas que involucran el contacto directo con ellas, mientras que para las estaciones 1 y 3, la calidad de las aguas es media, aunque no esta totalmente contaminada es importante que se realice un plan de saneamiento para poder recuperar totalmente estas zonas del río, para que estas aguas en estas zona sean aptas tanto para el desarrollo de vida acuática como para el contacto directo con el hombre.

#### 5.6 Elaboración del mapa de índice de calidad de agua

Tomando como referencia el mapa geológico de la subcuenca de las cuencas Guaricongo – los Caribes, se realizó como parte de este trabajo de grado un mapa topográfico a escala 1:25.000 indicando en él la red hidrográfica y las fuentes contaminantes. En este mapa se representa el índice de calidad de agua (ICA) de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio siguiendo los parámetros de la National Foundation Sanitation, dichos índices están representados

de acuerdo a una escala gráfica de colores que las clasifica en mala, media y buena para cada una de las estaciones.

En las cinco estaciones donde se llevó a cabo la toma de muestras y en concordancia a los parámetros (físicos, químicos y bacteriológicos) tomados en cuenta para el cálculo del ICA, el agua de las cuencas Guaricongo –Los Caribes fue clasificada como media, lo cual la convierte en no apta para el consumo humano de manera directa que requiere de tratamiento de potabilización, de acuerdo al Decreto 833 sobre las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos.

Los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de mayor relevancia para el cálculo de ICA los mencionamos a continuación: Cambio de temperatura, Oxígeno disuelto, Fosfatos, Nitratos, Demanda bioquímica de oxígeno, Sólidos totales disueltos, Turbidez y PH. Siendo los valores más destacados los correspondientes a oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno con valores entre 1,94- 2,31mg/l y valores entre 25,00 - 30,33mg/l respectivamente. Donde Valores menores a 4mgr/l para el oxígeno disuelto y valores por encima 30 mgr/l para el D.B.O son valores no permisibles e indican contaminación.

Dentro de las fuentes contaminantes presentes en el sector, las cuales son indicadas en el mapa de índice de calidad de las aguas y descritas en la respectiva leyenda tenemos las siguientes:

Industria Avícola (Proagro): empresa dedicada a la cría y comercialización de pollos, otras aves y animales para el consumo humano.

El área de estudio no posee sistema de drenajes de aguas residuales capaz de procesar eficientemente todos los desperdicios que esta empresa produce, es por eso

que ésta posee su propio sistema de tratamiento para sus aguas residuales, el cual incluye lagunas de sedimentación y oxidación. Al mismo tiempo gran parte de los residuos producto de ésta industria no son debidamente procesados, como los desperdicios que generan los trabajadores y personas que cuidan y viven en los galpones que pertenecen a la empresa, así como también los residuos que provienen de camiones que compran y comercializan sus productos. Todos estos desechos son arrojados directamente al suelo (formando en algunos lugares grandes basureros) y cerca del cauce de los morichales, produciendo contaminación al cauce de los morichales y alterando el ecosistema natural en la zona.

Fundos: donde los desechos sólidos y líquidos son arrojados al cauce de la cuenca, dado que son la única fuente de agua cercana. La mayoría de los fundos tienen pozos sépticos generando contaminación al suelo y a los morichales por arrastre de los desechos en época de lluvia, además, las zonas cercana al pozo séptico son utilizadas como basureros, teniendo una gran concentración de desechos sólidos y desechos fecales que llegan a los morichales, aumentando las concentraciones de coliformes fecales e influyendo directamente en la calidad de agua de los mismos.

Viviendas y comunidades muy improvisadas: éstas generan gran cantidad de desechos sólidos y líquidos contaminando el suelo y las adyacencias, así como también contaminan directamente a los morichales, puesto que no cuentan con agua potable, pozos sépticos ni tampoco sistema de drenajes de aguas negras. Muchas veces los habitantes utilizan a los morichales para realizar necesidades fisiológicas dentro o muy cerca al curso de agua, al mismo tiempo que arrojan directamente detergentes, jabones, grasas, combustibles, etc.

La leyenda del mapa además de la escala, fuentes contaminantes y escala gráfica de colores también señala los drenajes de agua de todo el sector bien sean intermitentes o permanentes, la laguna de sedimentación perteneciente a la empresa

Proagro la cual solo sirve para el tratamiento de un porcentaje mínimo de los desechos producidos por dicha empresa. Así como también se hace referencia dentro del mapa y su leyenda de las diferentes vías, límites de cuenca, curvas de nivel, población y estaciones de muestreo con su respectiva numeración y su coloración de acuerdo al índice de calidad obtenido en los resultados de laboratorio. En la figura 5.4 se encuentra el mapa anteriormente descrito y en el anexo 1 encontrándose el mapa a escala 1:25.000.



### 5.7 Propuesta de un plan de recuperación ambiental para las subcuencas de los morichales Guaricongo-Los Caribes

A través de los análisis químicos, físicos y bacteriológicos que fueron realizados a las muestras de agua colectadas en la cuenca Guaricongo – Los Caribes en época de sequía y lluvia, se pudieron determinar los Índice de Calidad de las Aguas en las estaciones en estudio, indicando que en las estaciones 1 (Guaricongo) y 3 (Escuela Militar), la calidad de las aguas es media debido a un cierto grado de alteración o contaminación en sus aguas originado por la gran cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos provenientes de las comunidades cercanas, botaderos de basuras, establecimientos comerciales que operan en la zona, fincas y fundos. Otra fuente de contaminación que afecta a estos morichales son las aguas servidas provenientes de las comunidades cercanas, comercios, fincas y fundos, que canalizan esta agua hacia el cauce de los morichales.

Para recuperar los cuerpos de aguas de estos morichales, se propone el siguiente Plan de Recuperación Ambiental:

1. El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, por ser una institución pública que se encarga de la conservación y protección del medio ambiente, promover campañas de educación ambiental e impartirla a las comunidades aledañas a estos morichales, con el objetivo de informar sobre las causas que originan la contaminación de las aguas de estos ríos y las consecuencias negativa que se generan sobre la salud de los seres humanos y los distintos seres vivos que habitan en y cerca de los ríos, y para promover los conocimientos sobre la conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente, en especial de los ríos, para de esta manera crear sobre los ciudadanos de estas comunidades una conciencia ambiental de conservación y protección, para así evitar que sigan depositando todo tipo de desechos hacia los ríos, e incentivarlos a que participen en el cuidado y protección de los morichales.

2. Los organismos estatales (Gobernación y Alcaldía) deben construir una red de aguas negras (cloacas) en las comunidades Guaricongo y Los Caribes, para que de esta forma las aguas servidas producidas por estas comunidades y los establecimientos comerciales que operan por estas zonas, sean vertidas en estas redes y evitar de que sean canalizadas hacia el cauce de la cuenca. Con la construcción de estas redes de aguas negras, también se estaría evitando la construcción y el uso de pozos sépticos que son muy comunes en estas zonas.

3. El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales deben realizar inspecciones continuas a los establecimientos comerciales que operan en la zona, como es el caso de Proagro, para supervisar el destino final que tienen los desechos producidos por estos comercios, evitando de que sean vertidos en los cuerpos de agua de los morichales, y establecer sanciones legales si estos comercios no cumplen con las normas ambientales.

4. El Ministerio del Ambiente conjuntamente con las comunidades de Guaricongo y Los Caribes deben promover la creación de brigadas vecinales de saneamiento ambiental, que tendrán como objetivo principal la vigilancia y control del medio ambiente.

Sí las líneas de acción descritas anteriormente tan son para la cuenca Guaricongo – Los Caribes se cumplen a cabalidad, se estima que a mediano plazo, la salud de estos ríos mejorará considerablemente, y esto traerá consecuencias muy positivas como el desarrollo de la vida acuática a través de todo el curso de estos ríos, la preservación y el desarrollo de la vida animal que habita en la zona y por ultimo, pero no menos importante, el uso de estos cuerpos de agua para las diversas actividades relacionadas con el contacto humano

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1) En las áreas de estudio de la subcuenca de las cuencas Guaricongo-Los Caribes se reconocieron tres unidades geológicas, que desde la más antigua a la más joven son: Complejo de Imataca, Formación Mesa y Sedimentos Recientes

2) La subcuenca de la cuenca Guaricongo-Los Caribes, las rocas del Complejo de Imataca se encuentran ubicadas en el sector los chorros (intercepción de las cuencas Guaricongo-Los Caribes), y esta constituida por bloques y peñones fracturados y meteorizados, escasos bloques de cuarcitas ferruginosas muy meteorizados.

3) Para las aguas de las cuencas Guaricongo-Los Caribes se obtuvo un valor máximo de turbidez para las épocas de sequía y lluvia igual a 24,65 y 32,75 UNT respectivamente, la temperatura del ambiente máxima en sequía fue de 28 grados Celsius y en lluvia fue de 29 grados Celsius y los valores de temperatura arrojaron valores entre 27 y 29 grados Celsius.

4) De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis físico, químicos y bacteriológicos realizados a las muestras de aguas respectivamente de las cuencas Guaricongo-Los Caribes, tanto para las épocas de sequía y para la época de invierno, adaptados al Decreto 833 sobre las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos, divulgados en Gaceta Oficial N° 5021 Extraordinario (1995).

5) Las aguas servidas procedentes de las comunidades, industrias, granjas, sembradíos u otro establecimiento, con contenido de materiales disueltos y suspendidos que son dirigidas directamente hacia el cauce de la cuenca son focos altamente contaminantes.

6) Una de las fuentes de contaminación presente en las áreas de la subcuenca Guaricongo-Los Caribes son los desechos sólidos que son lanzados de manera indiscriminada a las áreas despejadas de los cuerpos de agua y los espacios abiertos de los terrenos adyacentes a los morichales.

7) Los análisis químicos de los sedimentos estudiados en las cuencas representan valores elevados de Óxidos de Sílice, Aluminio e Hierro, en especial  $\text{SiO}_2$ , con un porcentaje mayor a un 90% en la época de sequía, esto se debe a que muchos agentes intervienen en la acumulación de los mismos.

8) De acuerdo a los análisis químicos de los sedimentos podemos señalar que en la época de sequía, intervienen agentes que hacen que se acumulen óxidos de Sílice, Aluminio e Hierro y estos agentes son: La meteorización, erosión y descomposición de rocas precámbricas dando a entender que el Complejo de Imataca y la Formación Mesa son ricas en este tipo de óxidos.

9) Las aguas de las cuencas Guaricongo-Los Caribes corresponde a un sub tipo 1C, indicativo que dichas aguas no pueden ser usadas directamente para el consumo humano.

10) Para que las aguas de las cuencas Guaricongo-Los Caribes puedan ser usadas para consumo humano se requieren procesos complejos de potabilización de las aguas.

11) Se realizó un mapa índice de calidad de las aguas en época de sequía y lluvia, tomando como referencia el mapa geológico de la zona a escala 1:25.000 indicándose en él la red hidrográfica y las fuentes de contaminación.

12) De acuerdo a los resultados que se obtuvieron siguiendo los parámetros de la National Foundation Sanitation, dichos índices están representados de acuerdo a una escala gráfica de colores que las clasifica en mala, media y buena para cada una de las estaciones.

13) El Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales por ser una institución pública que se encarga de la conservación y protección del medio ambiente debe promover campañas de educación ambiental e impartirla en las comunidades aledañas a estos morichales.

14) El Ministerio de Ambiente en conjunto con las comunidades de Guaricongo y Los Caribes deben promover la creación de brigadas vecinales de saneamiento ambiental que tendrá como objetivo principal la vigilancia y control del medio ambiente.

#### Recomendaciones

El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales debe impartir campañas de educación ambiental en las comunidades que se encuentran cercanas a los ríos, con el objetivo de crear una conciencia de cuidado ambiental, para que de esta forma se mitigue el impacto ambiental que se produce en las subcuencas de estudio.

Hacer un llamado urgente a los organismos del estado competente en la materia para la elaboración y puesta en ejecución de un plan de saneamiento en las aguas de estos ríos, en las zonas donde se encuentran alteradas por agentes contaminantes.

Promover la creación de grupos de trabajo coordinados y dirigidos por la Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, el cual se encargaran de la elaboración de campañas de educación ambiental sobre los peligros que existen para la salud de los seres vivos la contaminación de los ríos e impartirla mediante charlas en las comunidades que se encuentran cercanas a las cuencas.

Apoyar los trabajos de investigación referidos a la caracterización geológico-ambiental de las cuencas del Municipio Heres, así como los trabajos referidos al análisis de las caracterizaciones en las épocas de sequía y lluvia, por parte del Departamento de Geociencia de la Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar.

## REFERENCIAS

Abud S., Jorge. (2002). **CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SAN RAFAEL EN LA EPOCA DE SEQUÍA Y LLUVIA (2000-2002). CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de ascenso, U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 56-86, 93-113.

Acuña, Mercedes, P. Cumarín y J. Carpio (1.999), **INFORME DE GIRA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**, trabajo inédito, Ciudad Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, Dpto. de Geol., Cátedra de Geología Estructural, pp. 6-18.

Aguirre P., Carolina L. e Yraida E. Palmer A. (1.992), **DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DEAGUAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL, BUENA VISTA, CAÑAFÍSTOLA, OROCOPICHE Y MARHUANTA**, trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. de Geología y Minas, pp. 17-69

Amundaray, e Macallums, Obed (2010), **CARACTERIZACION GEOLOGICO-AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DE LOS MORICHALES GUARICONGO-LOS CARIBES EN EPOCA DE SEQUIA. MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLIVAR.**

Betancourt, Orlando (1.998), **PLAN DE EXPLOTACIÓN PARA APROVECHAMIENTO DE ARENA LAVADA EN QUEBRADA LOS BÁEZ, SECCIÓN ADYACENTE A BIENHECHURÍAS DE MARÍA FLORES**, inédito, Ciudad Bolívar, pp. 5-80.

Blanco Lagardere, Luzmila (1.991), **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOHIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA**, trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar. Univ. Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, pp. 18-74.

Bolívar, y Velásquez Williams (2006) **ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LOS RÍOS MAANAL Y GUARICONGO-LOS CARIBES EN LAS EPOCAS DE SEQUÍA Y LLUVIA, EN EL MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar. Univ. Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, pp. 19-35.

Cabrera, Andrés y Wilfredo Silva. (1.995), **GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR**, trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, p. 2-77.

Casado L., María Coromoto. (1994). **INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL**. Trabajo de ascenso, U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 50-63.

Castillo Mayra, Castillo Misay. (2005), **CARACTERIZACION GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LAS SUBCUENCAS DE LOS MORICHALES LOS CARIBES Y GUARICONGO EN ÉPOCA DE LLUVIA. MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, P 193.

Corporación Venezolana de Guayana TECMIN C.A. (1991). **INFORME DE AVANCE NB-20-2, DRENAJE, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y**

**VEGETACIÓN.** Ciudad Bolívar. Tomo I y II. pp. 5-14, 375-378, 505-510, 855-860.

Catalán, Enrique. (1982). **TRATAMIENTO Y DEPURACIÓN DE AGUAS.** Hermann. Blume. Ediciones. Madrid. España. pp. 38-49.

Catalán, Enrique. (1992). **RIOS.** Hermann. Blume. Ediciones. Madrid. España. pp. 25-63.

Custodio, E. y Llamas, M., (1976). **HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.** Primera Edición. Editorial Omega, S.A. Barcelona. pp. 181-348.

Decreto Ejecutivo N° 883 del 11 de oct/1995. Gaceta oficial N° 5.021 extraordinario del 18/Dic/1995. **“NORMAS PARA LA CLASIFICACIÓN Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS Y EFLUENTES LÍQUIDOS”.**

Departamento de Geología de la Universidad de Oriente (2.001), **GUÍA PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO,** inédito, Ciudad Bolívar.

Departamento de Geología de la Universidad de Oriente (2.000), **GUÍA DE REDONDEZ Y ESFERICIDAD DE LAS PARTÍCULAS,** inédito, Ciudad Bolívar.

Desirio, J. C. (1992). **INTRODUCCIÓN Y CONTROL DE POLUCIÓN AMBIENTAL.** C.E.T.E.S.B., Sao Pablo. pp. 201.

Enciclopedia Microsoft Encarta (2001). 1993-2000 Microsoft Corporation. **“CONTAMINACIÓN DEL AGUA” y “AGUA SUBTERRÁNEA”.**

Figuera P., Nancy J. (1990). **ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES EN EL ÁREA DE LOS CARIBES.** Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 4-19, 50-77.

Franzone, Aura y Medina Arquímedes. (1998). **CONTAMINACIÓN DE LOS MORICHALES LOS CARIBES-GUARICONGO Y SUS ALREDEDORES EN EL ESTADO BOLÍVAR.** Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 4-42, 55-77.

Freire, Jesús y Perdomo José. (1997). **ESTUDIO METEOROLÓGICO Y CLIMATOLÓGICO DE CIUDAD BOLIVAR Y SUS ALREDEDORES.** Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 42-62.

Gaceta Oficial Estado Bolívar (junio, 26 de 1.986), **LEY DE DIVISIÓN POLÍTICO TERRITORIAL DEL ESTADO BOLÍVAR.**

García C., Oscar (1.981), **AMBIENTES SEDIMENTARIOS DE LA FORMACIÓN MESA LOCALIDADES DE CIUDAD BOLÍVAR Y DTTO.** de Geól., Ciudad **INDEPENDENCIA DEL EDO. ANZOÁTEGUI**, trabajo de grado inédito, reválida título Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. de Geología y Minas, pp. 5-52.

González, de Juana, C., J. Iturralde de Arozena y X. Picard. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas, Venezuela. Primera Edición. pp. 33-37, 712-713.

Guzmán Jean, Rondón Ayanelys (2004), **CARACTERIZACION GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LAS SUBCUENCAS DE LOS**

**MORICHALES LOS CARIBES Y GUARICONGO. MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLIVAR**, Trabajo de grado inedito, Ciudad Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra. P 181.

Herrera, José (1.998), **REDONDEZ Y ESFERICIDAD DE LAS PARTÍCULAS**, trabajo inédito, Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento. de Geoloía., Laboratorio de Sedimentología., pp. 1-14.

Leet, L. y Judson, Sheldon. (1999). **FUNDAMENTOS DE GEOLOGÍA FÍSICA**. Editorial Lumusa, S.A. de Noriega Editores. México. pp. 153-180.

Lissy O., José G. y González Donis. (2000). **HIDROLOGÍA URBANA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SAN RAFAEL, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR**. Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 19-37.

Mendoza S., Vicente. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Minera Hecla Venezolana, C. A. pp. 36-47.

Menéndez, V. A (1968). **REVISIÓN DE LA ESTRATIGRAFIA DE LA PROVINCIA PASTORA SEGÚN EL ESTUDIO DE LA REGIÓN GUASIPATI, GUAYANA, VENEZUELA**. Boletín de geología, Caracas, 8 (15). Pp. 116 – 139.

Monsalve, G. (1995). **“HIDROLOGIA EN LA INGENIERIA”**. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. pp 46 – 62.

Ochoa, Guido (1983). **GÉNESIS DE LOS SUELOS**. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. pp. 72.

Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (P.D.V.S.A). (2002). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Venezuela. <http://www.pdv.com/lexico>.

PDVSA-Intevet (1997) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**, 3ra. Edición, Publicación Especial No. 12 Tomo I y II. pp 18-28, 318, 450. Caracas – Venezuela.

Rondón y Guzmán, (2004) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DE LOS MORICHALES GUARICONGO – LOS CARIBES EN ÉPOCA DE SEQUÍA. MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR**. Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. Pp 23-28.

Tayupe M., Oscar R. (2001). **ESTUDIO COMPARATIVO PERÍODOS SECO-LLUVIOSO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAN RAFAEL. CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR**. Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 21-22, 49-51.

The National Sanitation Foundation-NSF International (2.003), **WATER QUALITY INDEX**, 19 octubre de 2.003, <http://www.nsfconsumer.org/environment/wqi.asp>.

UNESCO (1995). **ASPECTOS GEOLÓGICOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**. Volumen I. <http://www.infojardineria.com/aguaresidual.htm>.

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

<b>Título</b>	Analizar las características geológica-ambiental de la subcuenca de los morichales Guaricongo-Los Caribes en época de lluvia y sequía, en el Municipio Heres Ciudad Bolívar-estado Bolívar. (2005-2010).
---------------	--

### Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
	Ana Y. Yures Q.	CVLAC
e-mail		Tiernay08@hotmail.com
e-mail		
Maria G. Rodriguez F.	CVLAC	18.012.468
	e-mail	Mg968@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

### Palabras o frases claves:

Caracterizacion Geologica
Caracterizacion Ambiental
Rio
Morichales

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

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Geología
	Ambiente

### Resumen (abstract):

El área de estudio está representada por las subcuencas hidrográficas del río Guaricongo - Los Caribes, éstas se encuentran ubicadas al Sur de Ciudad Bolívar Municipio Heres del estado Bolívar, el objetivo general de este estudio es analizar las características geológico-ambientales de la subcuenca de los morichales Guaricongo-Los Caribes en época de sequía y lluvia 2005-2010. Este trabajo se inició con la identificación de las unidades geológicas, luego se realizaron los análisis de las características físico-química y bacteriológica de la subcuenca en estudio, después se describieron los focos de contaminación, para posteriormente comparar las características químicas de los sedimentos de la subcuenca, después se realizó la comparación de los valores de índice de calidad del agua (I.C.A) de los morichales en estudio, se generó también un mapa índice de calidad de las aguas de la subcuenca del río Guaricongo-Los Caribes en época de lluvia y sequía, para finalmente proponer un plan de recuperación ambiental adaptable a esta subcuenca. En el área de estudio las unidades geológicas son Complejo de Imataca, La Formación Mesa y los Sedimentos Recientes, en los análisis físicos se determinó que la turbidez en época de sequía está en un rango de 36,67-50 UNT y en época de lluvia está en un rango de 15- 20 UNT, lo que nos indica que entre ambas épocas existe una variación de 30 UNT, en los parámetros químicos los valores de el pH en época de sequía oscilan de 5,67-6,20 y para la época de lluvia los valores varían de 5,50-6,0, la variación de los valores en estas dos épocas es de 1,3 y estos están dentro del límite permisible, en los análisis bacteriológicos en los coliformes totales se determinaron que los valores en época de sequía varían de 170 NMP/100 ml-430 NMP/ 100 ml y en la época de lluvia van de 350 NMP/ 100 ml-95 NMP/100 ml la variación de los coliformes totales en ambas épocas es de 180 a 335 NMP/100 ml, los focos contaminantes observados en el área de estudio son industrias avícolas, granjas, fundos, y viviendas, en los parámetros químicos de los sedimentos se determinó que los valores en época de sequía varían de 918.900 mg/Kg-937.200 mg/Kg y para la época de lluvia varía de 78,86 mg/Kg-94,72 mg/Kg, la variación de sílice entre la época de sequía y lluvia 843.34 mg/Kg a 842.48 mg/Kg, en la comparación de índice de calidad de agua (I.C.A) en la época de sequía los valores oscilan desde 57,52-59,59 clasificando la calidad del agua como media y en la época de lluvia oscila desde 55,36-81,13 indicando que la calidad de agua en esta época es de media a buena, las aguas de los morichales Guaricongo-Los Caribes corresponde a un sub tipo 1C, indicativo que éstas aguas no pueden ser usadas directamente para el consumo humano, y para ello se requieren procesos no convencionales de potabilización de las aguas.

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

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
<b>Abud Jorge</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>4.984.842</b>
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:jorgeabud@yahoo.com">jorgeabud@yahoo.com</a>
	<b>e-mail</b>	
<b>Romero Ana</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>17.045.333</b>
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:anateresaromerol@gmail.com">anateresaromerol@gmail.com</a>
	<b>e-mail</b>	
<b>Marcano Iris</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>5.990.907</b>
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:Irismar_1958@hotmail.com">Irismar_1958@hotmail.com</a>
	<b>e-mail</b>	
	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2010	10	13

Lenguaje: spa

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

### Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
tesis Analisis de las características geológicas-ambiental de la subcuenca de los morichales.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:** Ciudad Bolivar - Estado Bolivar (Opcional)

**Temporal:** De 1-10 años (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Geología

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pre-grado

**Área de Estudio:** Departamento de Geología

**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.



**MARIA RODRIGUEZ**



**ANA YURES**



**PROF. JORGE ABUD**



**PROF. ANA ROMERO**



**PROF. IRIS MARCANO**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:**

