

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



**ESTUDIO GEOQUÍMICO EXPLORATORIO DE LA CUENCA
DEL RÍO BUENA VISTA, MUNICIPIO HERES, ESTADO
BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES DANIEL E.
DURAN B., Y JOSE I. GIL.
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, AGOSTO DE 2010

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado intitulado “**ESTUDIO GEOQUÍMICO EXPLORATORIO DE LA CUENCA DEL RÍO BUENA VISTA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.**”, presentado por los bachilleres: **Daniel E. Duran B.**, y **José I. Gil**. Ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Profesor Jorge Abud

(Asesor)

Firma:

Jurado

Jurado

Profesora Rosario Rivadulla

Jefe del Departamento de Geología

CIUDAD BOLÍVAR, AGOSTO DE 2010

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, ya que sin él nada de esto sería posible.

A la Virgen del Valle, por escuchar todas mis plegarias.

A mi padre Luis Duran, por ser mi mentor y ejemplo a seguir, gracias por confiar en mí.

A mi madre Virginia de Duran, por siempre estar a mi lado dándome su apoyo incondicional.

A mis hermanas queridas, tíos y primos por su apoyo en las buenas y en las malas.

A Celeste Mendoza por ser un pilar en algunos de los momentos más difíciles de mi vida.

A mi Abuela Ramona Duran, donde quiera que estés por siempre creer en mí.

Daniel Duran

DEDICATORIA

Al Ser Supremo, mi Dios Poderoso, por permitir que mis padres me trajeran a este mundo y sobre todo por ayudarme a vencer todos los obstáculos que se presentaron durante el desarrollo de mis estudios.

Con mucho cariño y especialmente a ese ser que físicamente no está conmigo pero sí lo está espiritualmente, para mi madre Matilde Ventura Gil, por haberme dado una educación ejemplar, con principios y valores que todo ser humano debe tener.

A mis Hermanos(as) y en especial a mi hermana Eglee por haber confiado en mí en todo momento, por haberme apoyado desde el inicio de mi carrera, espero algún día gratificarla por todo.

Y por último a mis familiares y amigos(as), por aconsejarme para que nunca perdiera el optimismo de culminar mi carrera.

José Gil.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Luis Duran y Virginia de Duran por su apoyo incondicional.

A mi tutor académico Profesor Jorge Abud por guiarnos a elaborar este trabajo de grado.

A todas esas personas que de alguna u otra forma colaboraron con la elaboración de este trabajo de grado.

Daniel Duran

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente, al cuerpo profesoral, técnico, administrativo y obrero por mantener nuestra Máxima Casa de Estudio en un mejor funcionamiento.

Al profesor Jorge Abud, más que un profesor un amigo, quien con su orientación y enseñanzas hizo posible que desarrollara este tema de tesis. Pido a Dios que bendiga su vida y seres queridos en especial a su madre por ser el pilar fundamental en su vida.

A los técnicos de los laboratorios, por ayudarme a desarrollar los diferentes análisis, a Milano y a la Licenciada Yasmely Caraballo por la colaboración prestada.

A todo el personal que labora en el comedor de la Escuela de Ciencias de la Tierra, en especial a las niñas que me tendieron una mano amiga. Que Dios les bendiga.

José Gil

RESUMEN

La cuenca hidrográfica del río Buena Vista se encuentra ubicada en Ciudad Bolívar-estado Bolívar, entre las coordenadas N 22.500, N 30.000 y E 25.000, E 27.000. Esta limitada al Sur por el barrio Brisas del Este, y al Norte por el río Orinoco, al Este por la Avenida España y el río San Rafael, al Oeste por el río Santa Bárbara y la Urbanización El Perú. El objetivo general de este trabajo que es estudiar geoquímicamente a nivel exploratorio el río, utilizándose la metodología siguiente: Primero se diseñó la investigación dividiendo el trabajo en cinco (5) etapas, abarcando desde la recopilación de información ya existente hasta la interpretación de datos tomados en campo y elaboración del informe final. Luego se identificaron las unidades geológicas y características geomorfológicas en el área de estudio, así como las características químicas y/o mineralógicas de la zona e identificar la presencia de posibles anomalías geoquímicas por medio del estudio y tratamiento estadístico por cajas graficas. Para ello se recolectaron treinta (30) muestras de sedimentos, estas muestras fueron sometidas a análisis químico, aplicando el método de espectrometría de absorción atómica para detectar las concentraciones de Cadmio, Cinc, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo y Titanio, también se realizaron análisis mineralógicos para determinar los minerales pesados presentes en los sedimentos. Del estudio y tratamiento estadístico por cajas gráficas de los datos obtenidos, se determinaron valores anómalos para el Cobre 5871 ppb muestra 1 y 5623 ppb ppm muestra 2, Hierro de 3121 ppm muestra 7 y 3147 ppm muestra 12, considerándose éstos como pertenecientes a valores de fondo, producto de las relativamente altas concentraciones de estos metales en las rocas de la zona. Por último se determinaron las fuentes de los minerales en la cuenca y se elaboraron los mapas correspondientes. En los análisis mineralógicos se encontró Cuarzo, Feldespatos, Minerales opacos, Circón, Anfíbol e Ilmenita en un promedio de 83.3%, 5%, 5%, 1.8%, 0.5% y 2.6% respectivamente. Las unidades geológicas identificadas en la zona fueron la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes y las fuentes generadoras de los minerales identificados son provenientes de las rocas de la Provincia de Imataca y la Formación Mesa.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación a investigar	3
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Limitaciones	5
CAPÍTULO II	6
GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	6
2.2 Accesibilidad al área de estudio.....	7
2.3 Características físico – naturales.....	7
2.3.1 Clima.....	7
2.3.2 Vegetación.....	14
2.3.3 Fauna	16
2.3.4 Geomorfología	16
2.4 Geología regional	17
2.4.1 Provincia Geológica de Imataca.....	17
2.4.2 Formación Mesa.....	18
2.4.3 Sedimentos recientes.....	21
2.5 Geología local	21
CAPÍTULO III.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23

3.1 Antecedentes	23
3.2 Definición de términos básicos	24
3.2.1 Mapa.....	24
3.2.2 Mapa geológico.....	25
3.3 Estructuras geológicas.....	25
3.4 Sondeo geotécnico	25
3.5 Muestreo geoquímico.....	26
3.6 Geoquímica	26
3.6.1 Método geoquímico de exploración.....	26
3.7 Fondo, valores normales de fondo	27
3.8 Valor umbral	28
3.9 Anomalías geoquímicas	29
3.9.1 Tipos de anomalías geoquímicas	29
3.9.2 Anomalías en aguas.....	33
3.9.3 Anomalías en sedimentos de drenaje	33
3.9.4 Anomalías en suelos residuales.....	34
3.9.5 Anomalías en 'Gossan' y cubiertas afectadas por corrosión y lixiviación.....	35
3.10 Métodos analíticos y sus aplicaciones.....	36
3.11 Espectrometría de absorción atómica	37
3.12 Parámetros estadísticos	37
3.12.1 Media	38
3.12.2 Mediana.....	38
3.12.3 Moda	38
3.12.4 Cuartiles	38
3.12.5 Umbral	39
3.12.6 Anomalía.....	39
3.12.7 Gráfico de cajas.....	39
CAPÍTULO IV	41
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	41
4.1 Tipo de investigación	41
4.2 Diseño de la investigación	41
4.3 Recopilación de información bibliográfica y cartográfica.....	41
4.4 Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio	43
4.5 Descripción de las características geomorfológicas presentes en el área de estudio	44

4.6 Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico	44
4.7 Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos presentes del río en estudio	45
4.8 Aplicación de un método estadístico apropiado en la determinación de las anomalías presentes.....	47
4.9 Determinación de las fuentes de minerales en la cuenca de estudio.....	48
4.10 Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo	49
CAPÍTULO V	50
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	50
5.1 Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio	50
5.2 Descripción de las características geomorfológicas presentes en el área de estudio	53
5.3 Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico	54
5.3.1 Cadmio	55
5.3.2 Cinc	57
5.3.3 Cobalto	59
5.3.4 Cobre.....	60
5.3.5 Cromo.....	62
5.3.6 Hierro	63
5.3.7 Manganeso	65
5.3.8 Níquel.....	66
5.3.9 Molibdeno	68
5.3.10 Plomo	69
5.3.11 Titanio	71
5.4 Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos presentes en el área de estudio	72
5.4.1 Concentrados pesados	72
5.5 Determinación de las posibles fuentes de minerales en la cuenca de estudio...	74
5.6 Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
Conclusiones	76
Recomendaciones.....	78
REFERENCIAS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio (www.googleearth.com, 2009).	6
Figura 2.2 Distribución temporal de la temperatura media mensual (°C) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	8
Figura 2.3 Distribución temporal de la humedad relativa (%) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	9
Figura 2.4 Distribución temporal de la presión media (hPa) durante el período climático 1.994- 2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	10
Figura 2.5 Distribución temporal de la Radiación media (Cal/cm x día) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	11
Figura 2.6 Distribución temporal de la Insolación media (h/sol) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	12
Figura 2.7 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	13
Figura 2.8 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	14
Figura 2.9 Vegetación característica de la zona.	15
Figura 2.10 Mapa geológico generalizado del escudo de Guayana mostrando la ubicación y extensión de la Provincia de Imataca (Modificado de Mendoza, 2002). 18	
Figura 2.11 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA Intevep, 2005).	19
Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.	43
Figura 4.2 Concentración de minerales pesados mediante el uso de bromoformo....	47
Figura 5.1 Escarpes erosivos de la Formación Mesa.	51
Figura 5.2 Sedimentos Recientes.	52
Figura 5.3 Planicie aluvional.....	53
Figura 5.4 Cárcavas o farallones sector la Beatrices.....	54
Figura 5.5 Distribución de las concentraciones de Cadmio.	56
Figura 5.6. Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la Cuenca. .	57
Figura 5.7 Distribución de concentraciones de Cinc (Zn).	58
Figura 5.8. Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la Cuenca. 58	
Figura 5.9 Distribución de las concentraciones de Cobalto (Co).....	59
Figura 5.10 Distribución de las concentraciones de Cobalto a lo largo de la cuenca. 60	
Figura 5.11 Distribución de las concentraciones de Cobre.....	61
Figura 5.12 Distribución de las concentraciones de Cobre en diferentes secciones en la cuenca.....	61
Figura 5.13 Distribución de las concentraciones de Cromo.	62
Figura 5.14 Distribución de las concentraciones de Cromo.	63
Figura 5.15 Distribución de las concentraciones de Hierro	64

Figura 5.16 Distribución de las concentraciones de Hierro en diferentes secciones de la cuenca.....	64
Figura 5.17 Distribución de las concentraciones de Manganeso.....	65
Figura 5.18 Distribución de las concentraciones de Mn en diferentes secciones en la cuenca.....	66
Figura 5.19 Distribución de las concentraciones de Niquel.....	67
Figura 5.20 Distribución de las concentraciones de Ni en diferentes secciones en la cuenca.....	67
Figura 5.21 Distribución de las concentraciones de Molibdeno.....	68
Figura 5.22 Distribución de las concentraciones de Mo en distintas secciones de la cuenca.....	69
Figura 5.23 Distribución de las concentraciones de Plomo.....	70
Figura 5.24 Distribución de las concentraciones de Pb en distintas secciones de la cuenca.....	70
Figura 5.25 Distribución de las concentraciones de Titanio.....	71
Figura 5.26 Distribución de las concentraciones de Ti en distintas secciones de la cuenca.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos Climatológicos (temperatura) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.....	8
Tabla 2.2 Datos Climatológicos (humedad relativa) del Área de Ciudad Bolívar período 1994- 2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.....	9
Tabla 2.3 Datos Climatológicos (presión) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.	10
Tabla 2.4 Datos Climatológicos (Radiación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.....	11
Tabla 2.5 Datos Climatológicos (insolación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.....	12
Tabla 2.6 Datos Climatológicos (precipitación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.....	13
Tabla 2.7 Datos Climatológicos (evaporación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.....	14
Tabla 3.1 Abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (Rose et al., 1979).	28
Tabla 4.1 Coordenadas geográficas de muestreo de cada estación.....	42
Tabla 5.1 Composición química de los sedimentos de la cuenca del río Buena Vista. Las concentraciones están expresadas en partes por billón (ppb) para el Cd: Cadmio, Zn: Zinc, Co: Cobalto, Cu: Cobre, Cr: Cromo, Mo: Molibdeno, Ni: Niquel y Pb: Plomo y partes por millón (ppm) para el Fe: Hierro, Mn: Manganeseo y Ti: Titanio. 55	
Tabla 5.2 Contenido porcentual de minerales pesados en los sedimentos de la cuenca del río Buena Vista.....	73

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo se realizó en la cuenca del río Buena Vista, geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas N 22.500, N 30.000 y E 25.000, E 27.000, Municipio Heres estado Bolívar. Esta limitada al Sur por el barrio Brisas del Este, y al Norte por el río Orinoco, al Este por la Avenida España y el río San Rafael, al Oeste por el río Santa Bárbara y la Urbanización El Perú. A la cual se le realiza un estudio geoquímico a nivel exploratorio de este afluente para determinar las características químicas de la zona e identificar la presencia de anomalías, se realiza un trabajo de campo para el reconocimiento del área y toma de muestras, las cuales se llevan al laboratorio y se realizan diferentes análisis químicos para tener información importante de la cuenca del río y dar base a nuevas investigaciones más detalladas.

La finalidad de esta investigación es de determinar las posibles fuentes generadoras de minerales tales como: Cadmio (Cd), Zinc (Zn), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Titanio (Ti), para conocer su porcentaje de concentración y distribución a lo largo de toda la cuenca del río Buena Vista.

Esta investigación se estructuró de la siguiente manera: en el capítulo I hace el planteamiento del problema, se establece el objetivo general y los objetivos específicos, en el capítulo II, está referido a las generalidades de las áreas de estudio, el capítulo III, está referido al marco teórico. En el capítulo IV se detalla la metodología de trabajo empleada en la realización de esta investigación y por último en el capítulo V se realiza el análisis e interpretación de los datos obtenidos. Luego las conclusiones y recomendaciones.

En el desarrollo del trabajo de grado se plantea desde la situación a investigar, objetivos propuestos y limitaciones que se presentaron durante la investigación, se ubica geográficamente el área de estudio, se presentan sus características físico-naturales y químicas, metodología utilizada y resultados obtenidos para finalmente llegar a las conclusiones necesarias que cumplan con los objetivos propuestos y permitan plantear recomendaciones que faciliten la metodología de las futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación a investigar

El río Buena Vista tiene una extensión de 11 Km, abarca un área de ~~27862m~~ donde el río y sus afluentes erosionan y transportan los minerales de las rocas presentes como parte del ciclo natural de las rocas, pudiéndose depositar estos en las barras u otras acumulaciones de arena, estos cuerpos arenosos de la cuenca del río Buena Vista no han sido objeto de estudios exploratorios, donde se trate de definir los rasgos químicos de la misma, la proporción y distribución en que se encuentran los elementos químicos de interés y donde se pueda reconocer la presencia o no de acumulaciones importantes de estos elementos.

Durante décadas, las técnicas de prospección geoquímica se han utilizado para detectar yacimientos minerales, dado su principio básico, se aplican para divisar la dispersión de un determinado metal y de esta manera definir la fuente de emisión. Se pretende hacer un estudio desde el punto de vista geoquímico en la cuenca del río Buena Vista aplicando estos principios para evaluar las posibles anomalías, su dispersión y distribución en la cuenca, haciendo un seguimiento de estas características podríamos determinar cómo ha ido el transporte o trayectoria de estos minerales; este seguimiento permitiría la ubicación de las posibles fuentes mineralizadas o de emisión.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Estudiar geoquímicamente, a nivel exploratorio, la cuenca del río Buena Vista. Municipio Heres del Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

Identificar las unidades geológicas correspondientes al área en estudio.

Describir las características geomorfológicas en el área de estudio.

Determinar las características químicas de los sedimentos presentes en la cuenca del río Buena Vista a través de un método estadístico.

Determinar las características mineralógicas de los sedimentos presentes en la cuenca del río Buena Vista.

Determinar las posibles fuentes de minerales en la cuenca de estudio.

Elaborar los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas de muestreo.

1.3 Justificación de la investigación

Con la aplicación de un estudio exploratorio desde el punto de vista geoquímico en la cuenca de río Buena Vista, se definirían las particularidades químicas con respecto a la presencia y distribución de posibles anomalías minerales en esta zona,

lográndose de esta manera un enfoque detallado de la naturaleza química de la cuenca susceptible al estudio y de las unidades geológicas presentes. La importancia de esta investigación recae en que la información recopilada sería la única base de datos existente para la cuenca del río Buena Vista ya que se desconocen estudios previos de este tipo o estos no se han preservado en el tiempo.

1.4 Limitaciones

1. Dificultad de acceso a la zona de estudio.
2. Falta de transporte para trasladarse a la zona de estudio.
3. La seguridad personal, ya que estas cuencas algunas veces son usadas como guaridas por delincuentes.

CAPÍTULO II GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área en estudio se encuentra ubicada en la parte Sur de Ciudad Bolívar, políticamente se ubica en el Municipio Autónomo Heres del estado Bolívar, la cuenca tiene una extensión aproximada de 11.0 km y un área de 22.708.624 m². Astronómicamente se encuentra ubicada entre las coordenadas N 22.500, N 30.000 y E 25.000, E 27.000. Está limitada al Sur por el barrio Brisas del Este, y al Norte por el río Orinoco, al Este por la Avenida España y el río San Rafael, al Oeste por el río Santa Bárbara y la Urbanización El Perú, (Figura 2.1).

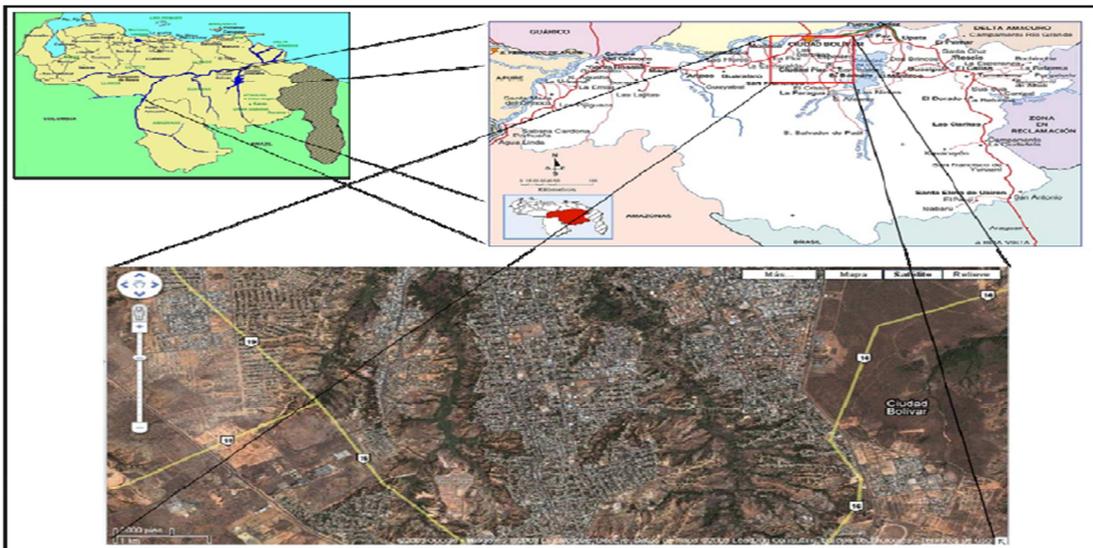


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio (www.googleearth.com, 2009).

2.2 Accesibilidad al área de estudio

El acceso al área de estudio se realiza a través de carreteras asfaltadas. La entrada principal es la Avenida España situada al Este de la zona de estudio, calle centurión la urbanización Las Beatrices, cercana a la naciente del río Buena Vista. Otro acceso es por La Urbanización El Perú.

El desplazamiento en el área puede efectuarse a pie por medio de caminos que permiten llegar al cauce del río.

2.3 Características físico – naturales

2.3.1 Clima

Tomando como base el mapa de clasificación climática de Holdridge (Tecmín, informe NC-20-15, 1994), el clima de la zona de la cuenca en general, es tropical húmedo. Para toda el área se cumple que en la época de lluvias, el coeficiente de variación mensual de la precipitación va de alto a moderado, y en la estación seca este coeficiente es alto, llegando a sobrepasar el 100% de desviación con respecto al valor promedio.

Las características climatológicas fundamentales del área son las siguientes:

2.3.1.1 Temperatura: La temperatura media anual es de 27,08 ° C para el período 1994-2007, las máximas temperaturas se presentan en el mes de Mayo con 28,51 ° C, y las mínimas en el mes de Enero con 24,95° C. (tabla 2.1 y figura 2.2).

Tabla 2.1 Datos Climatológicos (temperatura) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom media
Temperatura (°C)	1994-2007	24.95	25.28	28.26	27.06	28.51	27.19	26.98	27.38	27.98	28.24	25.58	25.02	27.08

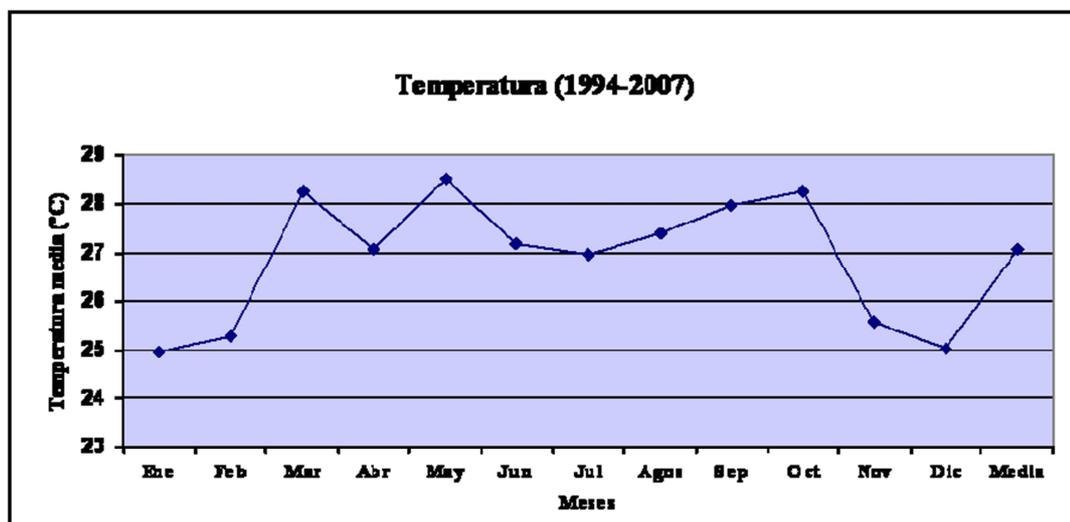


Figura 2.2 Distribución temporal de la temperatura media mensual (°C) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.1.2 Humedad relativa: La humedad relativa media anual para el período 1994-2007 se registró en 70,85 %, siendo la máxima de 84,71 % para el mes de Julio y la mínima en el mes de Febrero con 69,64 %.(tabla 2.2 y figura 2.3).

Tabla 2.2 Datos Climatológicos (humedad relativa) del Área de Ciudad Bolívar período 1994- 2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom media
Humedad Relativa	1994													
Media (%)	2007	72,14	69,64	71,64	71,64	76,86	83,36	84,71	80,93	80,08	79,00	74,77	74,54	70,85

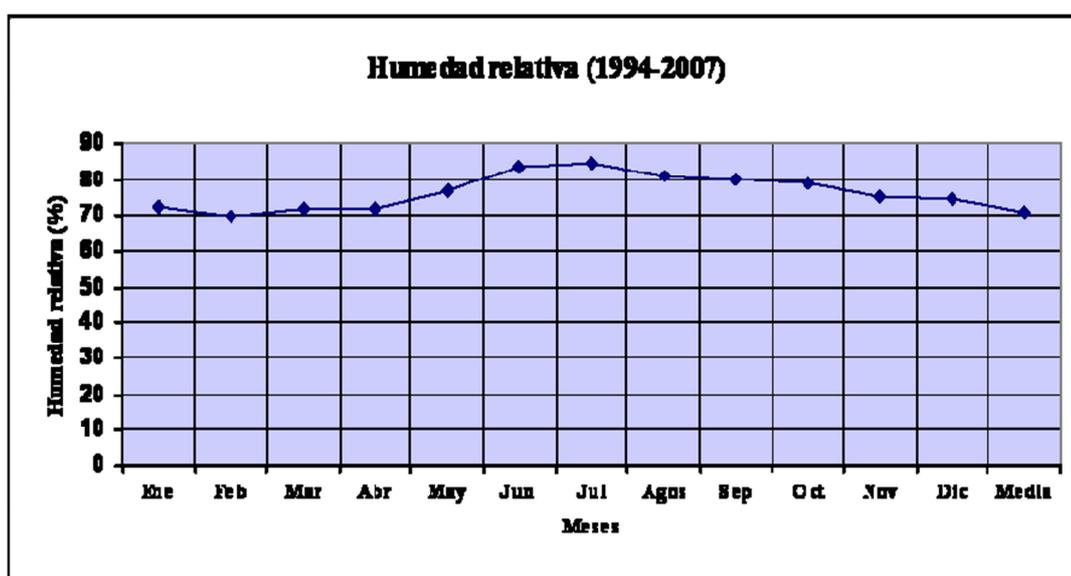


Figura 2.3 Distribución temporal de la humedad relativa (%) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.1.3 Presión Media: La presión media anual registrada para el período 1994-2007 es de 12,05 hPa, la máxima registrada es de 17,03 hPa para el mes de Junio y la mínima de 6,92.0 hPa para el mes de Noviembre (tabla 2.3 y figura 2.4).

Tabla 2.3 Datos Climatológicos (presión) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom media
Presión Media h Pa*	1994													
	2007	9,44	9,63	9,78	14,84	9,94	17,03	12,82	16,74	9,32	8,56	6,92	8,77	12,05

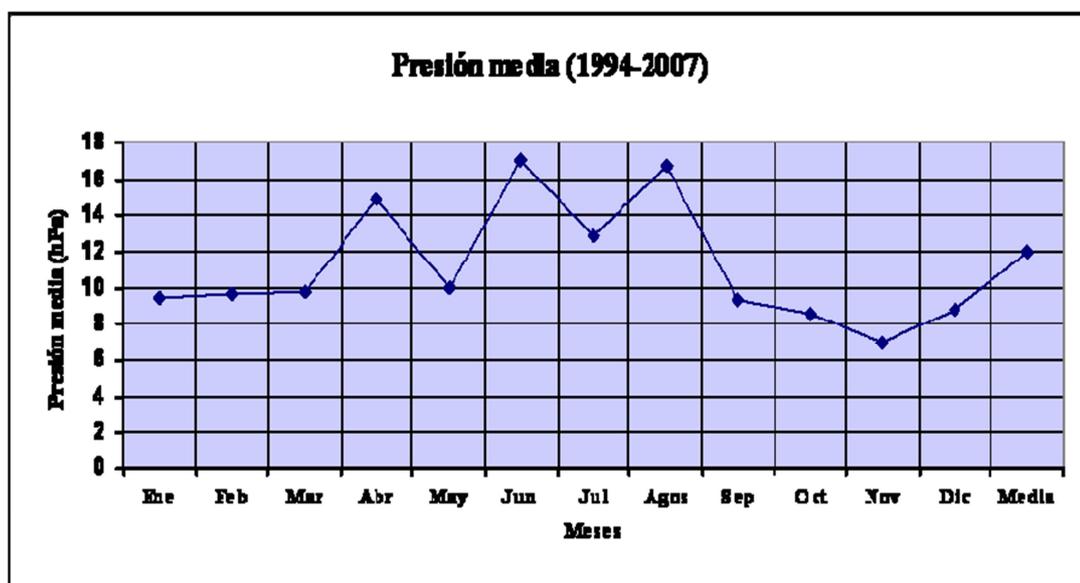


Figura 2.4 Distribución temporal de la presión media (hPa) durante el período climático 1.994- 2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.1.4 Radiación Solar: La radiación media anual registrada es de 12,53 cal/cm²x día, la máxima registrada es de 15,65 cal/cm²x día en el mes de Marzo y la mínima se presenta en el mes de Diciembre con 8,84 cal/cm²x día (tabla 2.4 y figura 2.5).

Tabla 2.4 Datos Climatológicos (Radiación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom media
Radiación Media (Cal/cm ² x día)	1994													
	2007	9,44	9,63	9,78	14,84	9,94	17,03	12,82	16,74	9,32	8,56	6,92	8,77	12,05

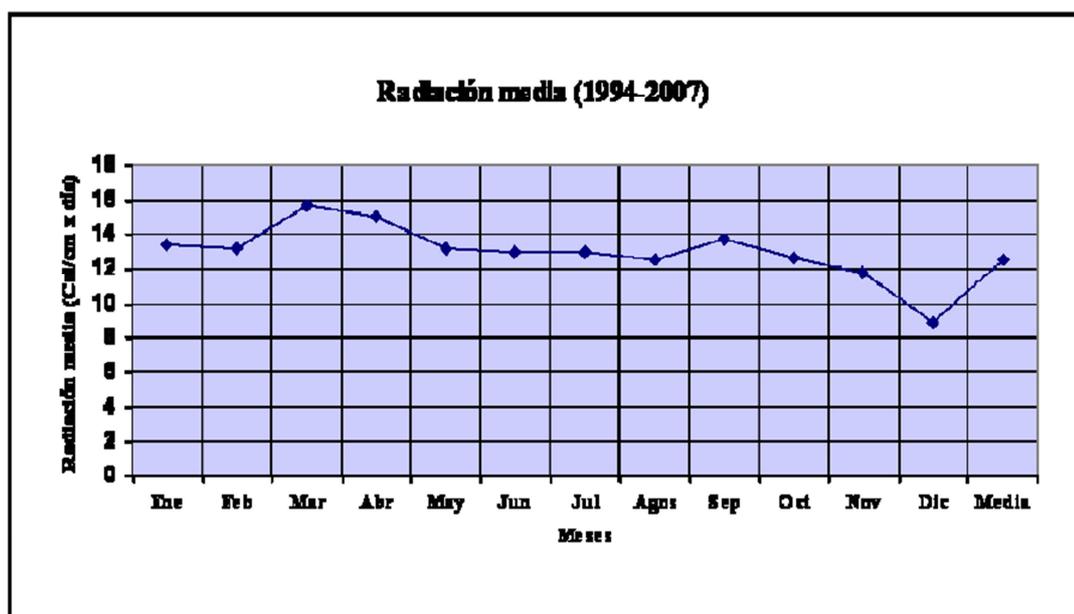


Figura 2.5 Distribución temporal de la Radiación media (Cal/cm x día) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.1.5 Insolación: La insolación media para el período 1994-2007 fue de 7,52 horas. Los máximos valores se presentan en el mes de Marzo con 8,26 horas y la mínima de 5,86 horas para el mes de Junio (tabla 2.5 y figura 2.6).

Tabla 2.5 Datos Climatológicos (insolación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom media
Insolación Media (h/sol)	1994													
	2007	6,86	7,86	8,26	6,71	6,89	5,86	6,87	6,93	8,02	8,03	7,82	7,03	7,52

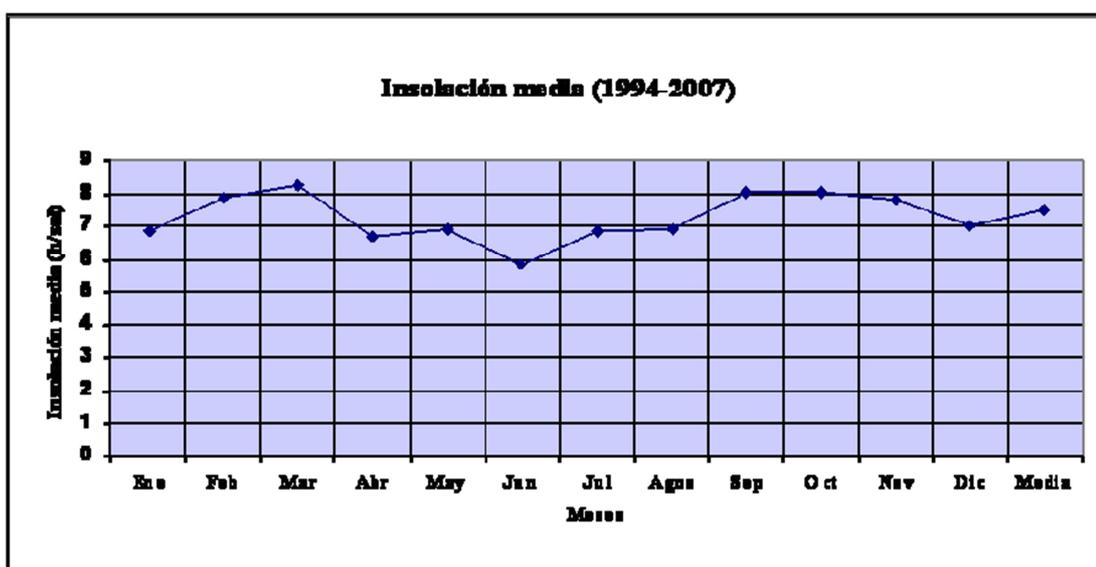


Figura 2.6 Distribución temporal de la Insolación media (h/sol) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.1.6 Precipitación: Suceden dos períodos estacionales propios del área que son: una estación lluviosa cuyo período de lluvia inicia en el mes de Mayo y termina en el mes de Noviembre, en donde los meses de mayor precipitación se encuentra de Junio a Agosto con una lluvia entre (170,07– 149,90) mm y una estación de sequía con una precipitación mínima de 16,19 mm para el mes de Febrero y una máxima de 31,62 mm para el mes de Abril (tabla 2.6 y figura 2.7).

Tabla 2.6 Datos Climatológicos (precipitación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom media
Precipitación (mm)	1994													
	2007	31,61	16,19	16,69	24,43	106,21	170,07	184,5	149,9	89,21	59,45	59,98	31,62	98,22

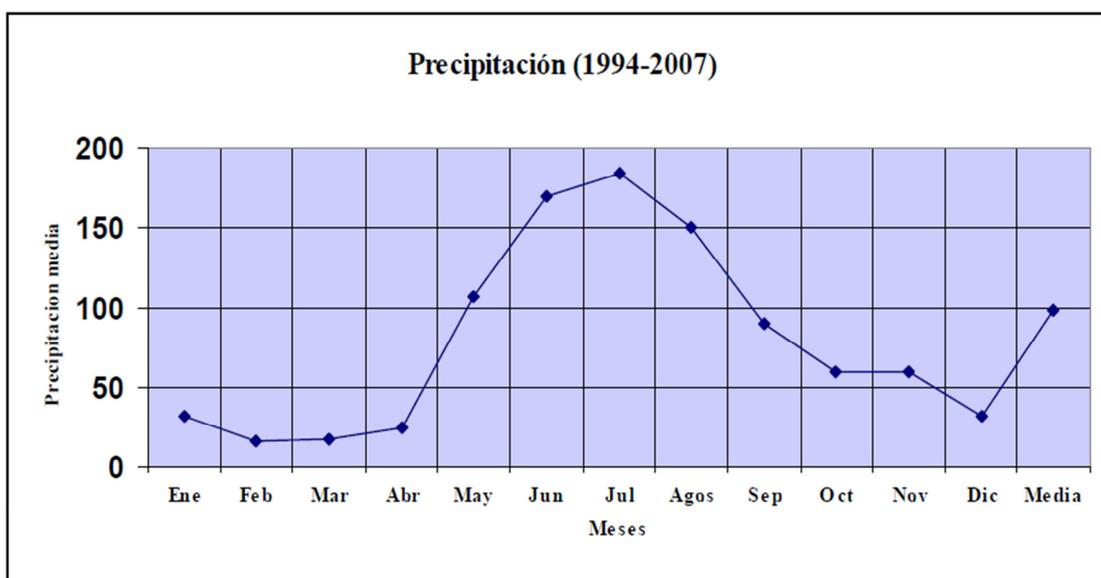


Figura 2.7 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.1.7 Evaporación: La evaporación total media de la zona durante el período 1994-2007 fue de 103,72 mm; siendo la máxima presentada entre los meses Febrero y Abril y la mínima entre los meses Junio y Septiembre (Tabla 2.7 y Figura 2.8).

Tabla 2.7 Datos Climatológicos (evaporación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa.

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom media
Evap. Total (mm)	1994													
	2007	133,16	141,59	147,52	139,36	107,61	73,64	72,80	79,05	92,79	104,90	94,27	112,05	103,72

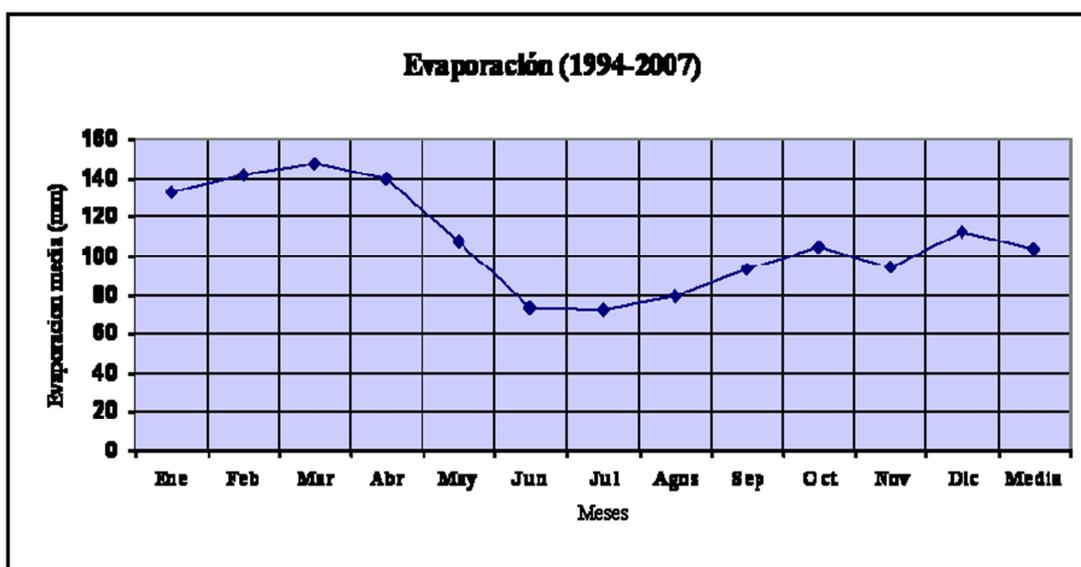


Figura 2.8 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.2 Vegetación

La vegetación presente en el área de estudio es bosque de galería y de sabana con chaparro.

2.3.2.1 Vegetación de Bosque de Galería: Esta vegetación se observa a lo largo de las zonas de humedad, específicamente a los márgenes de los ríos y se presenta en forma de arborescencia de tipo selvático, a la que se denomina bosques de galería.

2.3.2.2 Vegetación de Sabana con chaparro: Este tipo de vegetación se caracteriza por vegetación herbácea que está formada por una cobertura graminiforme de porte bajo, entre los cuales las especies más abundantes son: Paja Peluda (*Trachypogon plumosus*), Escobilla (*Scoparia dulcis*), Dormidera (*Mimosa dormiens*), Cadillos, etc. Y por la vegetación arbustiva que esta constituida por arboles de 2 a 4 mts de altura, los principales representantes son: Chaparro (*Curatera Americana*), Manteco (*Byrsominia Classifolia*), Merey (*Anarcadium Occidentale*), Alcornoque (*Bowdichia Virgiloides*), Mandinga (*Roupals Complicata*), y en proporción menor se encuentra mango (*Mangifera Indica*), etc. (Figura 2.9).



Figura 2.9 Vegetación característica de la zona.

2.3.3 Fauna

La fauna silvestre en el área de estudio y su zona de influencia es relativamente escasa y poco variada, apreciándose la presencia de algunas aves como: loros, pericos, paraulatas, azulejos y palomas sabaneras; y entre los mamíferos pequeños encontramos: ratones, conejos, rabipelaos. Entre los reptiles se tienen lagartijas, serpientes, y morrocoyes. De estas especies solo una está bajo protección especial. La mayoría de las especies aquí presente se encuentran ampliamente distribuidas en el resto de la región.

2.3.4 Geomorfología

El río Buena Vista se ubica dentro de un área limitada por pendientes suaves, su acción erosiva le ha permitido el desarrollo de cárcavas y pequeños cañones, además se forman valles en las zonas intermedias de su trayectoria, también podemos apreciar una topografía muy accidentada. (Yáñez, 1.971., C.V.G – TECMIN, C.A., 1.991).

Las zonas de bajo relieve ocupan los sitios de deposición aluvial a ambos lados del cauce del río, en sus partes laterales tiene pendientes muy pronunciadas encontrándose taludes naturales cuya altura varía entre 15 y 30 metros y en los inicios del cauce del río se encuentran pendientes variables generalmente superiores al 40% hasta hacerse en muchos lugares completamente verticales.

La superficie de la Formación Mesa ha sido moldeada, en especial las arenas no consolidadas que se ven más afectadas por las aguas de escorrentías desarrollando estructuras erosivas como: conos de derrubios, terrazas aluviales y denominadas cárcavas, estas últimas poseen rasgos particulares de depresiones, que se van haciendo cada vez más extensas (Franzone y Medina, 1.998).

Debido a la escasa cobertura vegetal (de poca densidad y predominante de sabana) existen una erosión laminal generalizada que ha dado origen a una remoción del material de alteración con exposición local de la roca basamento asociada a suelo pocos profundos, por lo general entisoles, aunque también es frecuentes encontrar suelos más profundos ultisoles (C.V.G TECMIN, C.A., 1.991).

Localmente se presenta fenómenos de lateralización ferruginosas salificada asociado a la existencia de niveles impermeables de arcilla de Formación Mesa, que en ocasiones suele ocurrir como capa impermeables sobre el basamento. (Yáñez De Castro. 1.981).

La extensión de esta unidad ha ido disminuyendo a causa de la erosión regresiva que se sucede actualmente, para hacer mas amplias las zona disectadas por los barrancos y dar origen a las mesas disectadas.

2.4 Geología regional

La geología regional está representada por lo que se conoce como Provincia geológica de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes (Figura 2.10).

2.4.1 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección Noroeste-Sureste aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Km. y 80 Km. respectivamente. Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitos félsicas (60 – 75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15 – 20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro, dolomitas, charnockitas,

anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV – TTG gneissicos (El Torno – Real Corona) (Mendoza, V. 2.002).

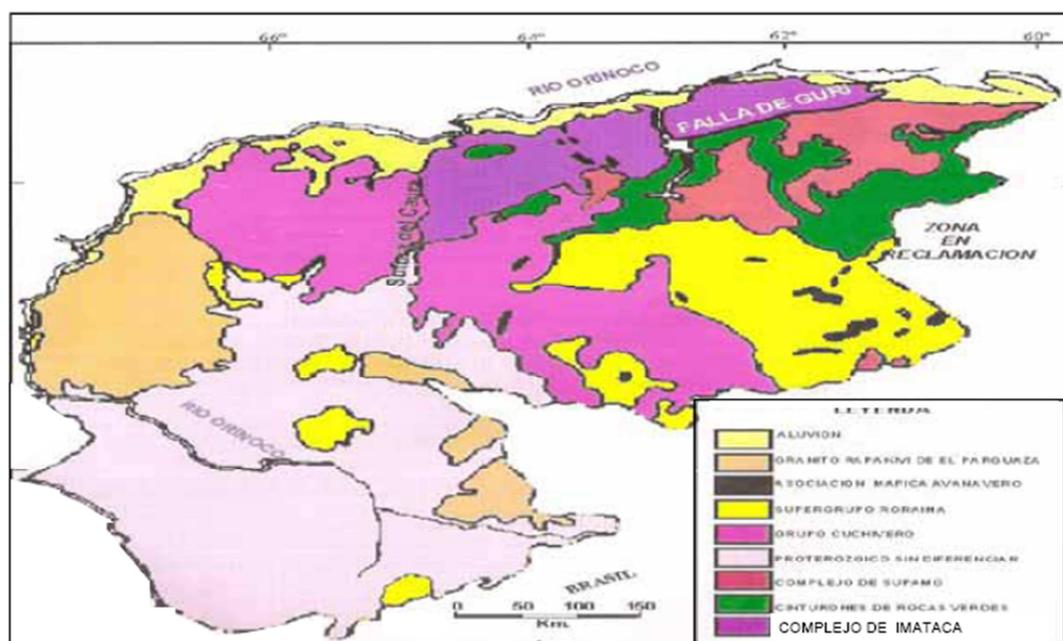


Figura 2.10 Mapa geológico generalizado del escudo de Guayana mostrando la ubicación y extensión de la Provincia de Imataca (Modificado de Mendoza, 2002).

2.4.2 Formación Mesa

Se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas), sin embargo se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar (inmediatamente al Sur del río Orinoco) (Figura 2.11) (PDVSA Intevep, 2005).

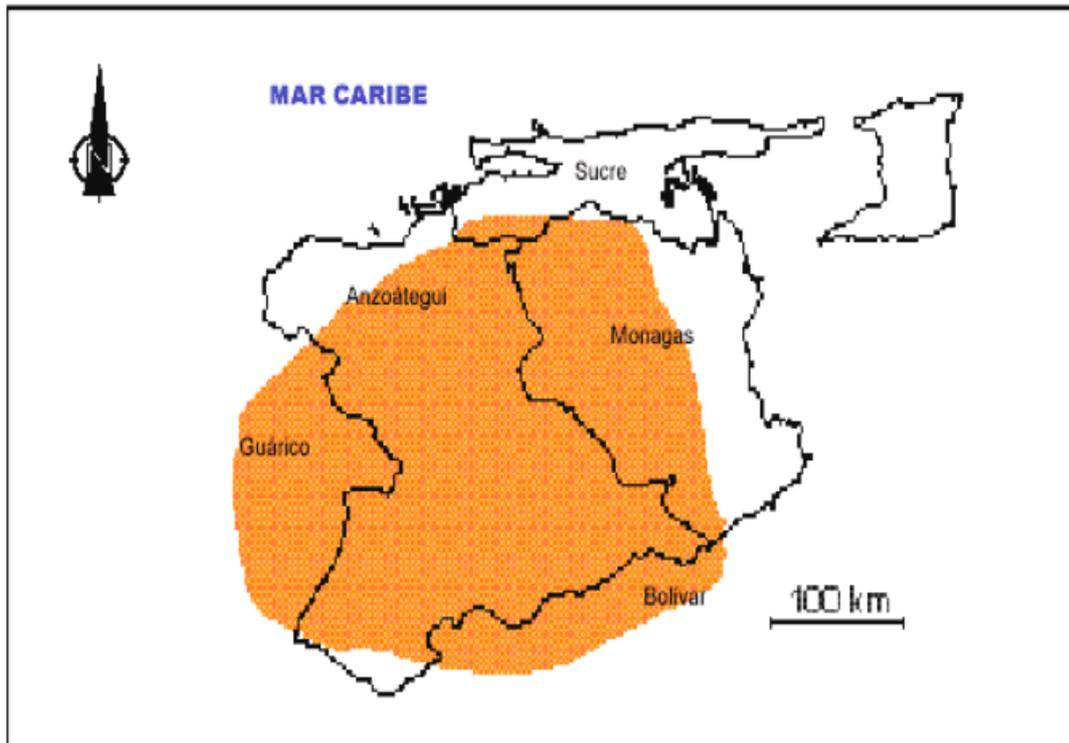


Figura 2.11 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA Intevep, 2005).

2.4.2.1 Descripción litológica: Consiste de arenas, algunas de grano grueso con gravas, de color blanco a gris, amarillentas, rojo y púrpura, algunas cementadas con cemento ferruginoso, muy duras, con estratificación cruzada. Conglomerados de color rojo a casi negro, algunos con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 15 centímetros de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo (PDVSA-Intevep, 2005).

Arcilla, de color gris, rojo y amarillo intenso, algunas moteadas, abigarradas y en lentes discontinuos de arcilla arenosa y lentes de limonita (PDVSA-Intevep, 2005). Los sedimentos de la Formación Mesa gradan de Norte a Sur de más gruesos a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del Norte. Desde la parte central de

Monagas al macizo de Guayana, gradan de más finos a más gruesos (PDVSA-Intevep, 2005).

2.4.2.2 Espesor: Es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvial y deltaica, y aumenta de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana et al., 1.980 en PDVSA-Intevep, 2005). Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 metros, mientras que en el estado Bolívar llega a los 80 metros o más (PDVSA-Intevep, 2005).

2.4.2.3 Contactos: En el estado Bolívar la Formación Mesa suprayace en posición discordante a las rocas del Complejo de Imataca (PDVSA-Intevep, 2005). Por debajo de la Formación Mesa, en ocasiones debajo de las capas de suelo y como terrazas de inundación se observa la presencia de roca meteorizada del basamento, fracturada y diaclasada.

2.4.2.4 Fósiles: En la Formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silificada (xilópalo y sílex xiloideo) (González de Juana et al., 1.980 en PDVSA-Intevep, 2005).

2.4.2.5 Correlación: Los sedimentos de la Formación Mesa gradan hacia el Este a sedimentos de la Formación Paria (PDVSA-Intevep, 2005).

Edad: Se ha postulado una edad del Pleistoceno para la Formación Mesa (PDVSA-Intevep, 2005).

2.4.2.6 Paleoambientes: La Formación Mesa se interpreta como producto de un extenso delta que avanzó hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco, depositando secuencias fluviales, deltaicas y paludales. El relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de granos muy gruesos, mientras que desde el Sur el aporte principal fue de arenas. En la zona central se desarrollaron grandes ciénagas (PDVSA-Intevep, 2005.), considera que los sedimentos de la formación representan depósitos torrenciales y aluviales contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior.

2.4.3 Sedimentos recientes

Estos materiales se han estado depositando desde el Holoceno (Reciente) hasta el presente. Estos depósitos de sedimentos recientes están formados por materiales producto de la disgregación de rocas de la Formación Mesa y del Complejo de Imataca.

En su mayor parte están constituidos por gravas, arenas, limo y arcillas arrastradas por las aguas y el viento, las cuales principalmente se han depositado en los cauces de los ríos. (Estanga, 1993 en Mendoza, V. 2000).

2.5 Geología local

Según Yáñez, G. 1991 en su trabajo “Geomorfología del área entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana”, el área se encuentra enmarcada por los sedimentos no consolidados que constituyen la Formación Mesa, circunscrita entre los ríos Santa Bárbara y Buena Vista y en menor proporción por los sedimentos y aluviones recientes. Debido a la cobertura de estos sedimentos las rocas pertenecientes al Complejo de Imataca, no afloran en el área, pero se infiere su existencia a algunas

decenas de metros de profundidad debido a que la formación Mesa se encuentra discordante con el Complejo de Imataca.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Desde hace varios años se vienen realizando trabajos de investigación en la zona de estudio, y en áreas adyacentes predominando los de las zonas aledañas. Sin embargo en vista de que el área general donde se encuentran estas cuencas posee una litología uniforme a lo largo de toda su extensión (en su mayoría sedimentos de la Formación Mesa y rocas del Complejo de Imataca), se pueden tomar los datos de esos trabajos previos para establecer comparación con el nuestro en relación a las características geológicas, geomorfológicas, físicas y químicas que se determinaron en ellos. En esta casa de estudios, desde hace varios años se vienen desarrollando trabajos de investigación relacionados con la contaminación de los cursos de aguas e identificación de las fuentes contaminantes que afectan estas zonas.

Los trabajos realizados en la cuenca del río Buena Vista datan desde hace más de 3 décadas, sin embargo debido a la condición inédita de estos, solo podemos citar como el más antiguo el realizado por TORREALBA, Víctor y PÉREZ, Néstor (Julio 1.990) el cual trata como tópico principal el “ESTUDIO GEOTÉCNICO E HIDROLÓGICO CON FINES DE ORDENACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BUENA VISTA”. También podemos citar el realizado por CAMPOS, Oswaldo (1.994) el cual trata las “CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS PARA EL CONTROL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS STA. BÁRBARA, SAN RAFAEL Y BUENA VISTA”.

El trabajo más reciente publicado es el realizado por SILVA, T. Gelinotte. (2.007) el cual lleva por título el “ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOLÓGICO-AMBIENTALES MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG) EN LA CABECERA DEL RÍO BUENA VISTA EN CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.

La Universidad de Oriente, a través de la Escuela de Ciencias de la Tierra, viene realizando desde el año 1991 estudios sobre la evaluación de las características hidrológicas , geohidrológicas y ambientales de la cuenca del río Cañafistola, trabajo de grado inédito realizado por la bachiller Blanco Luzmila en la Escuela de Ciencias de la Tierra, UDO Ciudad Bolívar.

En el año 1.992 Aguirre Carolina L. e Yraida E. Palmer A. Realizaron un trabajo de investigación como requisito para obtener los títulos de geólogos, basado en el diagnóstico de calidad de agua de los ríos San Rafael, Buena Vista, Cañafistola, Orocopiche y Marhuanta, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

En el año 2.003 los profesores Jorge Abud y Victor Mora presentan un trabajo de investigación que se centró en la caracterización física, química y bacteriológica del agua del río San Rafael, en época de sequía y lluvia 2.000-2.002. Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Este trabajo fue presentado como trabajo de ascenso inédito en las Escuelas de Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Salud; Núcleo Bolívar.

3.2 Definición de términos básicos

3.2.1 Mapa

Un mapa es una representación gráfica y métrica de una porción de [territorio](#) sobre una superficie bidimensional, generalmente plana, pero que puede ser también

esférica como ocurre en los globos terráqueos. El que el mapa tenga propiedades métricas significa que ha de ser posible tomar medidas de distancias, ángulos o superficies sobre él y obtener un resultado aproximadamente exacto, (Oyarzún, J. 2009).

3.2.2 Mapa geológico

Un mapa geológico “es la representación de los diferentes tipos de materiales geológicos (rocas y sedimentos) que afloran en la superficie terrestre o en un determinado sector de ella, y del tipo de contacto entre ellos”, (Oyarzun, J. 2009).

3.3 Estructuras geológicas

La combinación de los diferentes tipos de pliegues y fallas que afectan la corteza terrestre produce la variedad de estructuras observables en la Tierra, como las grandes cadenas de montañas y las cuencas sedimentarias, (Oyarzun, J. 2009).

3.4 Sondeo geotécnico

El sondeo geotécnico es un tipo de prospección manual o mecánica, perteneciente a las técnicas de reconocimiento geotécnico del terreno, llevadas a cabo para conocer las características del terreno. Se trata de perforaciones de pequeño diámetro, (entre 65 y 140 mm) que, aunque no permiten la visión "in situ" del terreno, de ellos se pueden obtener testigos del terreno perforado, así como muestras, y realizar determinados ensayos en su interior, (Susanne Griem – Klee, 2008).

3.5 Muestreo geoquímico

El muestreo geoquímico es la forma corriente de obtener muestras representativas de un determinado material natural, colectado de una manera estandarizada. La cantidad de material debe estar adecuada a la finalidad del muestreo, a los requerimientos analíticos y a la conservación del remanente en repositorios como material de referencia para futuras investigaciones. La metodología de muestreo condiciona el grado de certidumbre de los resultados y normalmente constituye un porcentaje muy significativo del costo total de un proyecto. En consecuencia, es conveniente establecerla previamente mediante protocolos cuidadosamente elaborados para distintos medios, fines y escalas, (Susanne Griem – Klee, 2008).

3.6 Geoquímica

Según la definición original de GOLDSCHMIDT (Rose et al, 1979) la geoquímica es la ciencia que se ocupa de dos ramos, la determinación de la abundancia relativa y absoluta de los elementos de la tierra y el estudio de la distribución y de la migración de elementos individuales en varias partes de la tierra con el objetivo de descubrir los principios, que controlan la distribución y la migración de los elementos.

3.6.1 Método geoquímico de exploración

El método geoquímico de exploración o prospección es un método indirecto. La exploración geoquímica a minerales incluye cualquier método basándose en la medición sistemática de una o varias propiedades químicas de material naturalmente formado. El contenido de trazas de un elemento o de un grupo de elementos es la propiedad común, que se mide. El material naturalmente formado incluye rocas,

suelos, capas de hidróxidos de Fe formadas por meteorización llamadas 'Gossan', sedimentos glaciares, vegetación, sedimentos de ríos y lagos, agua y vapor. La exploración geoquímica está enfocada en el descubrimiento de distribuciones anómalas de elementos, (Rose et al, 1979).

3.7 Fondo, valores normales de fondo

El término “valores de fondo” se refiere a la abundancia normal de un elemento en los materiales terrestres no mineralizados. Considerando dos diferentes tipos de materiales terrestres la abundancia normal de un distinto elemento en un tipo de material terrestre muy probablemente difiere de su abundancia en otro tipo de material terrestre. La distribución de un distinto elemento en un material terrestre apenas es uniforme. Por esto se recomienda considerar el fondo como un intervalo de valores en vez de tratarlo como un valor absoluto, incluso cuando se observa un ambiente relativamente uniforme. La naturaleza del ambiente por sí misma puede influir en la distribución, puesto que bajo distintas condiciones unos elementos pueden ser enriquecidos y otros pueden ser empobrecidos. Por consiguiente en el estudio de muestras de un área no conocida se debería determinar o por lo menos tener en cuenta el rango de los valores de fondo. (Tabla 3.1).

En el laboratorio las variaciones en la preparación de las muestras, en los análisis del laboratorio y en los reactivos contribuyen al fondo o al ruido del fondo respectivamente. Respecto al depósito mineral, los procesos que modifican el depósito mineral como la migración irregular de fluidos, la meteorización y la erosión influyen en el ruido de fondo. En el terreno efectos antropógenos, como la contaminación del ambiente forman parte del ruido de fondo. Además la influencia de la morfología y la estructura geológica del terreno pueden contribuir al ruido de fondo, (Rose et al, 1979).

Tabla 3.1 Abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (Rose et al., 1979).

Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm	Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm
Bromo	Br	1,8	Mercurio	Hg	0,02
Cadmio	Cd	0,1	Molibdeno	Mo	1,5
Calcio	Ca	33000	Niobio	Nb	20
Carbono	C	230	Níquel	Ni	75
Cerio	Ce	81	Oro	Au	0,003
Cesio	Cs	3	Oxígeno	O	473000
Cinc	Zn	2	Paladio	Pd	0,01
Circonio	Zr	150	Plata	Ag	0,05
Cloro	Cl	130	Platino	Pt	0,0005
Cobalto	Co	25	Plomo	Pb	10
Cobre	Cu	50	Potasio	K	25000
Cromo	Cr	100	Renio	Re	0,0006
Escandio	Sc	13	Rubidio	Rb	150
Estaño	Sn	80	Selenio	Se	0,1
Estroncio	Sr	300	Silicio	Si	291000
Flúor	F	600	Sodio	Na	25000
Fósforo	P	900	Talio	Tl	0,45
Galio	Ga	26	Tantalio	Ta	2
Germanio	Ge	2	Telurio	Te	0,002
Hafnio	Hf	3	Titanio	Ti	4400
Hierro	Fe	46500	Torio	Th	10
Indio	In	0,1	Uranio	U	2,5
Lantano	La	25	Vanadio	V	150
Litio	Li	30	Volframio	W	1
Magnesio	Mg	17000	Yodo	I	0,15
Manganeso	Mn	1000			

3.8 Valor umbral

El valor umbral es el valor límite por encima del cual un conjunto de datos se consideran anómalos, (P. Higuera y R. Oyorzun, 2008). Los cortes superior e inferior constituyen el valor umbral. El valor umbral designa la concentración de un elemento indicador sobre el que una muestra se puede considerar anómala. En el caso más sencillo el valor umbral coincide con el límite superior de los valores de fondo, los valores mayores son anomalías, los valores menores pertenecen al fondo.

3.9 Anomalías geoquímicas

Una anomalía es una desviación con respecto a la norma. Una anomalía geoquímica es una variación de la distribución geoquímica normal correspondiente a un área o a un ambiente geoquímico. Una anomalía se expresa por medio de números, que se pueden separar de un grupo más amplio de números constituyendo el fondo geoquímico. Para ser detectada una anomalía tiene que desviarse claramente de este fondo. En sentido estricto, un depósito mineral como un fenómeno escaso y anómalo por sí mismo es una anomalía geoquímica. La distribución geoquímica relacionada con la génesis o la erosión del depósito mineral también es una anomalía, (Rose et al, 1979).

3.9.1 Tipos de anomalías geoquímicas

3.9.1.1 Anomalías epigenéticas en las rocas de caja: se describen como aureolas químicas, mineralógicas e isotópicas generadas por los procesos de mineralización, de escape y de lixiviación de los elementos a través de los fluidos, que causan la mineralización y que pasan por canales desde el cuerpo mineralizado hacia las rocas de caja. Estas anomalías están superpuestas a las rocas preexistentes y se ubican en las rocas de caja de un cuerpo mineralizado. El desarrollo más extensivo de anomalías epigenéticas se observa cerca de depósitos hidrotermales y canales de transporte de fluidos. La viscosidad baja de los fluidos favorece su penetración a lo largo de fracturas y por intersticios de la roca hacia la roca de caja. Las anomalías epigenéticas están caracterizadas por cantidades anómalas de elementos distribuidas cerca de canales hidrotermales, por la alteración hidrotermal de minerales de las rocas de caja y la lixiviación de elementos en sectores del corrido de los fluidos formadores de la mineralización. Factores que controlan la formación de las aureolas son, entre otros, los gradientes de temperatura, el estado de oxidación de los iones involucrados, la movilidad de los elementos participantes, los sistemas de fracturas, la permeabilidad y la reactividad de las rocas, (Rose et al, 1979).

3.9.1.2 Anomalía causada por difusión de elementos: una aureola de difusión se genera por la difusión de metales disueltos por fluidos intersticiales estacionares hacia la roca de caja de un cuerpo mineralizado como una veta o un dique por ejemplo. Los metales disueltos subsecuentemente son precipitados en o absorbidos por la roca caja.

Los constituyentes disueltos en un fluido realizan movimientos atómicos al azar y tienden a difundir hacia las regiones de concentración más baja. Debido a la velocidad extremadamente pequeña de la difusión el efecto de difusión normalmente es mucho menor en comparación con aquel de la infiltración. En comparación con el efecto de un fluido moviéndose con una velocidad de 0,001mm/s (= 32m/año) por ejemplo el efecto de difusión es despreciable (Rose et al. 1979). En ausencia de un gradiente alto de presión o de una salida hacia una zona permeable el fluido solo

podrá pasar lentamente por los poros finos y fracturas de la roca y el efecto de la difusión podría ser significativo.

La naturaleza de una aureola formada por difusión, por absorción y precipitación depende de los siguientes factores:

- Concentración del elemento difundiéndose desde su fuente: una concentración inicial alta resulta en valores altos a lo largo de un perfil de concentración trazado a partir de la fuente del elemento, es decir, a partir del cuerpo mineralizado hacia la roca caja; una variación de la concentración del elemento en la fuente también influye en la difusión.
- Intervalo de tiempo en que puede actuar la difusión: tanto más tiempo disponible, tanto más extendida será la aureola de difusión.
- Naturaleza de reacciones con la roca de caja: en una roca de caja reactiva se desarrollará una aureola pequeña, caracterizada por altas concentraciones de elementos; en una roca caja menos reactiva se desarrollará una aureola de difusión más extendida con concentraciones de elementos más bajas.
- Porosidad y permeabilidad de la roca caja: una roca caja con alta porosidad y con poros conectados entre sí tiende a hospedar aureolas más extendidas en comparación con una roca menos porosa.
- Valor de la constante de difusión característica para la especie química (elemento, molécula) y para las condiciones químicas respectivas: generalmente iones pequeños y temperaturas altas tienden a favorecer aureolas grandes.

3.9.1.3 Anomalía de corrosión o de lixiviación: un halo de corrosión se causa por fluidos, que pasan por vetas, fracturas e intersticios de la roca y cuyos metales disueltos subsecuentemente son precipitados o absorbidos. Este tipo de transporte se denomina infiltración, las anomalías resultantes se llama anomalías de corrosión o de lixiviación.

La ubicación, las dimensiones y la intensidad de una anomalía de corrosión dependen de los factores siguientes:

- Corrido del fluido mineralizado: Zonas de fracturas o de alta porosidad en la roca figuran zonas permeables, que favorecen un recorrido rápido en comparación al corrido a lo largo de bordes de granos o en poros de rocas macizas. Normalmente el corrido de los fluidos hidrotermales está dirigido hacia arriba debido a las presiones elevadas presentes en altas profundidades, sin embargo, no se excluye corridos horizontales o dirigidos hacia abajo.

- Concentración de los elementos indicadores en el fluido mineralizado: Barnes & Czamanske, (1967), en Rose et al., 1979, estiman, que los fluidos formadores de los depósitos de los metales básicos comunes, contienen metales en rangos entre 1ppm y 1000ppm. En comparación, las aguas superficiales y subterráneas normalmente están caracterizadas por concentraciones en Cu, Pb y Zn de aproximadamente 0,01 ppm.

- Influencia de precipitación, absorción, intercambio iónico y de otros procesos al transferir los elementos indicadores de su forma disuelta en el fluido hidrotermal hacia una fase sólida en la roca.

Prácticamente los dos efectos anteriormente descritos, la difusión y la infiltración pueden contribuir a la formación de una anomalía.

En cuanto a la distribución de los elementos por zonas en depósitos minerales epigenéticos y en sus aureolas, estos pueden ser caracterizados de acuerdo a las proporciones de pares de elementos que varían gradual y progresivamente en función con la distancia o de la posición respecto al depósito mineral debido a variaciones en las condiciones de deposición y en el fluido, que genera la mineralización. Las proporciones de metales pueden proveer un medio indicador para la dirección, en que la mineralización se ubica o se vuelve más rica, y un medio para distinguir las raíces de la mineralización de anomalías, que superponen la mineralización.

3.9.2 Anomalías en aguas

Una distribución anómala de elementos en aguas subterráneas y meteóricas se denomina anomalía hidrogeoquímica. Como generalmente los elementos son transportados en forma disuelta en las aguas naturales, los elementos más aptos para la exploración geoquímica de aguas son los elementos relativamente móviles, (Oyarzún, J. 2009).

3.9.3 Anomalías en sedimentos de drenaje

A los sedimentos de drenaje pertenecen los sedimentos de manantiales, de lagos, de llanuras de inundación, los sedimentos activos de corrientes de agua y los sedimentos, que funcionan como filtros para el agua (seepage sediments), (Oyarzún, J. 2009).

Los sistemas de drenaje a menudo parten de manantiales. Los sedimentos situados en la cercanía de los manantiales y los sedimentos de filtración tienden a exhibir anomalías apreciables y por consiguiente estos sedimentos son útiles para una exploración geoquímica. Los sedimentos activos de corrientes de agua incluyen material clástico e hidromórfico de los sectores de filtración, el material clástico

erosionado de los bancos de material detrítico situados en los lechos de los ríos y de material hidromórfico absorbido o precipitado por el agua de la corriente. Las anomalías desarrolladas en estos sedimentos activos pueden extenderse varios kilómetros con respecto a su fuente. Los estudios de estas anomalías se utilizan preferiblemente para lograr un reconocimiento general. En el caso de los lagos se estudian los componentes clásticos y el material absorbido o precipitado de los sedimentos. En áreas con una alta cantidad de lagos como en el área del escudo precámbrico de Canadá, modelado por glaciares el estudio geoquímico de los sedimentos de lagos puede ser el método más económico y efectivo para un reconocimiento general.

3.9.4 Anomalías en suelos residuales

El objetivo del estudio geoquímico de suelos consiste en el reconocimiento de la distribución primaria de elementos seleccionados en las rocas subyacentes. En los suelos residuales generalmente la distribución primaria se expresa todavía en forma relativamente clara, aún estará modificada por los efectos de varios procesos superficiales. Algunos de estos procesos tienden a homogeneizar el suelo y por consiguiente borrar la distribución primaria como entre otros la helada, la actividad de plantas, la gravedad, la disolución local y la redeposición. Otros procesos contribuyen a la formación de horizontes verticalmente diferenciados, es decir, favorecen la formación de un suelo. Otros procesos, que tienden a borrar la distribución primaria, son la remoción de elementos mediante la meteorización y la formación del suelo (corrosión por agua meteórica, ascenso por plantas) y la adición de elementos (por deposición del agua subterránea, adición de elementos provenientes de la desintegración de vegetación, por polvos, elementos disueltos en agua meteórica), (Oyarzún, J. 2009).

3.9.5 Anomalías en 'Gossan' y cubiertas afectadas por corrosión y lixiviación

'Gossan' se refiere a un producto de meteorización, que contiene Fe y que se sitúa encima de un depósito de sulfuros. Se forma por oxidación de los sulfuros y por la lixiviación del azufre y la mayoría de los metales dejando como únicos remanentes hidróxidos de Fe (limonita por ejemplo) y raramente algunos sulfatos (Bates & Jackson, 2001).

Capas de limonita residual y otros productos de meteorización de sulfuros de Fe usualmente pueden figurar guías valiosas hacia menas en áreas caracterizadas por meteorización profunda y cubiertas residuales. Infortunadamente se puede confundir fácilmente los productos de meteorización de menas con aquellos de rocas comunes. Los estudios de elementos trazas son útiles para distinguir entre menas meteorizadas y los productos de meteorización de otras formaciones geológicas, como por ejemplo, de pirita de formación hidrotermal o singenética o de carbonatos de Fe.

Las cubiertas alóctonas se constituyen de depósitos glaciares, de depósitos aluviales y coluviales, de turba, de sedimentos eólicos y material piroclástico. Una cubierta alóctona impide la observación directa de un depósito mineral subyacente. Los estudios de trazas de metales en la cubierta transportada pueden contribuir al descubrimiento de un depósito mineral escondido.

En cubiertas alóctonas se distinguen anomalías geoquímicas singenéticas y epigenéticas. La anomalía singenética se forma simultáneamente con el depósito de material transportado. La anomalía epigenética se refiere a una distribución de uno o varios elementos introducidos en el depósito de material transportado subsecuentemente a su formación. Ambos tipos de anomalías pueden ocurrir juntos en una cubierta alóctona y pueden superponerse mutuamente.

3.10 Métodos analíticos y sus aplicaciones

El método más común para realizar un estudio de reconocimiento es el análisis de sedimentos de ríos. Los métodos comunes para una investigación detallada son el análisis de suelos y el análisis de rocas. En casos especiales se analizan vapor, vegetación y agua.

Algunos de los métodos analíticos se basan en la emisión atómica (fotometría de llama, ICP) o en la absorción atómica (espectrometría de absorción atómica). En ambos fenómenos se explicará brevemente lo siguiente.

Espectro de emisión: se produce cuando un electrón de un átomo un elemento pasa de un nivel energético alto (capa lejana con respecto al núcleo del átomo) a un estado energético menor (capa cerca del núcleo atómico). Durante este proceso una cierta cantidad de energía es liberada o emitida en forma de una radiación, que se calcula de la manera siguiente: $E = (h \cdot c)/\lambda$ à $\lambda = (h \cdot c)/E$, donde $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Watt \cdot s² = constante de Planck (Plancksches Wirkungsquantum), c = velocidad de la luz en el vacío, λ = longitud de onda. Cada línea espectral caracteriza el salto de un electrón de una capa exterior definida hacia una capa interior definida en el átomo de un elemento definido. Por ejemplo, el espectro de emisión de gases incandescentes da a conocer su composición cualitativa.

Espectro de absorción: se produce cuando un electrón de un átomo de un elemento pasa de un estado energético bajo a un estado energético alto consumiendo, es decir, absorbiendo energía y generando una línea de absorción típica para el cambio del nivel energético y para el elemento, en que lo ocurre, (Bates & Jackson, 2001).

3.11 Espectrometría de absorción atómica

Aparte de la determinación de los componentes principales de una muestra, el método por absorción atómica es especialmente apto para el análisis cuantitativo de trazas de más de 40 elementos metálicos con una precisión de por lo menos 2%. El límite de detección varía entre 0,1 y 1ppm. Se basa en la producción de un estado excitado de un átomo causada por la absorción de un fotón por el átomo. Cuando la luz, que contiene el espectro del elemento específico pasa por una mezcla de gas de átomos no excitados de este elemento específico, las longitudes de ondas características para este elemento son absorbidas parcialmente produciendo de tal modo el espectro de líneas característico para este elemento. Para la mayoría de los elementos el espectro de líneas se ubica en la región ultravioleta y de la luz visible del espectro electromagnético. Como la intensidad de la absorción depende directamente de la cantidad de átomos presentes y capaces de absorber, la extinción de la muestra y la concentración del elemento específico están relacionadas linealmente. A través de calibración se obtiene la concentración del elemento en la muestra, (Bates & Jackson, 1984).

3.12 Parámetros estadísticos

Un parámetro estadístico es un número que se obtiene a partir de los datos de una distribución estadística. Los parámetros estadísticos sirven para sintetizar la información dada por una tabla o por una gráfica, (Bates & Jackson, 2001).

Las medidas de centralización nos indican en torno a qué valor (centro) se distribuyen los datos.

3.12.1 Media

La media aritmética es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos, (Bates & Jackson, 2001).

\bar{x} Es el símbolo de la media aritmética.

3.12.2 Mediana

Es el valor que ocupa el lugar central de todos los datos cuando éstos están ordenados de menor a mayor. La mediana se puede hallar sólo para variables cuantitativas, (Bates & Jackson, 2001).

La mediana se representa por M_e .

3.12.3 Moda

Es el valor que tiene mayor frecuencia absoluta. Se puede hallar la moda para variables cualitativas y cuantitativas, (Bates & Jackson, 2001).

Se representa por M_o .

3.12.4 Cuartiles

Son medidas de posición. Los cuartiles son los tres valores de la variable que dividen a un conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales. Q_1 , Q_2 y Q_3 determinan los valores correspondientes al 25%, al 50% y al 75% de los datos. El Q_2 coincide con la mediana, (Bates & Jackson, 2001).

3.12.5 Umbral

Es el valor límite, por encima del cual un conjunto de datos se consideran anómalos, (Bates & Jackson, 2001).

3.12.6 Anomalía

Son valores que se encuentran fuera del ámbito de distribución, en este trabajo una anomalía es una desviación de los patrones geoquímicos, se considera como anomalía positiva a los valores por encima del umbral superior y anomalía negativa los que se encuentran por debajo del umbral inferior, (Rose et al, 1979).

3.12.7 Gráfico de cajas

Un gráfico de este tipo consiste en un rectángulo (caja), donde los lados más largos muestran el recorrido intercuartílico (RIC). Este rectángulo está dividido por un segmento horizontal que indica donde se posiciona la mediana y por lo tanto su relación con los cuartiles primero y tercero (el segundo cuartil coincide con la mediana).

Este rectángulo se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores de umbral superior y umbral inferior. Estos segmentos que quedan arriba y abajo de la caja se llaman bigotes. Los bigotes tienen un límite de prolongación, de modo que aquellos valores atípicos que se separan del cuerpo principal de datos se indican individualmente. A diferencia de otros métodos de presentación de datos, los gráficos de caja muestran los valores atípicos de la variable. Llamaremos valores atípicos de la variable a aquellos que están tan apartados del cuerpo principal de los datos que bien pueden representar los efectos de causas extrañas, como algún error de medición o registro. Su eliminación no se justifica, ya que el propósito del gráfico de

caja consiste en brindarnos un mayor conocimiento de la forma en que se distribuyen los datos, (Johnson, H 2008).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

De acuerdo con el objetivo general y el problema planteado, este trabajo posee un nivel de investigación del tipo analítica y descriptiva, esto se debe a que en él se encuentra la caracterización de un hecho con el fin de analizar un evento y comprenderlo en término de sus aspectos menos evidentes y de establecer su comportamiento. Por otra parte; cabe destacar, que el presente estudio tiene un diseño de investigación del tipo documental y de campo; debido a que, está basado en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos y otros tipos de documentos (investigación documental), así como también, se fundamenta en la recolección de datos directamente del lugar donde ocurren los hechos.

4.2 Diseño de la investigación

A fin de cumplir con los objetivos propuestos para el estudio geoquímico exploratorio de la cuenca del río Buena Vista, se dividió el trabajo en cinco (5) etapas, abarcando desde la recopilación de información ya existente hasta la interpretación de datos tomados en campo y elaboración del informe final.

4.3 Recopilación de información bibliográfica y cartográfica

Durante la búsqueda y recopilación de toda la información disponible del área a estudiar, se compilaron trabajos previos relacionados (trabajos de grado, informes técnicos, entre otros) provenientes de las fuentes documentales de la biblioteca de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, la empresa Técnica Minera, (TECMIN),

Internet, entre otros, lo que permitió conocer, discutir y reseñar los aspectos más resaltantes, así como también planificar el trabajo de campo.

Adicional a las fuentes bibliográficas impresas, se emplearon las hojas cartográficas 7440 (sector Ciudad Bolívar) escala 1:100.000, Dicho material fue elaborado en 1970 por la Dirección de Cartografía Nacional, Utilizando el software Google Earth se ubicaron los puntos de muestreo tales estaciones ya habían sido seleccionados en estudio previos.

Adicionalmente, estas hojas fueron llevadas al formato en digital, con el fin de construir los mapas de esta área de estudio. Como se ha indicado anteriormente, este trabajo consiste en realizar un Estudio Geoquímico Exploratorio del río Buena Vista con estaciones de muestreo establecidas; por tal razón, fueron ubicadas previamente con la ayuda del material cartográfico empleado, y en el campo fueron verificadas con la ayuda del sistema de posicionamiento global (G.P.S). (tabla 4.1.).

Tabla 4.1 Coordenadas geográficas de muestreo de cada estación.

Estación	Ubicación	Coordenadas Geográficas	
1	Naciente.	437814	894010
2	Calle Centurión La Sabanita.	437955	894850
3	Calle Freites Sector Algarrobo.	438027	895896
4	Calle Las Flores Puente de el Perú	437867	897396
5	Sector Hotel la Piscina	437820	897667
6	Barrio el Edén	437737	898976

Identificados los objetivos a resolver se dispuso a realizar un esquema que resuma los diversos pasos a seguir para concluir dicho proyecto y/o investigación. Los pasos seguidos para la realización de esta investigación se presentan en la figura 4.1.

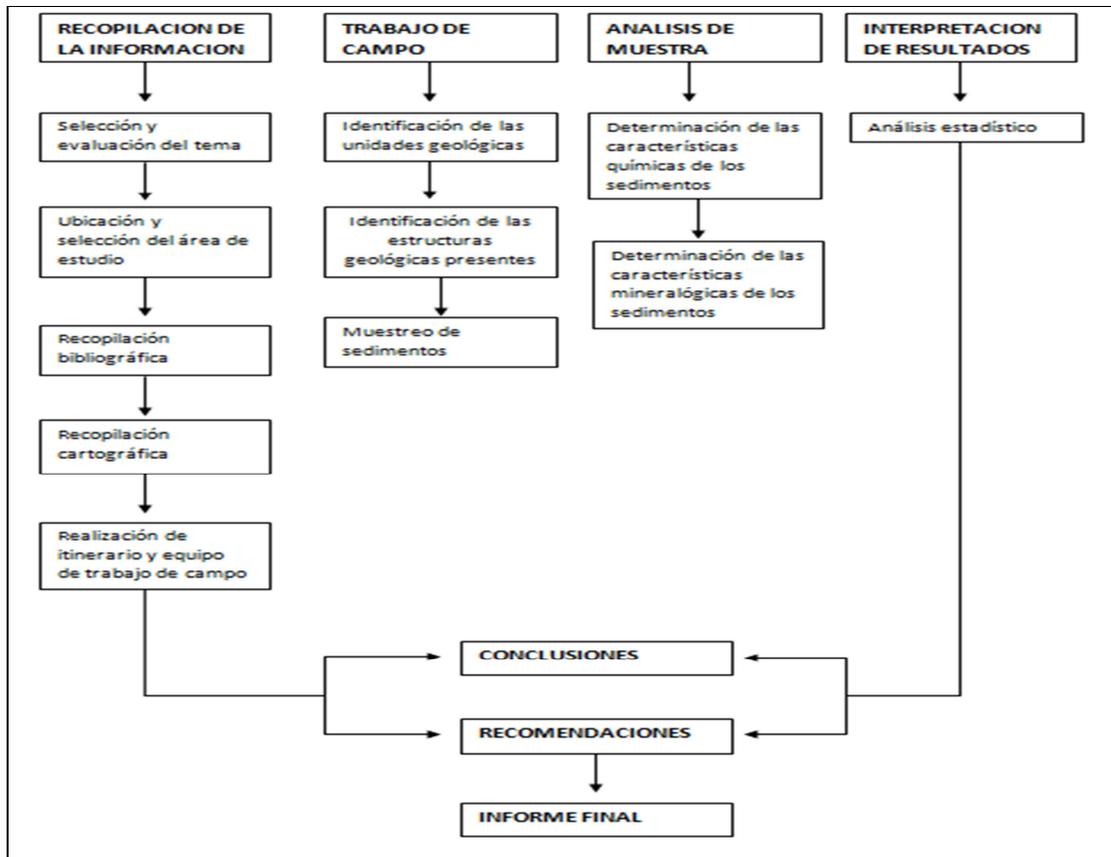


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.

4.4 Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio

De acuerdo a la información recopilada, en el área de estudio encontramos dos unidades, sedimentos de la Formación Mesa y sedimentos recientes. Estas unidades se identificaron efectuando un levantamiento geológico a lo largo del río Buena Vista observando los tipos litológicos existentes para compararlas con la geología regional y la geología local, las cuales se encuentran en las adyacencias y márgenes del río. Basándose en el tamaño de grano de los materiales y relacionándolo con las diferentes fases del curso del río.

A medida que se avanzaba en los recorridos se registraba en la libreta de campo los cambios en las dimensiones del canal y la granulometría de los sedimentos.

4.5 Descripción de las características geomorfológicas presentes en el área de estudio

Las diferentes estructuras tales como las cárcavas y planicies existentes en la zona, se identificaron visualmente durante el levantamiento geológico de campo.

Las estaciones para el muestreo de sedimentos se seleccionaron de acuerdo a las vías de acceso que se lograron identificar a lo largo del río.

Todos los puntos de muestreo fueron georeferenciados con el uso del equipo o sistema de posicionamiento global GPS, para luego ser graficados en un mapa base digitalizado y así definir el mapa de muestreo, esto con ayuda del software Autocad 2008.

4.6 Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico

En el desarrollo de este objetivo es necesario un proceso de preparación de las muestras que se inicia con la deshidratación de las mismas, estas son colocadas en bandejas sobre una plancha o reactor de calentamiento hasta que se evapore toda el agua retenida, luego se procede con las técnicas tradicionales de homogenización y cuarteo, extrayendo unos 125g de una muestra original de aproximadamente 1kg.

Esta porción destinada a análisis químico se llevó al laboratorio de corte de la Universidad de Oriente donde se pulverizaron al máximo posible, hecho esto se tamizaron con el fin de obtener la fracción más fina y más homogénea que permita

un incremento en la calidad de las mediciones que se ejecuten posteriormente, para esto se utilizó el tamiz 150 y se recolectó el pasante o retenido en la p.m.

Las muestras pulverizadas fueron trasladadas al laboratorio de geociencias para finalmente realizar las mediciones de los diferentes elementos seleccionados, a través del método de Espectrofotometría de Absorción.

Para efectuar el análisis a cada una de las muestras se procede a llevar todas las muestras a solución ya que de esta manera se realiza la toma de datos, lo primero que se efectúa es pesar 0,1 gr. de la muestra en un vaso de precipitado haciendo uso de una balanza electrónica "Sertorius" (0.1 mg), posteriormente se humedecen las muestras con agua destilada y se añaden 20 ml de Agua Regia para la disolución de cada muestra, que se prepara en partes de 3:1 de ácido clorhídrico y ácido nítrico respectivamente precipitados se les coloca un vidrio de reloj. Se colocan las muestras identificadas sobre un reactor de calentamiento dentro de una campana extractora de gases tóxicos y se deja a temperatura baja durante el tiempo que sea necesario hasta que la muestra se reduzca a su totalidad. Al bajar la muestra del reactor de calentamiento se dejan enfriar y se filtran a través de un filtro N° 30 en balones aforados de 100 ml., se pasa la totalidad de las muestras disueltas como se puede apreciar en la figura 4.12, y posteriormente se completa hasta la línea de aforo del balón con agua destilada, estas se tapan y se agitan para luego tomar las mediciones de absorción atómica de cada elemento. Para esta investigación se determinó: Cd, Zn, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Ti.

4.7 Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos presentes del río en estudio

Para el análisis mineralógico se seleccionaron seis muestras distribuidas uniformemente a lo largo de la sección muestreada, la fase de preparación de estas

muestras se inicia con un proceso de tamizado, en este procedimiento se hizo uso del juego de tamices 10, 18, 35,60, 120, 150, pam y la agitadora mecánica.

Del producto del tamizado se extrajeron y se reservaron las partículas retenidas en el tamiz 120, luego se procedió a la separación de las partículas pesadas de las livianas, en este paso para cada muestra se preparó un tubo de decantación con un contenido de 100 ml de Bromoformo o bálsamo de Canadá, una vez agregada la muestra al bromoformo se agitan para que las partículas entren en movimiento y así precipiten los minerales pesados, esta se deja reposar hasta que las partículas se estabilicen y no haya más precipitación , se decantan, se filtran y se secan en un reactor de calentamiento las muestras extraídas de minerales pesados, luego estas son separadas en fracciones magnéticas y no magnéticas con el uso de un imán. La muestra de minerales pesados no magnéticos resultante es etiquetada y llevada al laboratorio de petrografía para su análisis. Para cada muestra se extrae una parte que es colocada en un porta objeto y cubre objeto y con el uso de un microscopio óptico de luz transmitida marca zeiss se determinó, de mayor a menor, el porcentaje de abundancia para cada mineral presente. (Figura 4.2).



Figura 4.2 Concentración de minerales pesados mediante el uso de bromoformo.

4.8 Aplicación de un método estadístico apropiado en la determinación de las anomalías presentes

A los datos de análisis de sedimentos se les aplicó un tratamiento estadístico por la técnica de las cajas gráficas con ayuda del software Microsoft Excel, con el uso de este software se obtienen resultados más satisfactorios ya que se evita incurrir en errores por cálculos manuales. Para elaborar las cajas gráficas, en primer lugar, se vacían los datos obtenidos para cada elemento en hojas de cálculo de Excel, generando así las matrices de datos para el cálculo de los diferentes parámetros estadísticos como el cuartil 1, mediana y cuartil 3. Estos parámetros permiten determinar los valores de fondo, en una caja gráfica el intervalo de valores de fondo estaría comprendido entre los dos cuartos y correspondería a la dispersión de los datos con respecto a la mediana, para una distribución irregular el valor de fondo es calculado como el valor correspondiente a la mediana.

Para determinar los valores de los umbrales superior e inferior se aplican las expresiones siguientes, (Ecuación n° 4.1)

$$U \text{ superior} = Q3 + (RI \times 1,5) \quad ; \quad U \text{ inferior} = Q1 - (RI \times 1,5). \quad (4.1)$$

Donde: Q3 es el valor de el cuartil 3; Q1 es el valor del cuartil 1 y RI es el rango intercuartil, $RI = Q3 - Q1$.

Los valores de umbral son los valores límites por encima del cual un conjunto de datos se consideran anómalos o desviados del patrón geoquímico de un área determinada, en este trabajo se consideran anómalos los valores que se encuentran fuera del ámbito de la distribución.

4.9 Determinación de las fuentes de minerales en la cuenca de estudio

Para la determinación de las fuentes que estarían aportando minerales a la cuenca, se analiza el comportamiento de los histogramas de distribución de concentraciones, donde se define la cantidad de modas para un determinado elemento, esto nos permite establecer el número de fuentes portadoras de minerales y las zonas sobresalientes de acuerdo a la ubicación de los picos en el histograma.

Se examinan los valores arrojados por los análisis químicos para delimitar las zonas anómalas o aquellas zonas donde los valores de concentración obtenidos sean resaltantes, de acuerdo a la ubicación de estos puntos en el mapa de muestreo, se hace un seguimiento aguas arriba descartando los afluentes o canal principal según el caso, estériles o con valores bajos, siguiendo la dirección de los mayores valores, esta dirección preferencial la definimos como dirección de procedencia de los minerales. Teniendo en cuenta la dirección de procedencia se determinan los afloramientos

rocosos y/o afluentes que se encuentren en la misma y que estén actuando como fuentes aportaderas de minerales.

4.10 Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo

Para la elaboración de estos, se utilizó el mapa topográfico del río Buena Vista escala 1:100.000 como base y de acuerdo a los puntos de acceso y a la división estipulada de la cuenca en alta, media y baja se determinaron las áreas susceptibles al muestreo teniendo en cuenta que se aplicaría un muestreo aleatorio, luego con la asistencia del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se obtuvieron las coordenadas de los puntos de muestreo, en las cuales fueron recolectados los sedimentos. Luego con la ayuda del software Auto CAD 2008 se georeferenciaron estos puntos en el mapa (Anexo 2).

Para los datos de sondeo en cada punto de muestreo se combina los puntos de muestreo con las concentraciones de los elementos de interés correspondientes, identificando los puntos con colores asignados de acuerdo al grado de concentración, bajo, medio y alto.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio

En la cuenca del río Buena Vista se identificaron dos unidades litológicas pertenecientes a la Formación Mesa y Aluviones o sedimentos recientes. Las rocas pertenecientes al complejo de Imataca no afloran en el área, pero se infiere su existencia en algunos metros de profundidad, se encuentra en contacto discordante con la formación Mesa pero no se encuentran afloramientos de esta, en el lugar de estudio.

La Formación Mesa en la zona de la cuenca del río Buena Vista se divide en dos horizontes, una parte superior de color generalmente rojizo, producto de la lixiviación del hierro y comprende una secuencia de arcillas limonitas y arenas bien estratificadas la cual presenta concreciones de hierro, y una parte inferior que esta menos afectada por la lixiviación y presenta estratos de limo arcillas y arenas de tonos claros. En campo se observó la litología de esta formación a través de afloramientos de la misma, la cual se describe de la siguiente manera: Arenas, algunas de grano grueso con gravas, de colores amarillentas y rojo (Figura 5.1).



Figura 5.1 Escarpes erosivos de la Formación Mesa.

La Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltaico y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el este de la misma forma que avanza hoy el Delta del Río Orinoco. La Formación grada lateralmente hacia el este de la Formación Paria.

Sobre esta unidad se encuentran los sedimentos recientes, estos se caracterizan por aluviones y estos se extienden por toda el área de la sub-cuenca, preferentemente en áreas adyacentes al cauce del río. La mayoría de los sedimentos son areno-limosos, de color amarillento, originados por la disgregación de los sedimentos no consolidados de la Formación Mesa y la meteorización de los gneises cuarzofeldespáticos del Complejo de Imataca (Figura5.2).



Figura 5.2 Sedimentos Recientes.

Estos sedimentos son arrastrados por el agua de escorrentía, el viento y la gravedad a niveles inferiores hasta ser encauzados en el río. Con la pérdida de energía por la caída del gradiente de altitud, el río erosiona lateralmente sus márgenes desarrollando pequeñas planicies aluvionales de sedimentación arenosa; esto ocurre con mayor intensidad durante las inundaciones periódicas (Figura 5.3).



Figura 5.3 Planicie aluvional.

5.2 Descripción de las características geomorfológicas presentes en el área de estudio

En la zona sur de cuenca del río Buena Vista se encuentran Cárcavas producto de las aguas de escorrentía encausadas y aguas urbanas, que aprovechando las condiciones de maleabilidad de los sedimentos poco consolidados de la Formación Mesa, controlan la dinámica de vertiente y el retroceso de las mismas. (Figura 5.4).



Figura 5.4 Cárcavas o farallones sector la Beatrices.

En las zonas cercanas al río Orinoco se ha formado una planicie fluvial-torrencial constituida por material producto de degradación y aluvionamiento, en la que existen áreas generalizadas estacionarias, alimentadas por las aguas de lluvia.

5.3 Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico

Los valores de concentraciones de los elementos químicos analizados fueron ordenados en la Tabla 5.1. Son 30 muestras en total a lo largo de toda la cuenca.

una mediana de 0,011 ppm, un cuartil tres de 0,0125 ppm y una media de 0,010 ppm. Los valores determinados en el análisis químico para este elemento se definieron en un intervalo de concentración entre 0,007-0,017 ppm, ubicándose los valores más elevados hacia la zona de aguas arriba, de acuerdo al tratamiento estadístico por el método de cajas gráficas, el valor umbral calculado es de 0,02 ppm, considerándose valores anómalos los superiores a este, de tal manera que no existen anomalías ni concentraciones importantes de cadmio en la zona de estudio. (Figuras 5.5 y 5.6).

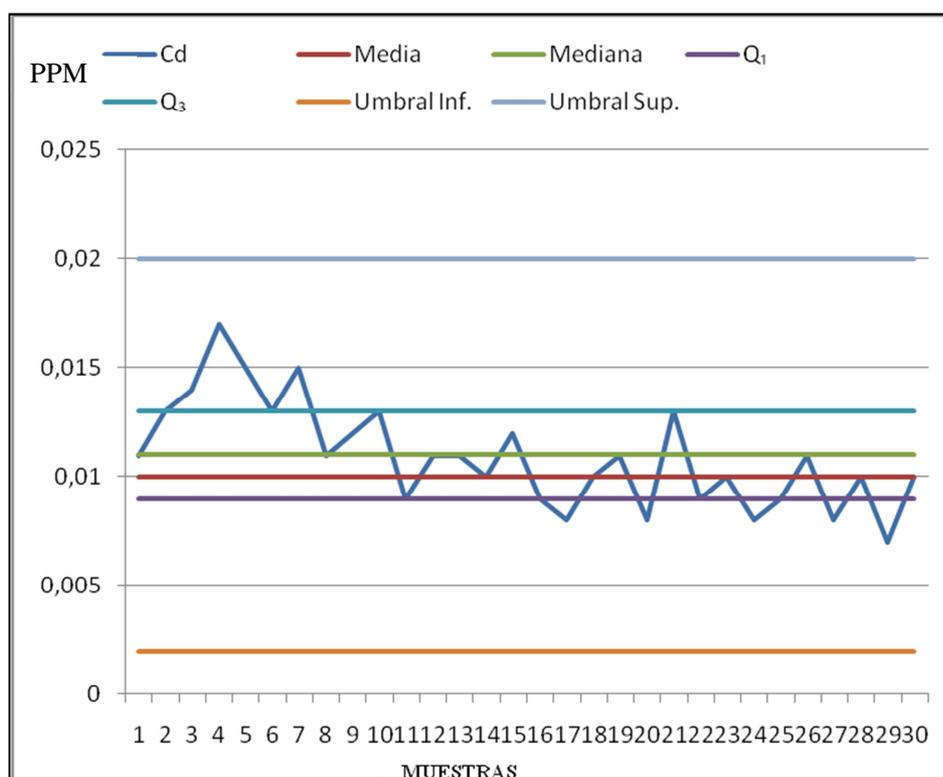


Figura 5.5 Distribución de las concentraciones de Cadmio.

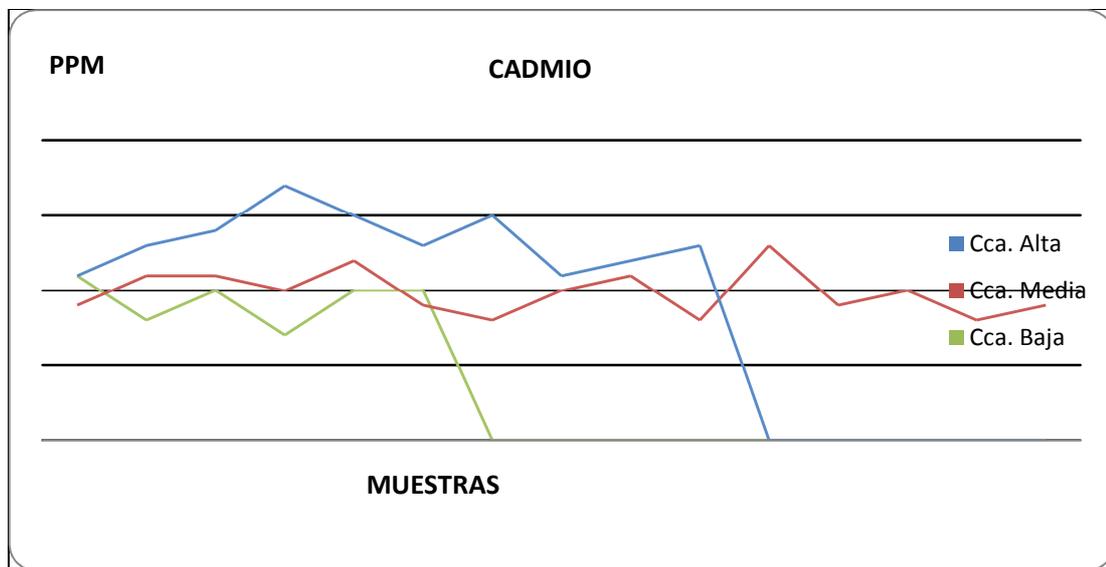


Figura 5.6. Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la Cuenca.

5.3.2 Cinc

La concentración promedio de este elemento en muestras de sedimentos finos presento un cuartil uno de 6,385 ppm de, con una mediana de 6,503 ppm, un cuartil tres de 6,578 ppm, un promedio de 6,480 ppm, en un intervalo de concentración entre 6,129 ppm y 6,781 ppm, de acuerdo a las graficas, los picos o valores altos se presentaron en su mayoría en la cuenca alta y media; mientras que en la cuenca baja cercana a la desembocadura las muestras recolectadas mostraron valores bajos indicando todo esto que existen dos (2) fuentes de dicha traza. De acuerdo al análisis estadístico por cajas gráficas las anomalías positivas deben encontrarse sobre los 6,8 ppm correspondiente al valor de umbral, en base a esto no se encontraron valores anómalos para cinc en la zona estudiada. Algunos autores señalan que la concentración de cinc en muestra de sedimentos finos puede estar entre 10-200 ppm y que valores mayores a 200 ppm pueden ser indicativos de algún tipo de mineralización de este elemento. (Figuras 5.7 y 5.8).

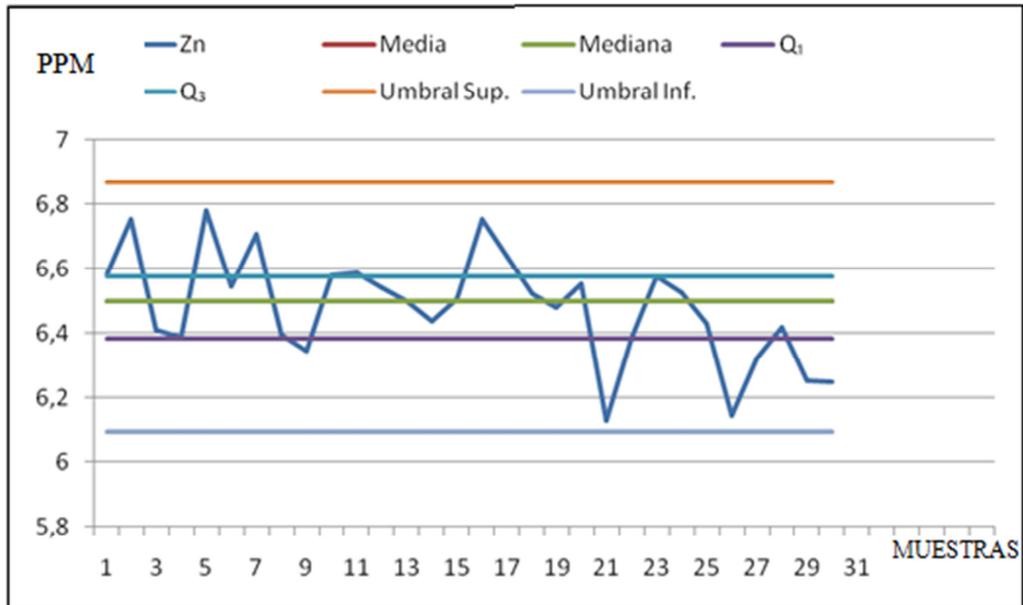


Figura 5.7 Distribución de concentraciones de Cinc (Zn).

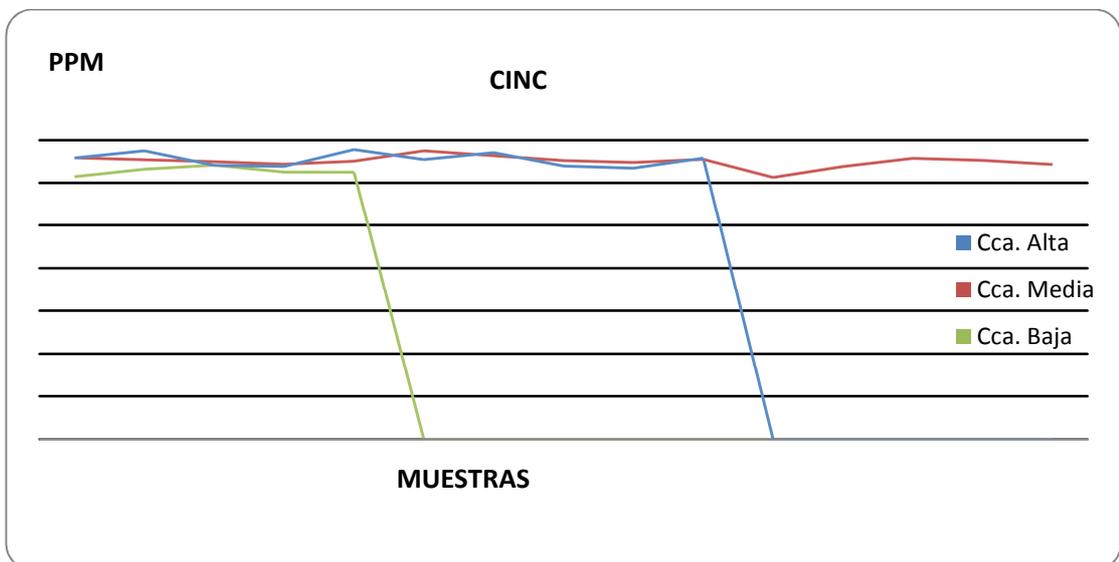


Figura 5.8. Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la Cuenca.

5.3.3 Cobalto

El Cobalto arrojó un cuartil uno 2,239 ppm, con una mediana de 2,287 ppm, un cuartil tres de 2,339 ppm y un promedio de 2,292 ppm, en un intervalo de concentración que varía entre 2,153 – 2,473 ppm, encontrándose en su mayoría valores altos en la sección correspondiente a la cuenca alta. En base al análisis estadístico por cajas gráficas no se encuentran anomalías. Las anomalías positiva deben encontrarse por encima de 2,558 ppm. De acuerdo con los estudios realizados por investigadores la concentración de este elemento en sedimentos finos puede variar entre 5-50ppm donde valores superiores a 50 ppm se considerarían anómalos, los valores que encontramos superiores a los citados en la bibliografía están asociados a las elevadas concentraciones de cobalto presentes en los gneises graníticos de la Provincia de Imataca (Figuras 5.9 y 5.10).

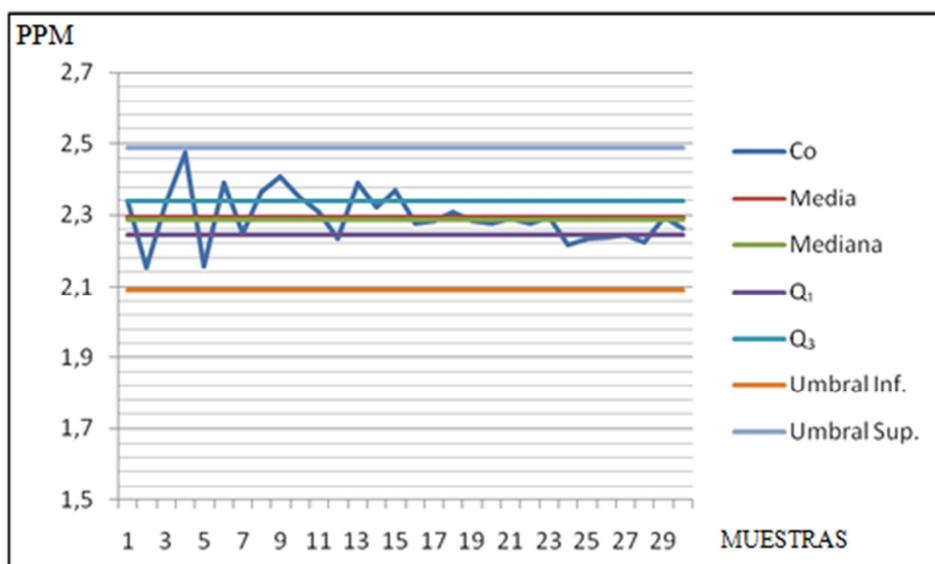


Figura 5.9 Distribución de las concentraciones de Cobalto (Co).

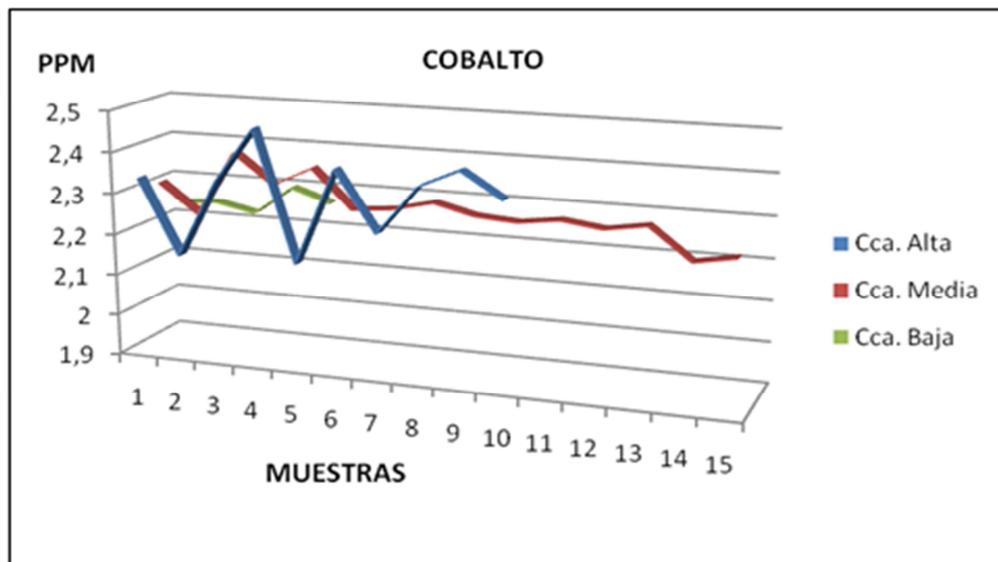


Figura 5.10 Distribución de las concentraciones de Cobalto a lo largo de la cuenca.

5.3.4 Cobre

En las muestras de sedimentos finos el promedio de cobre fue de 5,262 ppm con una mediana de 5,234 ppm, en un intervalo de concentración que varía entre 5,004-5,870 ppm; presentándose los valores mayores en la sección de la cuenca alta. El 75% de las muestras presentaron valores inferiores a 5,314 ppm. Algunos estudios señalan que valores mayores de 80ppm pueden considerarse anómalos y el valor más elevado registrado en la zona fue de 5,870 ppm. Los valores locales de cobre podríamos considerar que los valores altos se ubican en la cuenca alta, dada la naturaleza de las rocas en la zona y su promedio de concentración de cobre en comparación con el promedio de las rocas graníticas del Complejo de Imataca de 6ppm (Dougan en Mendoza, (2000). Estos gneises son la fuente de cobre para muchas cuencas, (Figuras 5.11 y 5.12).

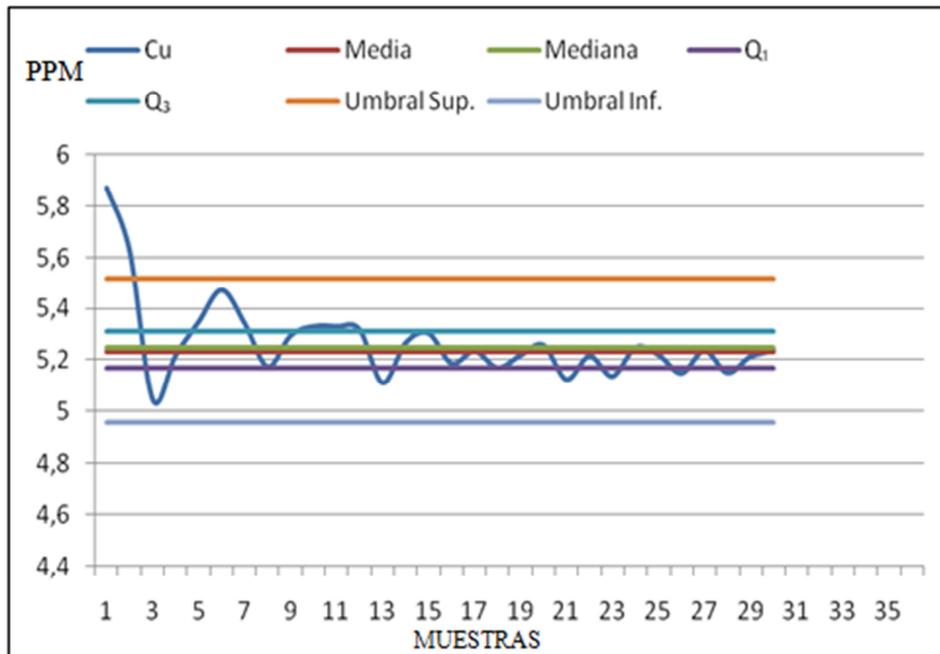


Figura 5.11 Distribución de las concentraciones de Cobre.

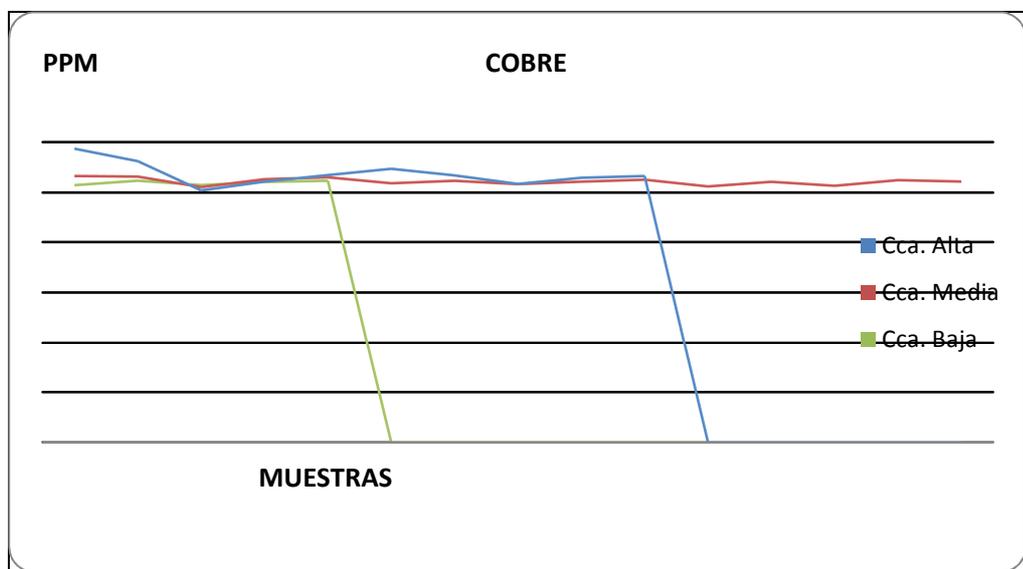


Figura 5.12 Distribución de las concentraciones de Cobre en diferentes secciones en la cuenca.

5.3.5 Cromo

El elemento Cr arrojó en sus análisis químicos una concentración promedio de 4,255 ppm con una mediana de 4,256 ppm en un intervalo de 4,118-4,374 ppm; encontrándose los mayores valores en las secciones correspondientes a las cuencas altas, media y baja. Los valores elevados de cromo en los sedimentos de esta cuenca probablemente se deben a la alta concentración de este metal en los gneises de la zona, estos mantienen un promedio de 126,25 ppm y a la presencia de rocas máficas con una concentración de 128 ppm, para los gneises este valor se considera relativamente elevado en comparación con el calculado por Dougan en Mendoza, (2000), de 12 ppm. De acuerdo al comportamiento del histograma de concentración (Figura 5.13 y 5.14).

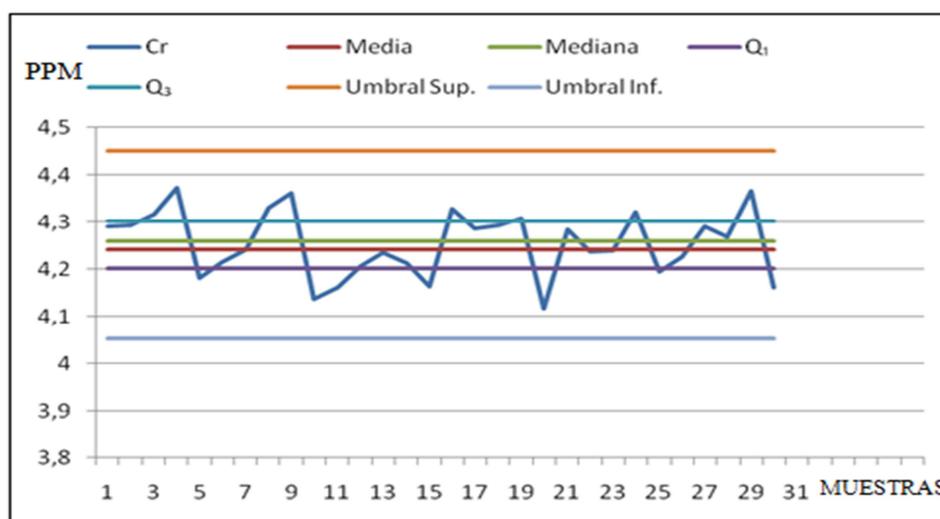


Figura 5.13 Distribución de las concentraciones de Cromo.

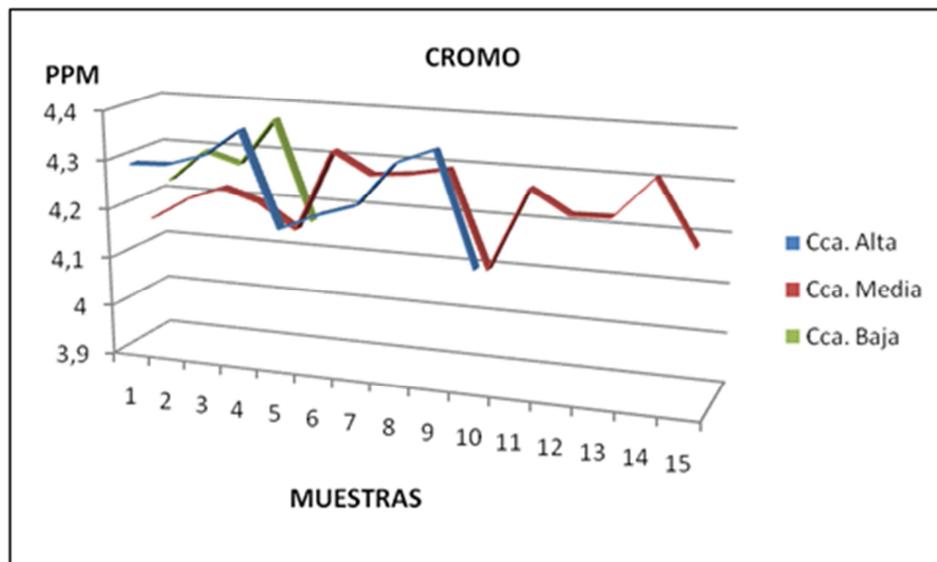


Figura 5.14 Distribución de las concentraciones de Cromo.

5.3.6 Hierro

La concentración promedio del hierro es de 2826,773 ppm con una mediana de 2804,5 ppm en un intervalo de concentración de 2642-3147 ppm. En base al análisis estadístico por cajas gráficas (Figuras 5.12 5.13) se observa una los mayores valores se ubican en la cuenca media, probablemente como producto de el arrastre de partículas que contienen dicho elemento y provenientes de rocas pertenecientes a la cuenca alta, los valores registrados, el 75% de las muestras registraron valores inferiores a 2862 ppm. (Figuras 5.15 y 5.16).

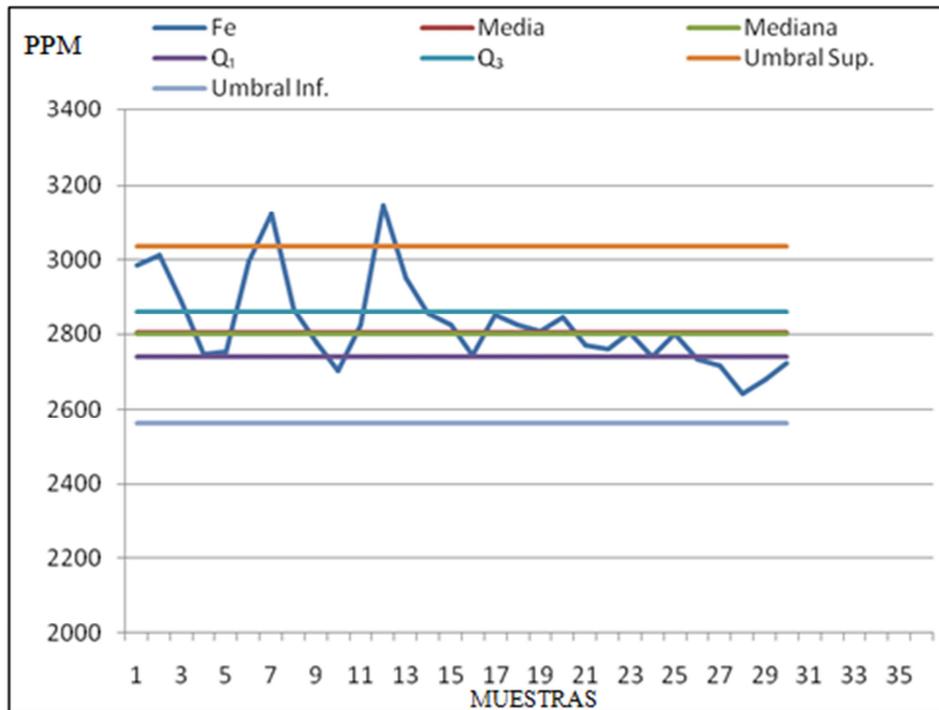


Figura 5.15 Distribución de las concentraciones de Hierro

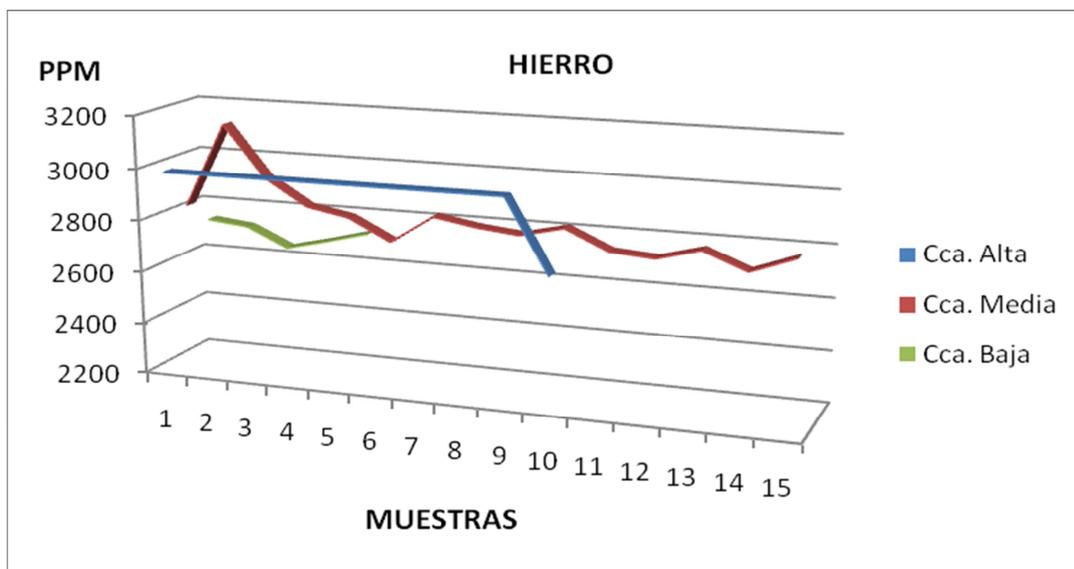


Figura 5.16 Distribución de las concentraciones de Hierro en diferentes secciones de la cuenca.

5.3.7 Manganeso

La concentración promedio de manganeso para sedimentos finos fue de 529 ppm con una mediana de 528 ppm en un intervalo que varía entre 412-572 ppm; el 75% de los resultados obtenidos 512 ppm, no observándose valores anómalos basándonos en el análisis estadístico por gráficas, las concentraciones de manganeso en sedimentos finos para algunos autores pueden variar entre 10-50 ppm, los valores señalados en la zona de estudio no sobrepasan este intervalo. El histograma de concentración de manganeso podemos observar que los valores altos se encuentran en las cuencas altas y media. (Figuras 5.17 y 5.18).

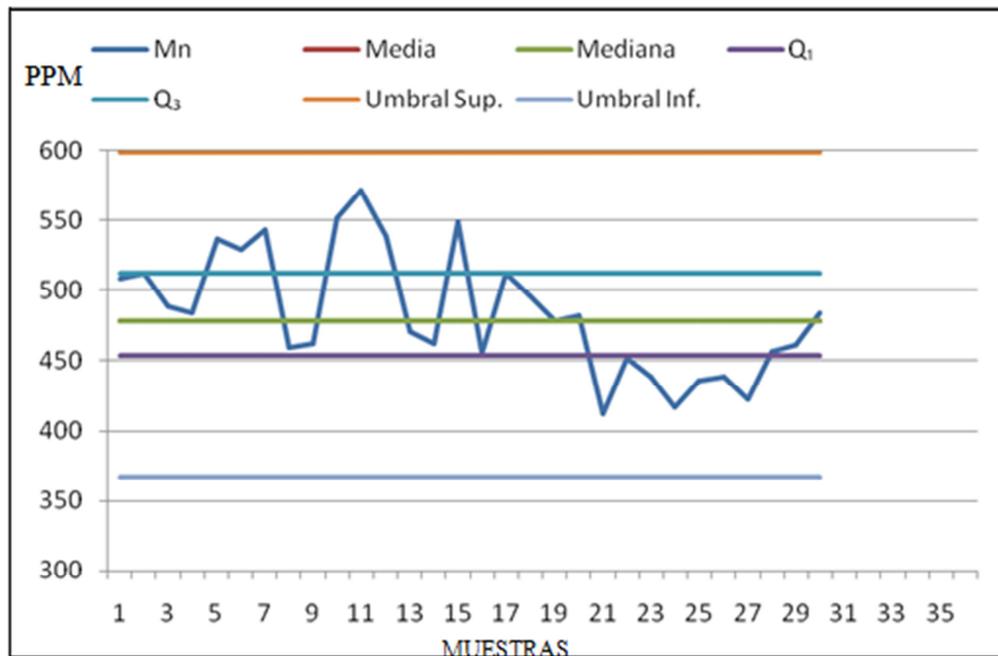


Figura 5.17 Distribución de las concentraciones de Manganeso.

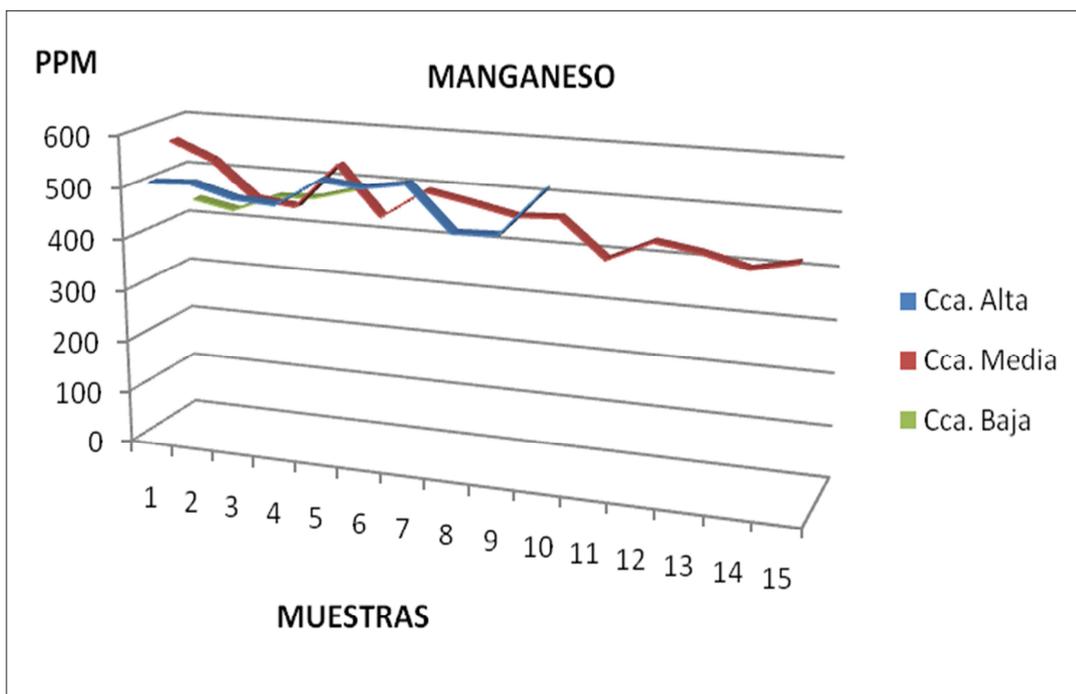


Figura 5.18 Distribución de las concentraciones de Mn en diferentes secciones en la cuenca.

5.3.8 Níquel

Las muestras de sedimentos finos tienen un promedio para concentraciones de níquel de 2,073 ppm y una mediana de 2,095 ppm con un intervalo de 1,862 – 2,31 ppm. El 75% de las muestras presentaron un valor inferior 2,123 ppm. Para algunos investigadores la concentración de níquel para muestras de sedimentos finos puede variar entre 5-150 ppm manteniéndose los valores encontrados en la zona de estudio menores al rango citado en la bibliografía. El histograma de concentración para dicho elemento de las muestras estudiadas se denota un comportamiento bimodal, lo cual podemos interpretar como 2 fuentes generadoras de níquel en la zona, una en la sección de la cuenca alta y otra en la media. (Figuras 5.19 y 5.120).

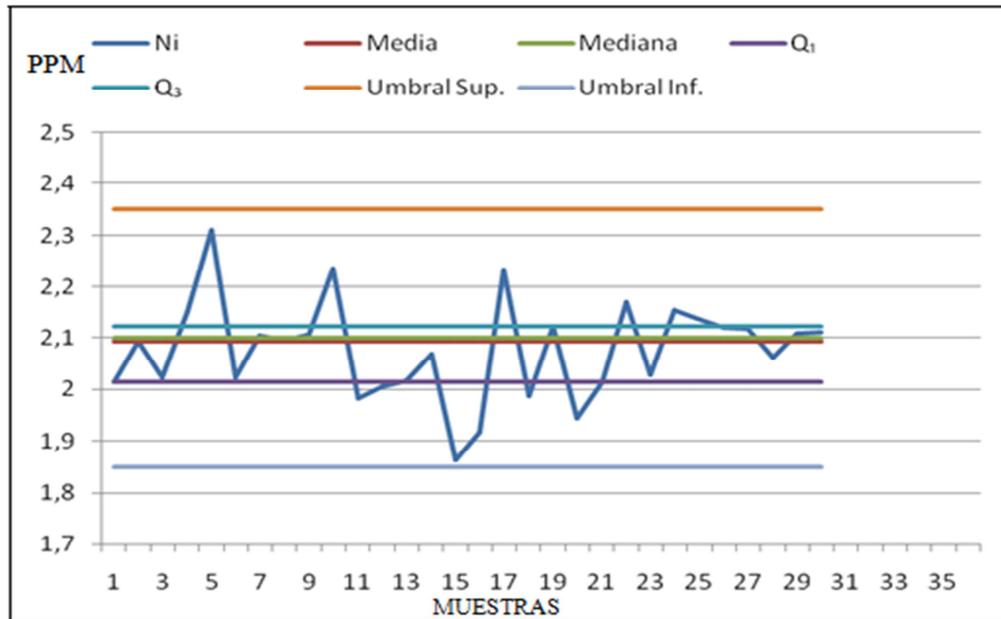


Figura 5.19 Distribución de las concentraciones de Niquel.

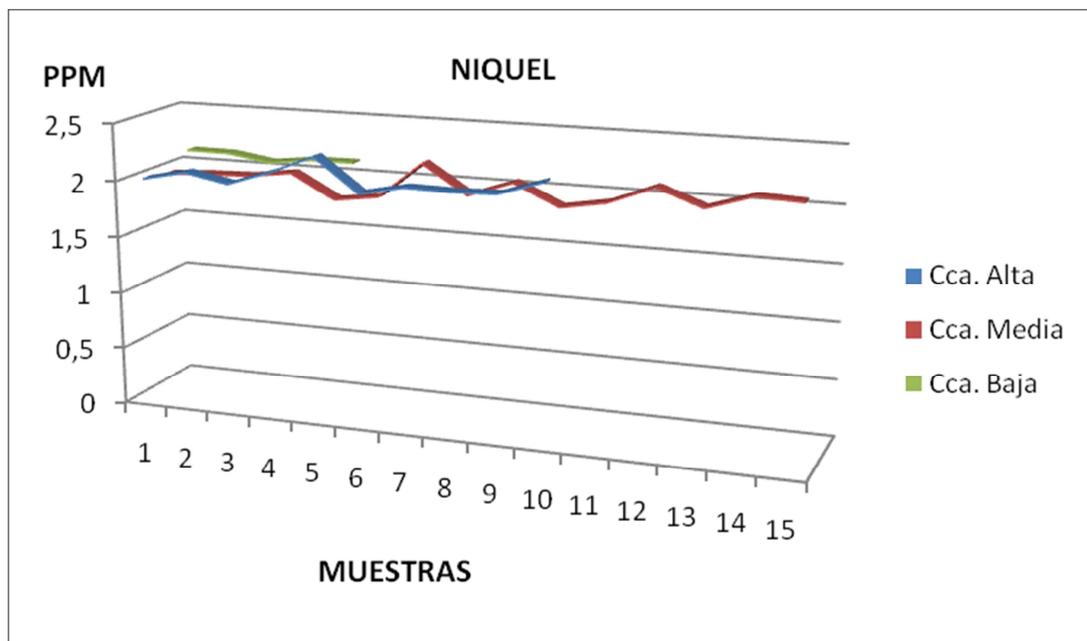


Figura 5.20 Distribución de las concentraciones de Ni en diferentes secciones en la cuenca.

5.3.9 Molibdeno

Las muestras de sedimentos finos recolectadas correspondiente a la zona de estudio, dieron como resultado un promedio de concentración de molibdeno de 0,529ppm y una mediana de 0,528ppm con un intervalo que varía de 0,496-0,572ppm. Considerando, que el 75% de los resultados obtenidos de las muestras podemos decir que el análisis estadístico, no se apreciaron anomalías y estos valores estarían asociados a la litología del área. Analizando el comportamiento del histograma de distribución se puede deducir que existen dos fuentes principales de aporte de este elemento, una de las cuales pudiera ubicarse en las zonas adyacentes aguas arriba y aguas abajo. (Figuras 5.21 y 5.22).

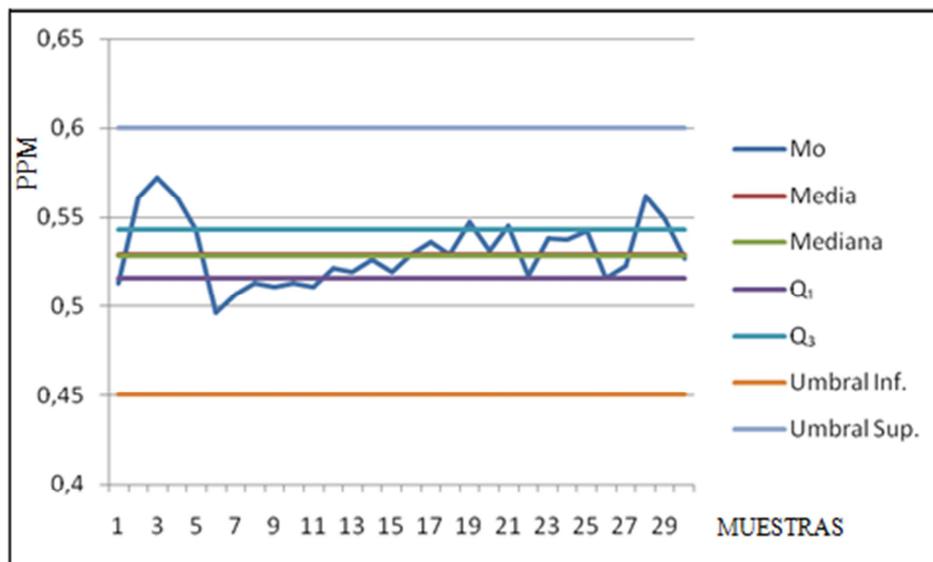


Figura 5.21 Distribución de las concentraciones de Molibdeno.

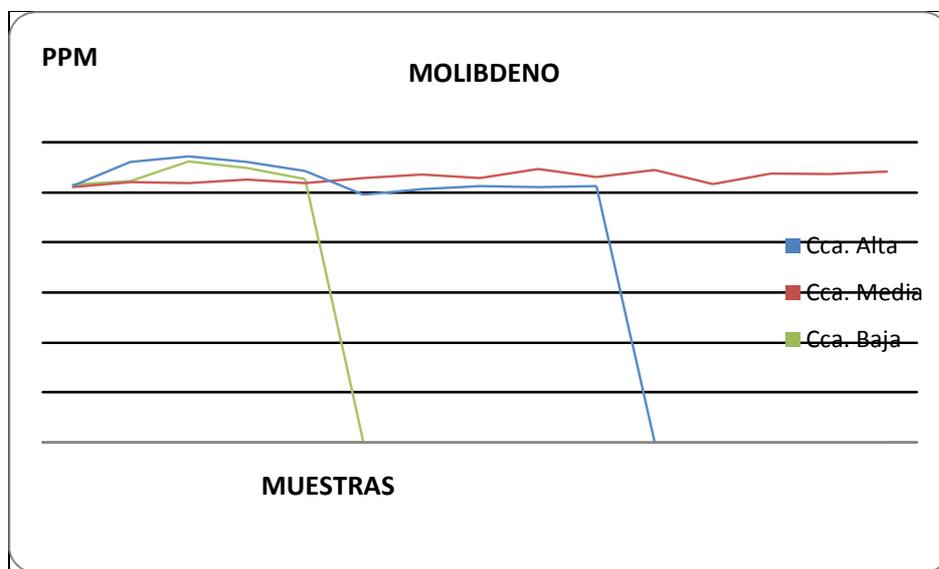


Figura 5.22 Distribución de las concentraciones de Mo en distintas secciones de la cuenca.

5.3.10 Plomo

En las muestras de sedimentos finos recolectadas la concentración promedio de plomo es de 3,619 ppm, con una mediana de 3,568 ppm en un intervalo que varía entre 3,206 – 4,465 ppm, considerando el 75% de los valores inferiores a los 4,109 ppm. De acuerdo al análisis estadístico por cajas gráficas se determinaron los mayores valores en la sección de la cuenca alta. Podríamos considerar que nuestros valores de umbral local es bajo con respecto a un valor umbral regional, dado que el promedio de concentración calculado por Dougan en Mendoza, (2000) para estas rocas en Imataca es de 28 ppm. Además algunos autores señalan que en muestras de sedimentos finos la concentración varía entre 5-50 ppm, indicando que valores mayores de 400 ppm pueden significar zonas de mineralización de dicho elemento. (Figuras 5.23 y 5.24).

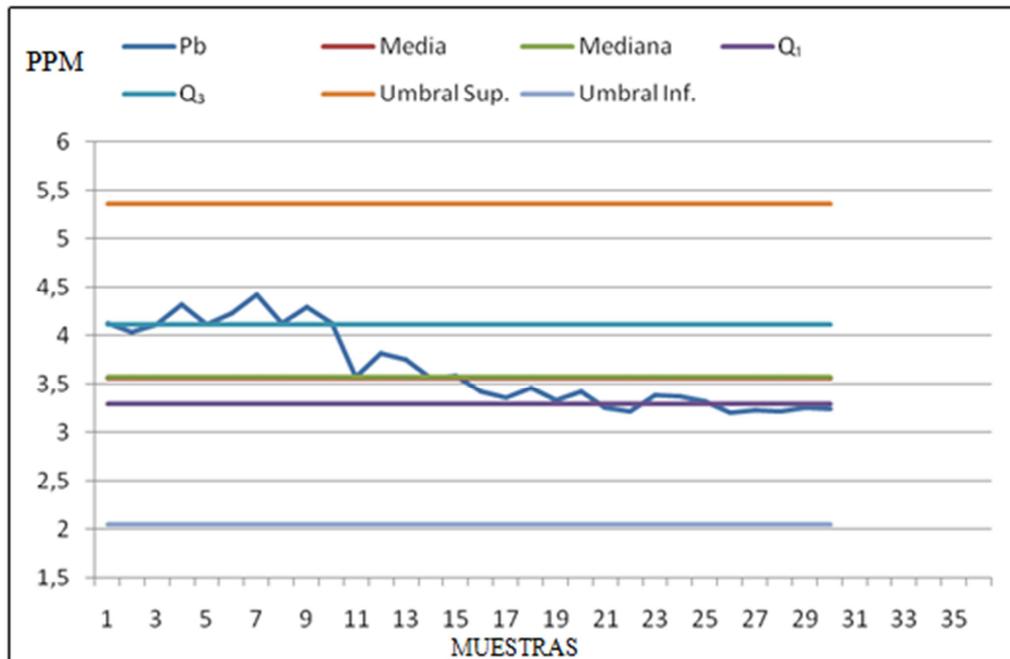


Figura 5.23 Distribución de las concentraciones de Plomo.

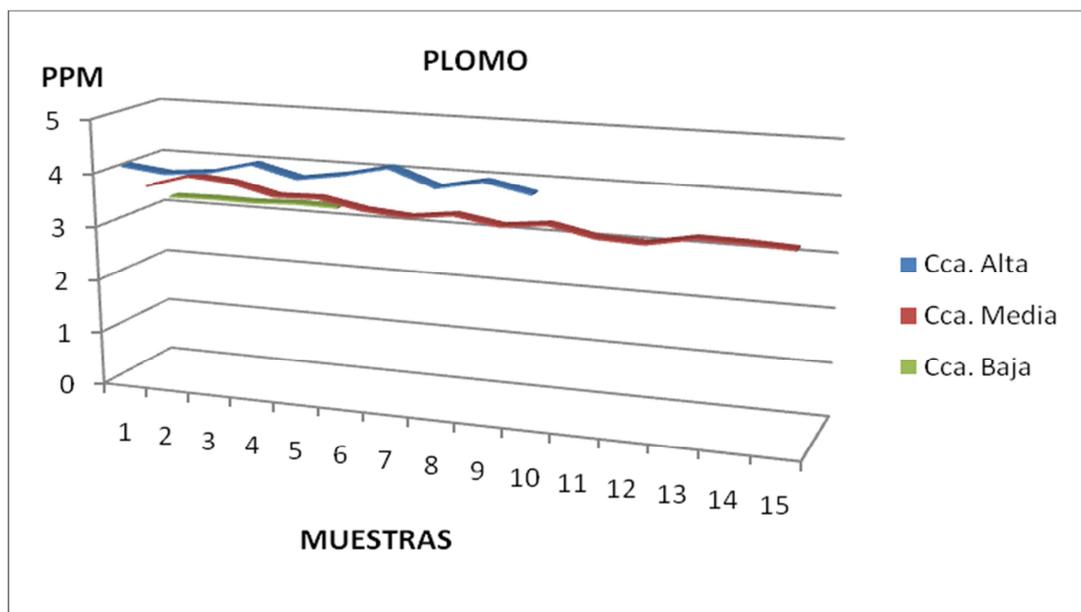


Figura 5.24 Distribución de las concentraciones de Pb en distintas secciones de la cuenca.

5.3.11 Titanio

La concentración promedio de este elemento para muestras de sedimentos finos es de 926,978ppm y una mediana de 929 ppm en un intervalo que varía entre 832 – 987ppm, donde el valor umbral es de 1000 ppm, de acuerdo al tratamiento estadístico no encontramos valores anómalos (Figura 5.22) el 75% de las muestras presentaron valores inferiores a 944ppm. Señalan algunos autores que la concentración de titanio en sedimentos finos puede variar entre 500-251 ppm, y podemos darnos cuenta que nuestros valores lo sobrepasan ya que deben existir fuentes que contengan gran cantidad de minerales que conformados por Ti, tales como granitos y gneises graníticos.(Figuras 5.25 y 5.26).

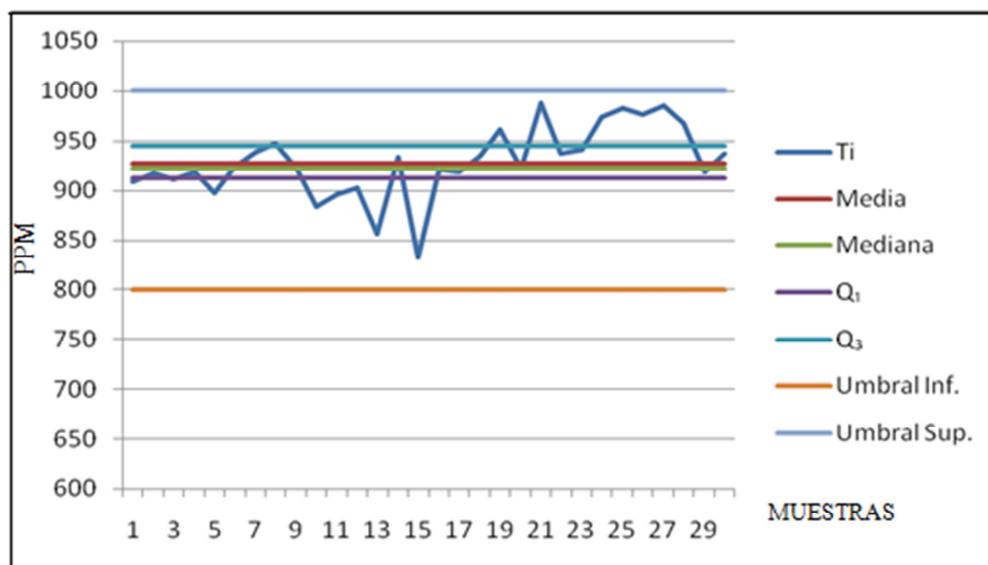


Figura 5.25 Distribución de las concentraciones de Titanio.

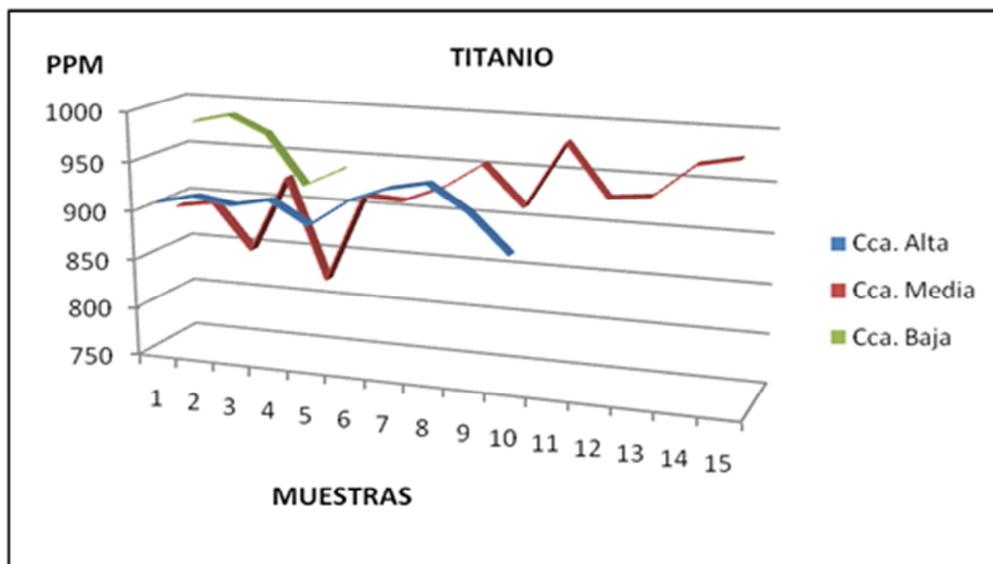


Figura 5.26 Distribución de las concentraciones de Ti en distintas secciones de la cuenca.

5.4 Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos presentes en el área de estudio

5.4.1 Concentrados pesados

Según los análisis de laboratorio realizados en las instalaciones de la universidad, se presentan en la Tabla 5.2 la mineralogía observada en cada una de las muestras.

A continuación se describen cada uno de los minerales observados en las muestras de concentrados pesados, tratando de darle una posible explicación en cuanto a su fuente (litológica y/o mineralógica).

Tabla 5.2 Contenido porcentual de minerales pesados en los sedimentos de la cuenca del río Buena Vista.

	Cuarzo %	Feldespatos %	Minerales opacos %	Circón %	Anfíbol	Ilmenita %
	80	10	4	3	1	2
	85	6	3	2	1	3
	90	3	4	1	-	2
	80	7	6	1	-	6
	87	2	6	3	-	2
	78	2	7	1	1	1

5.4.1.1 Circón: este mineral se observó en el 100% de las muestras de minerales pesados analizadas, este estuvo en una concentración de 1% en las muestras en que se encontró, a lo largo de toda la cuenca.

5.4.1.2 Feldespatos: este mineral se observó en el 100% de las muestras de concentrados pesados analizadas, la concentración de estos estuvo dentro de un intervalo de 2-10%, observándose también los mayores porcentajes hacia la cabecera de la cuenca.

5.4.1.3 Minerales Opacos: este mineral fue observado en todas las muestras de concentrados pesados analizadas, se encontró en un intervalo entre 3-7%, observándose muy distribuida en la zona de estudio, su mayor porcentaje de concentración se registró hacia la cuenca baja.

5.4.1.4 Cuarzo: el mineral fué observado en el 100% de las muestras recolectadas, Distribuido a lo largo de toda la cuenca, con una concentración entre 78-90%. Con un mayor porcentaje hacia la zona media de la cuenca.

5.4.1.5 Anfíbol: este mineral fue observado en el 50% de las muestras analizadas, de acuerdo a los valores registrados el mineral se encuentra en una concentración del 1%.

5.4.1.6 Ilmenita: el mineral fue visto en un 100% de las muestras, observándose en un rango entre 1-6%, regularmente distribuida a lo largo de la cuenca de estudio.

Todos estos resultados, son indicativos de que su fuente de origen, la cual pertenece a rocas de composición ferromagnesianas, como es el caso de rocas anfíbolíticas y de cuarcitas ferruginosas que son de la Provincia Geológica de Imataca.

5.5 Determinación de las posibles fuentes de minerales en la cuenca de estudio

La fuente aportadora de Hierro, Níquel, Plomo, Manganeso, y Cromo son las rocas ígneo metamórficas máficas como Anfíbolitas y Granulitas máficas del complejo Imataca y los sedimentos pertenecientes a la Formación Mesa. La principal fuente aportadora se encuentra hacia la cabecera y parte media del río Buena Vista debido a la meteorización y disgregación por efecto de la abrasión de los materiales transportados por el río, los cuales produjeron los altos valores de concentración de estos minerales arrojados en el método de espectrometría de adsorción atómica. Los valores más bajos se encuentran hacia la parte baja de la cuenca.

La Formación Mesa se caracteriza por la presencia de material arcilloso, limos y arcillas la presencia de Zinc, Cobalto, Molibdeno, Cobre y Titanio y Cadmio entre

los sedimentos, se infiere que sean provenientes de esta formación junto con los materiales producto de la meteorización de las rocas alcalinas del complejo de Imataca. Los valores más altos se encuentran hacia la cabecera de la cuenca por lo tanto se infiere que allí se encuentran las principales fuentes aportadoras.

5.6 Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo

Se elaboraron un total de cuatro mapas, un mapa geológico y otro con información del muestreo y dos mapas de sondeo correspondientes a los elementos químicos Cobre , Hierro y en los que se identifico anomalías positivas, teniendo como mapa base, el mapa topográfico de la cuenca del rio Buena Vista escala 1:100000. (Anexos 1- 4).

Para los datos de sondeo en cada punto de muestreo se combino los puntos de muestreo con las concentraciones de los elementos de interés correspondientes, identificando los puntos con colores asignados de acuerdo al grado de concentración, bajo, medio y alto.

Para el Cobre se resalto dos puntos en la cuenca alta correspondiente a la muestra M-1 con una concentración de 5871 ppb, y la muestra M-2 con una concentración de 5623 ppb por lo que se catalogaron como altas y se identificaron con el color rojo en los puntos de muestreo. Para el Hierro se identificaron como concentraciones altas los puntos de las muestras M-7 y M-12, con una concentración de 3121 ppm y 3147 ppm respectivamente, estas fueron recolectadas en la cuenca media, los dos puntos de muestreo también se denotaron con color rojo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Dentro de la zona de estudio se diferencian dos unidades geológicas: La Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

Los sedimentos del río son de color amarillento, rojizo debido al contenido de ferromagnesianos propio de la Provincia de Imataca y Formación Mesa, la cual se caracteriza por ricos yacimientos de Hierros.

Se identificaron cárcavas hacia la zona media y alta de la cuenca del río Buena Vista, producto de las aguas de escorrentías encausadas y aguas urbanas.

En la cercanía del río Orinoco se observó una planicie fluvio-torrencial constituida por material producto de degradación y acumulación de aluviones.

Se determinaron valores anómalos para los siguientes elementos: Cobre los cuales fueron 5,871 ppm y 5,623 ppm correspondiente a las muestras M-1 y M-2 respectivamente; para el Hierro 3121 ppm y 3147 ppm correspondiente a las muestras M-7 y M-12. Estas anomalías se consideran producto de las concentraciones elevadas de estos elementos en las rocas de la zona, se interpretan como valores de fondo con respecto a los valores del umbral.

El uso de un software especializado como Excel para el tratamiento estadístico de los datos de análisis de sedimentos, permitió obtener resultados más satisfactorios y evitar errores por cálculos manuales.

El vaciado de los datos obtenidos para cada elemento en hojas de calculo Excel, en la elaboración de cajas gráficas, proporcionó una mejor visualización e interpretación de la distribución de los valores.

El Cuarzo es el mineral que se encuentra en mayor proporción en los análisis mineralógicos con un promedio de 83,3 %, debido a que la mayor parte de los sedimentos son provenientes de las rocas del complejo Imataca y los sedimentos de la Formación Mesa.

Otros minerales detectados en la cuenca fueron feldespatos, anfíbol, ilmenita, circón y minerales opacos, observándose que los mayores porcentajes corresponden a los minerales opacos y feldespatos después del cuarzo.

La fuente aportadora de Hierro, Níquel, Plomo, Manganeso, y Cromo son las rocas ígneo metamórficas maficas como Anfíbolitas y Granulitas maficas del complejo Imataca y los sedimentos pertenecientes a la Formación Mesa.

Para el Zinc, Cobalto, Molibdeno, Titanio, Cobre y Cadmio, la fuente generadora son provenientes de la Formación Mesa junto con los materiales producto de la meteorización de las rocas alcalinas del complejo de Imataca.

Se elaboraron un total de cuatro mapas mapas, un mapa geológico y con información del muestreo y dos mapas de sondeo correspondientes a los elementos químicos Cobre, Hierro y en los que se identificaron anomalías positivas, teniendo como mapa base, el mapa topográfico de la cuenca del rio Buena Vista escala 1:100000.

Para los datos de sondeo en cada punto de muestreo se combinó los puntos de muestreo con las concentraciones de los elementos de interés correspondientes:

“Cadmio (Cd), Cinc (Zn), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Titanio (Ti)”, identificando los puntos con colores asignados de acuerdo al grado de concentración, bajo, medio y alto, con los colores verde, amarillo y rojo respectivamente.

Recomendaciones

Se requiere la colaboración de las autoridades de la zona como Consejos comunales, Alcaldía, etc. y de la población en general para que permitan y faciliten el acceso a la cuenca del río Buena Vista para que los estudios que se realicen en la zona cubran más sectores de los que se lograron alcanzar en esta investigación.

Se debe contar con un transporte adecuado, los permisos que se requieran por parte de las autoridades de la Universidad de Oriente, así como el resguardo por parte de éstas para velar por la integridad de los investigadores mientras realizan la jornada.

Prohibir terminantemente el saque de arena dentro del río, en la parte media y baja de la cuenca, porque esto aceleraría el desarrollo de cárcavas, una vez que el río compense los volúmenes de materiales extraídos.

Contar con instrumentos más actualizados en los laboratorios de sedimentología y petrografía de la escuela de Ciencias de la Tierra que permitan realizar los análisis de una manera más rápida y confiable.

Para futuras investigaciones, se requiere de la actualización de esta investigación para lo que se recomienda principalmente tomar y analizar mayor cantidad de muestras a lo largo de la cuenca del río Buena Vista.

REFERENCIAS

Abud, Jorge y Víctor Mora (2.003). **CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SAN RAFAEL EN LA ÉPOCA DE SEQUÍA Y LLUVIA (2.000-2.002). (CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR)**, trabajo de ascenso inédito, Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Salud, pp 23-56.

Aguirre, Carolina y Palmer, Yraida. (1992). **DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL, BUENA VISTA, CAÑAFÍSTOLA, OROCOPICHE Y MARHUANTA**. Tesis de grado, Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar. pp 37- 45.

Balestrini, M. (2001). **¿CÓMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN?** BL Consultores Asociados, Servicio Editorial, Caracas, Venezuela, p 248.

Bates & Jackson, (2001) **GEOQUÍMICA**. Recuperado Octubre 2008 [<http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/Arcillas.htm>].

Borsdorf (2005). **TÓPICOS DE INVESTIGACIÓN** Recuperado Junio, 2008. [www.ecored.ing.ve].

Campal, N. y A. Schipilov (2004). **LA FORMACIÓN CERROS DE AGUIRRE: EVIDENCIAS DE MAGMATISMO VENDIANO EN EL URUGUAY**. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, pp12-109.

Campos, Oswaldo. (1994). **CARACTERIZACIÓN GEOTECTÓNICA PARA EL CONTROL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS SANTA BÁRBARA, SAN RAFAEL Y BUENA VISTA EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.** pp 68-75.

Corporación Venezolana de Guayana. Técnica Minera C.A. (1991). (Tecmin C.A.) **INFORME DE AVANCE NB-20-4. CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS, VEGETACIÓN.** Gerencia de Proyectos Especiales. Proyecto Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana (P.I.R.N.R.G.), Ciudad Bolívar, Venezuela. Tomo I, p 1-73.

C.VG. Tecmin. **INFORMES DE AVANCE NC-20-15, CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS, VEGETACIÓN.** (1994). Tomos I y II. Gerencia de Proyectos Especiales. Proyecto Inventario de los Recursos Naturales de la Región de Guayana. Bolívar, Venezuela. pp 1-73.

González de Juana, C. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Ediciones Foninves. Tomo 1. Caracas, pp 33-38.

Higueras, P. y Oyorzun, R. (2008). **PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA.** Recuperado Marzo 2009. [http://www.ucm.es/info/crismine/textos_monografias.htm].

López Abelardo y Medina Ingrid. (2004). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MARCELA EN ÉPOCA DE SEQUÍA Y LLUVIA AÑO 2.003-2.004.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo Especial de Grado para optar al Título de Ingenieros Geólogos. Ciudad Bolívar. Venezuela. p 67.

Mendoza, V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Ciudad Bolívar, Venezuela, p 184.

Mendoza, V. (2002). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Ciudad Bolívar, Venezuela, p 13-20; 58.

Oyarzún J. (2009). **LÉXICO SOBRE PROCESOS Y ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS**. Universidad de La Serena. Chile. Recuperado Febrero 2009. [<http://www.aulados.net/geologia-yacimientos/lexico:1.htm>].

Petróleos de Venezuela, PDVSA – Intevep (1997 – 2001). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Versión Digitalizada.

PDVSA – Intevep (1997), **ESCUDO GUAYANA**, 1 septiembre 2005. [<http://www.pdv.com/lexico/venezuela/Guayana.htm>].

P.D.V.S.A.-Intevep (2005). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Consultada

el 15 de Diciembre del 2009. [<http://www.pdv.com/lexicovenezuela/guayana.htm>].

Reedman, J. (1979). **TECHNIQUES IN MINERAL EXPLORATION**. London. Aplied Sciences Plublishers. LTD, p 533.

Rose, A.W., Hawkes, H. E. & Webb, J.S. (1979). **GEOCHEMISTRY IN MINERAL EXPLORATION**. Segunda Edición. Academic Press (New York), p 656.

Barnes & Czamanske (1979). **GEOCHEMISTRY IN MINERAL EXPLORATION**. Segunda Edición. Academic Press (New York), p 538.

Sabino, C. (1994). **¿CÓMO HACER UNA TESIS?**. Editorial Panapo, Caracas, Venezuela, p 230.

Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana, FAV, (2007). **INFORME DE METEOROLOGÍA 1994 – 2007**. Aeropuerto de Ciudad Bolívar. Estado Bolívar.

Silva Gelinotte. (2007). **ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOLÓGICO-AMBIENTALES MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG) EN LA CABECERA DEL RÍO BUENA VISTA EN CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo. Ciudad Bolívar. Venezuela, p 35.

Susanne Griem - Klee (2008). **APUNTES COMPILADOS**. Universidad de Munster (Alemania). Recuperado Marzo 2009. [<http://www.plata.uda.cl/minas/apuntes.htm>].

Torrealba Víctor. (1990). **ESTUDIO GEOTÉCNICO E HIDROLÓGICO CON FINES DE ORDENACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BUENA VISTA**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de

la Tierra. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo. Ciudad Bolívar. Venezuela, p 70.

Williams, V. y Morales, R. (2008). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE AFLORAMIENTOS DE CHARNOCKITA UBICADOS EN EL SECTOR CURRUCAY KM 43 DE LA AUTOPISTA CIUDAD BOLÍVAR – CIUDAD GUAYANA. MUNICIPIO AUTONOMO HERES.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado, pp 45-98.

Yanez De Castro, Hipatia G. (1.981), **ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN CIUDAD BOLÍVAR,** Trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. De Geología y Minas, pp. 4-37.

Yané G. (1991). **GEOMORFOLOGIA DEL ÁREA ENTRE CIUDAD BOLÍVAR Y CIUDAD GUAYANA.** Ciudad Bolívar, Venezuela, p 23.

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

Título	Estudio Geoquímico Exploratorio de la Cuenca del Río Buena Vista, Municipio Heres, Estado Bolívar.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
	Duran B. Daniel E.	CVLAC
e-mail		Danielduran55@hotmail.com
e-mail		
José I. Gil.	CVLAC	17.764.020
	e-mail	Jose-gil@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Cuenca Río Buena Vista.
Análisis químico de elementos.
Estudio exploratorio.
Características geomorfológicas.
Elaboración de mapas.

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Ingeniería Geológica

Resumen (abstract):

La cuenca hidrográfica del río Buena Vista se encuentra ubicada en Ciudad Bolívar-estado Bolívar, entre las coordenadas N 22.500, N 30.000 y E 25.000, E 27.000. Esta limitada al Sur por el barrio Brisas del Este, y al Norte por el río Orinoco, al Este por la Avenida España y el río San Rafael, al Oeste por el río Santa Bárbara y la Urbanización El Perú. El objetivo general de este trabajo que es estudiar geoquímicamente a nivel exploratorio el río, utilizándose la metodología siguiente: Primero se diseñó la investigación dividiendo el trabajo en cinco (5) etapas, abarcando desde la recopilación de información ya existente hasta la interpretación de datos tomados en campo y elaboración del informe final. Luego se identificaron las unidades geológicas y características geomorfológicas en el área de estudio, así como las características químicas y/o mineralógicas de la zona e identificar la presencia de posibles anomalías geoquímicas por medio del estudio y tratamiento estadístico por cajas gráficas. Para ello se recolectaron treinta (30) muestras de sedimentos, estas muestras fueron sometidas a análisis químico, aplicando el método de espectrometría de absorción atómica para detectar las concentraciones de Cadmio, Cinc, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo y Titanio, también se realizaron análisis mineralógicos para determinar los minerales pesados presentes en los sedimentos. Del estudio y tratamiento estadístico por cajas gráficas de los datos obtenidos, se determinaron valores anómalos para el Cobre 5871 ppb muestra 1 y 5623 ppb ppm muestra 2, Hierro de 3121 ppm muestra 7 y 3147 ppm muestra 12, considerándose éstos como pertenecientes a valores de fondo, producto de las relativamente altas concentraciones de estos metales en las rocas de la zona. Por último se determinaron las fuentes de los minerales en la cuenca y se elaboraron los mapas correspondientes. En los análisis mineralógicos se encontró Cuarzo, Feldespatos, Minerales opacos, Circón, Anfíbol e Ilmenita en un promedio de 83.3%, 5%, 5%, 1.8%, 0.5% y 2.6% respectivamente. Las unidades geológicas identificadas en la zona fueron la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes y las fuentes generadoras de los minerales identificados son provenientes de las rocas de la Provincia de Imataca y la Formación Mesa.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Profesor Jorge Abud	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.984.842
	e-mail	<u>jorgeabuds@yahoo.com</u>
	e-mail	
Profesor José González	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	13.015.360
	e-mail	<u>Jsgonzalez78@gmail.com</u>
	e-mail	
Profesor Miguel Gómez	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.031.652
	e-mail	<u>Ing_miguelgomezh@gmail.com</u>
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2010	10	28

Lenguaje: spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS Estudio geoquímico exploratorio de la cuenca de rio buena vista.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: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Geotecnia

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

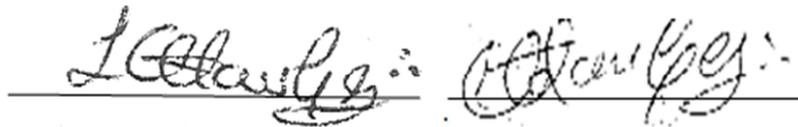
Universidad De Oriente

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

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado

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

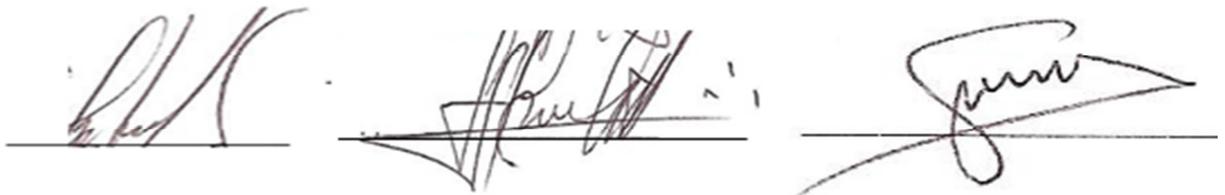


Daniel Duran

José Gil

AUTOR 3

AUTOR 4



Profesor Jorge Abud González Profesor Miguel Gómez Profesor José

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

