



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Registros de la Deformación y del Volcanismo en el dominio del
antearco ecuatoriano: Sedimentología y Bioestratigrafía de la
Formación Borbón.”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero en Geología

Presentada por:

María Fernanda Ramírez Parrales

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2013

AGRADECIMIENTO

Mi más profunda gratitud al Dr. François Michaud, al Ing. Galo Montenegro y al Ing. Nelson Jiménez, por su participación directa e invaluable dentro de esta investigación fundamental para mi crecimiento profesional; agradezco además la motivación e inspiración que sus conocimientos y dedicación influenciaron en mi para un pleno desenvolvimiento investigativo.

Un reconocimiento especial al Institut de Recherche pour le Développement de Francia y al Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil que financiaron este estudio y además proporcionaron su apoyo técnico-científico para el exitoso desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a mi abuela que me enseñó la importancia de creer en los ideales, a mi hermano cuya visión abría una ventana entre la realidad y la ficción. A mi tía Dayse cuyas palabras de apoyo siempre renovaban mis pensamientos, a mi tía Cecilia por enseñarme a ver siempre un poco más allá. A Clara y Carolina quienes con su sinceridad me regresaban al mundo. A Blanca, mi madre, quien me enseñó a ser libre y sonreír siempre, a Nicolás y Valeria mis sobrinos. A mis amigos que son mi tesoro más grande.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



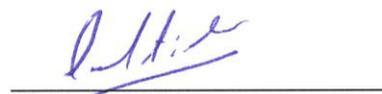
Dra. Elizabeth Peña C.
SUBDECANO DE LA FICT
PRESIDENTE



Dr. François Michaud.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Edison Navarrete C.
VOCAL PRINCIPAL



Ing. Carlos Martillo B.
VOCAL SUPLENTE

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



María Fernanda Ramírez Parrales

RESUMEN

Con el objetivo de integrar nuevos elementos para la correcta caracterización de la Formación Borbón, se realizó un estudio a detalle en dos sectores: Guarumo y La Cadena ubicados al sureste de la ciudad de Portoviejo, dentro de la Cuenca Manabí en la Costa Ecuatoriana, donde esta aflora. Se recolectó un total de 53 muestras durante dos salidas de campo. Esta investigación se fundamentó principalmente en el análisis de las características litoestratigráficas, paleontológicas y sedimentológicas de los afloramientos y su interpretación dentro del marco geológico de la Cuenca Manabí, la Cordillera Costera y la Cordillera Occidental Andina Ecuatoriana.

Los resultados obtenidos presentan una diferencia importante en la litología, identificándose dos miembros: Borbón volcánico hacia el tope, seguido por Borbón clástico. El análisis de minerales pesados y la granulometría de los sedimentos sugieren que la fuente de aporte es más cercana a la sección Guarumo que a la sección La Cadena, esto implica que los aportes tienen sus fuentes por el Norte. El transporte tendría una dirección que va de Norte a Sur. La edad de la Formación Borbón va del Plioceno Superior al Pleistoceno. Tomando en cuenta los eventos volcánicos recientes conocidos en la Cordillera Occidental, se puede decir que la cima de la Formación Borbón podría ser contemporánea al principio de actividad volcánica del Arco Volcánico Ecuatoriano durante el Pleistoceno.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	II
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPITULO 1	
MARCO GEODINÁMICO Y GEOLÓGICO	
1. Subducción a lo largo del Margen Ecuatoriano.	4
2. Levantamiento de la Cordillera Costera.....	7
3. Levantamiento de Los Andes	9
4. Volcanismo de Los Andes en Ecuador	10
5. Las cuencas neógenas del antearco de Ecuador	11
6. Antecedentes de la Formación Borbón.....	13
CAPITULO 2	
METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	
1. Ubicación del Área	15
• Localización del sector Guarumo.	15
• Localización del sector La Cadena	16
2. Desarrollo de la Investigación.....	17
• Sector Guarumo	19
• Sector La Cadena	21

CAPITULO 3

ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN BORBÓN

1. Análisis de Litología	23
1.1 Litología en el sector Guarumo	23
• Miembro Clástico:	24
• Miembro Volcánico:	25
1.1.1 Estructuras Sedimentarias en el sector Guarumo	25
1.1.2 Facies encontradas en la Sección Guarumo	27
1.2 La Litología del sector La Cadena	30
• Miembro Clástico:	30
• Miembro Volcánico:	32
1.2.1 Estructuras Sedimentarias del sector La Cadena	32
1.2.2 Facies encontradas en la Sección La Cadena	33
2. Análisis de Textura Sedimentaria	37
• Curvas Granulométricas: sectores Guarumo y La Cadena	40
3. Análisis Petrográfico	46
4. Análisis de Minerales Pesados	56

CAPITULO 4

BIOESTRATIGRAFÍA Y PALEOECOLOGÍA DE LA FORMACIÓN BORBÓN

1. Paleontología: Fauna Malacológica	67
2. Micropaleontología	72
3. La Formación Onzole: Recuperación y Análisis de microfauna.	88
4. Interpretación Bioestratigráfica de La Formación Borbón.	89
5. Paleoecología de La Formación Borbón	93

CAPITULO 5

INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS: EVOLUCIÓN VERTICAL Y CORRELACIÓN

1. Precisión del Medio Ambiente	99
• Sector Guarumo	100
• Sector La Cadena.	104
2. Evolución Vertical.....	108
3. Correlación de las secciones estratigraficas Guarumo-La Cadena	110
4. Comparación de las columnas estratigraficas de los sectores Guarumo y La Cadena (2012), y la columna estratigráfica publicada por Benítez (1995).....	113

CAPITULO 6

ANALISIS DE DE RESULTADOS

1. DISCUSION	116
• 1.1 Estratigrafía.....	116
• 1.2 Aporte.....	117
• 1.3 Fuente	117
• 1.4 Edad.....	118
• 1.5 Paleoambiente	119
• 1.6 Deformación y Sedimentación	120
2. CONCLUSIONES.....	123
3. RECOMENDACIONES	125
4. RESUMEN BIBLIOGRÁFICO.....	126

ANEXO 1

ANALISIS DE SEDIMENTOS

1. Análisis Granulométrico de las muestras recolectadas

2. Redondez y Esfericidad de la Formación Borbón
3. Método de concentración de la fracción de minerales pesados.
4. Análisis Petrográficos

ANEXO 2

ANÁLISIS MICROPALAEONTOLOGICOS

1. Preparación de muestras para bioestratigrafía.
2. Observación de microfósiles.
3. Identificación de los microfósiles.
4. Detalles de los análisis micropaleontológicos.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Topografía (onshore) y batimetría (offshore) de la costa de Ecuador	5
Figura 1.2 Colisión del Carnegie Ridge con la costa ecuatoriana.....	9
Figura 1.3 Principales elementos del marco geológico del Ecuador y las principales cuencas de antearco.....	12
Figura 2.1 Localización del afloramiento en el sector Guarumo en la costa ecuatoriana.....	15
Figura 2.2 Vista ampliada de la localización del sector Guarumo.....	16
Figura 2.3 Localización del afloramiento en el sector La Cadena.....	16
Figura 2.4 Vista ampliada del afloramiento en el sector la Cadena	17
Figura 2.5 Mapa de muestras sector La Cadena	19
Figura 2.6 Mapa de muestras sector Guarumo	21
Figura 3.1 Sedimentos clásticos: areniscas marrón-amarillenta.....	24
Figura 3.2 Areniscas grises semifriables con restos de moluscos.....	24
Figura 3.3 Afloramientos de sedimentos volcánicos (tobas).....	25
Figura 3.4 Laminación paralela.....	26
Figura 3.5 Laminación ondulante.....	26
Figura 3.6 Estratificación cruzada hummocky.....	26
Figura 3.7 Arenisca gris de la Fm. Borbón en el afloramiento La Cadena.....	31
Figura 3.8 Areniscas amarillentas y grises de la Fm. Borbón.....	31
Figura 3.9 Afloramiento de tobas hacia la tope de la Fm. Borbón en el sector La Cadena	32
Figura 3.10 Columnas litológicas básicas realizadas in situ: sector Guarumo y sector La Cadena.....	36
Figura 3.11 Cambio granulométrico granodecreciente en una roca (sector Guarumo)	38
Figura 3.12 Microguijas sector Guarumo	39

Figura 3.13 Curva granulométrica del sector Guarumo	41
Figura 3.14 Curva granulométrica del sector La Cadena	42
Figura 3.15 Redondez y esfericidad de clastos	43
Figura 3.16 Clasificación de sedimentos.....	44
Figura 3.17 Gráfico de madurez textural de una roca detrítica arenosa	45
Figura 3.18 Porcentaje de minerales pesados –sector Guarumo	59
Figura 3.19 Porcentaje de minerales pesados –sector La Cadena	59
Figura 4.1 Descripción Dentalium	68
Figura 4.2. Palinomorfos y dinoflagelados diferenciados a nivel de especie ...	78
Figura 4.3 Foraminíferos bentónicos reconocidos a nivel de especie en la Fm.Borbón.....	84
Figura 4.4 Ubicación de la Formación Borbón dentro de los ambientes marinos, según los análisis bioestratigráficos	96
Figura 4.5 Descripción de la sección estratigráficas Guarumo	97
Figura 4.6 Descripción de la sección estratigráficas La Cadena	98
Figura 5.1 Ubicación de las secciones analizadas (Guarumo y La Cadena) en la costa ecuatoriana.....	100
Figura 5.2 Ubicación de la Formación Borbón dentro de los ambientes de plataforma según el análisis de facies	106
Figura 5.3 Determinación del paleoambiente: sector Guarumo y La Cadena.....	107
Figura 5.4 Correlación de las secciones estratigráficas: sector Guarumo- La Cadena.....	112
Figura 5.5 Comparación entre las secciones estratigráficas: sector Guarumo- La Cadena y la sección Misbaque	115
Figura 6.1. Evolución de la sedimentación en el antearco ecuatoriano en relación con la tectónica y el levantamiento de la Cordillera Occidental y Costera.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Muestras recolectadas del sector Guarumo.....	20
Tabla 2.2 Muestras del sector La Cadena	22
Tabla 3.1 Escala de tamaño de granos de Udden-Wentworth.....	28
Tabla 3.2 Análisis de láminas petrográficas	48
Tabla 3.3 Porcentaje de concentración de minerales pesados en 50 gr de sedimento, sectores Guarumo y La Cadena	57
Tabla 3.4 Minerales pesados recuperados en las secciones Guarumo y La Cadena.....	58
Tabla 3.5 Principales minerales pesados encontrados en la Fm. Borbón.....	61
Tabla 4.1 Contenido de microfósiles y trazas de ichnofacies: Corte Guarumo	69
Tabla 4.2 Contenido de microfósiles y trazas de ichnofacies: corte La Cadena.....	70
Tabla 4.3 Palinomorfos recuperados en el sector Guarumo	76
Tabla 4.4 Foraminíferos recuperados – Guarumo	81
Tabla 4.5 Foraminíferos recuperados - La Cadena	82
Tabla 4.6 Edad de la Formación Onzole	88
Tabla 4.7 Macrofósiles: molusco escafópodo Dentalium (Guarumo)	89
Tabla 4.8 Palinomorfos	90
Tabla 4.9 Foraminíferos bentónicos	90
Tabla 4.10 Edad Propuesta en el estudio actual para Fm. Borbón	92
Tabla 6.1 Edad Fm. Borbón	119

INTRODUCCIÓN

La Costa Ecuatoriana representa el arco frontal de un mecanismo de subducción, donde se ubican algunas cuencas sedimentarias de antearco cubiertas con sedimentos terciarios y cuaternarios, como la Cuenca Borbón, en el norte; Cuenca Manabí y del Guayas, en la zona central; la Cuenca Progreso y Golfo de Guayaquil en la región sur. La mayoría de las formaciones que constituyen estas cuencas han sido ampliamente estudiadas por diversos autores. Sin embargo, la Formación Borbón localizada en la cuenca Borbón y la cuenca Manabí no presenta datos de un estudio geológico a detalle que ayude a su caracterización general. La importancia de las cuencas de antearco radica en que dentro de sus sedimentos se plasman los eventos ligados a la subducción misma, específicamente a la formación de relieves y volcanismo, en este caso registran a la vez la tectónica de los Andes y de la Cordillera Costera; además, la Formación Borbón particularmente registraría los eventos más recientes.

La Formación Borbón está definida como un depósito detrítico de extensión regional a lo largo de la Cordillera Costera del Ecuador, no se han desarrollado estudios específicos acerca de la litología, mineralogía, ambientes de depositación, paleontología y edad. Existen discrepancias con respecto a la datación de la Fm. Borbón, ya que estudios anteriores la ubican

en diferentes rangos de tiempo (Mioceno Sup.-Plioceno según Bristow y Plioceno-Pleistoceno según Benítez). Sus afloramientos mejores expuestos están sobre el flanco oriental de la Cordillera Costera, donde esta investigación se llevó a efecto. La única sucesión litoestratigráfica que existe en la literatura fue descrita por Benítez (1995), pero no está basada sobre una columna estratigráfica de campo.

La importancia de este estudio se establece porque Borbón es la última formación de extensión regional antes del levantamiento completo de la Cordillera Costera. Es decir, esta formación registró en sus sedimentos paralelamente el levantamiento y el volcanismo de la Cordillera Occidental Andina y el levantamiento de la Cordillera Costera.

Tomando en cuenta estos antecedentes, se realizó una primera sección al NE del pueblo de Santa Ana en la zona denominada Guarumo; y la segunda, al SE de Portoviejo, en el sector La Cadena, en la provincia de Manabí. Se presenta en esta tesis los resultados obtenidos en esta investigación.

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Inferir características geológicas de la Fm. Borbón a partir del estudio detallado de las secciones de los sectores Guarumo y La Cadena cuyos sedimentos fueron analizados por métodos litoestratigráficos, sedimentológicos y bioestratigráficos.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar variaciones litológicas dentro de la Fm. Borbón y según los resultados bioestratigráficos y paleontológicos, proponer un rango de edad específico que sirva para aclarar las diferencias de datación existente con los estudios realizados anteriormente.
2. Establecer la correlación entre las secciones de los sectores Guarumo y La Cadena, tratar de explicar el origen de sus fuentes de aporte de sedimentos y la distancia relativa a la que estas se encuentran de las dos secciones; además indicar la dirección de transporte de estos aportes.
3. Identificar los eventos tectónicos o volcánicos que fueron registrados en los sedimentos de la Formación Borbón tanto de la Cordillera Costera Ecuatoriana como de la Cordillera Occidental.

CAPITULO 1

MARCO GEODINÁMICO Y GEOLÓGICO

Este capítulo no se realizó de manera exhaustiva. Se detalla solamente los eventos geológicos desarrollados tanto en la Cordillera Costera como en Los Andes, los cuales podrían haber sido registrados en los sedimentos de la Formación Borbón.

1. Subducción a lo largo del Margen Ecuatoriano.

Ecuador está situado en el borde noroccidental de América del Sur sobre la placa sudamericana bajo la cual subducta la placa oceánica de Nazca a una velocidad de 58 mm/año (Trenkamp et al., 2002). Dentro de su territorio se ubica un segmento de la Cordillera de los Andes con más de 700 km de largo que forma parte de un largo margen activo (figura 1.1), que recorre el borde de la Placa Sudamericana y que se extiende desde América Central hasta la Patagonia en el sur.

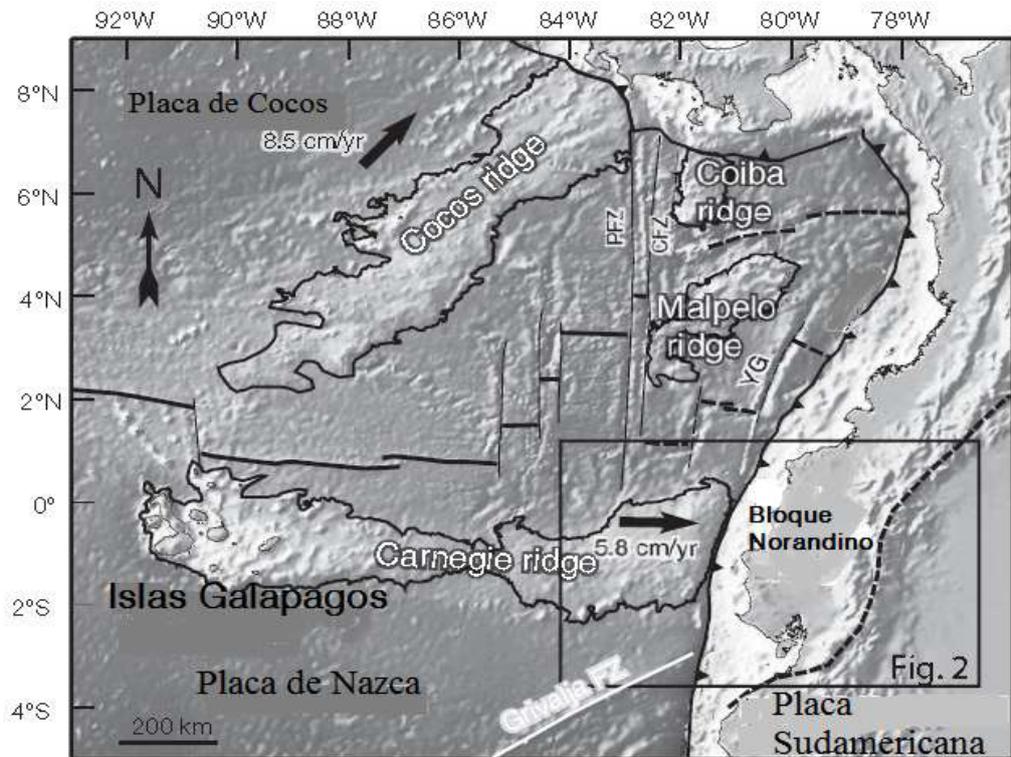


Figura 1.1. Topografía (onshore) y batimetría (offshore) de la Costa de Ecuador (imagen ETOPO2, National Geophysical Data Center-National Oceanic and Atmosphere Administration).

El Ecuador se divide en tres regiones, de izquierda a derecha se determinan así:

1. La Costa constituida por un basamento de corteza oceánica (Feininger y Bristow, 1980; Jaillard et al, 1995; Reynaud et al, 1999; Jaillard et al, 2009) y cubierta por sedimentos de antearco del Paleógeno y Neógeno.
2. La cadena orogénica de Los Andes constituye la Sierra (Cordillera Occidental y Cordillera Real).
3. La zona de trasarco u Oriente Ecuatoriano.

En el territorio marino el aspecto fisiográfico más importante es la fosa oceánica, particularmente poco profunda por la presencia de la Cordillera submarina de Carnegie que está en subducción bajo el continente (Graindorge et al., 2004).

La placa oceánica de Nazca que entra en subducción con la placa Sudamericana tiene la particularidad de soportar a la Cordillera asísmica de Carnegie.

La edad de la entrada en subducción de la Cordillera de Carnegie es discutida. Según Lonsdale, (1978); Lonsdale y Klitgord, (1978); Cantalamessa y Di Celma, (2004) inició hace 1 a 3 Ma, mientras que para Daly, (1989) y Gutscher et al., (1999), se inició hace 8 Ma, o quizás hace 15 Ma según Pilger (1984); Spikings et al., (2001, 2005). Este evento se ha relacionado con el levantamiento de las terrazas marinas expuestas a 200-300 m, muchos autores también lo relacionan con el levantamiento de toda la Costa Ecuatoriana (Cantalamessa, Di Celma; 2004; Pedoja et al., 2006a, 2006b) y posiblemente con el levantamiento de la Cordillera Costanera. Sin embargo, la edad de la entrada de la cresta de Carnegie (Pilger et al., 1981; Gutscher, et al., 1999; Michaud et al., 2008; Collot et al., 2009) como su papel en el levantamiento de la Cordillera Costera (Pedoja et al., 2006) es aún materia de discusión entre los autores. La placa superior está caracterizada por el escape del bloque norandino hacia

el Norte, el cual aparece limitado por un sistema de fallas transcurrentes con dirección NNE con tendencia dextral (Eguez et al., 2003).

2. Levantamiento de la Cordillera Costera

La Costa Ecuatoriana presenta además una cordillera de poca altitud denominada Cordillera Costera cuya dirección es paralela al perfil costanero entre los 2° LS y 1° LN y sus altitudes máximas son de 800m. Aproximadamente a los 2° LS, la Cordillera Costanera cambia de dirección abruptamente N110° y toma el nombre de Cordillera Chongón-Colonche desapareciendo en las cercanías de la ciudad de Guayaquil (figura 1.2). Al sur de la Península de Santa Elena se ubica la pequeña Cordillera de Estancia. Limita al este con las terrazas marinas observadas a lo largo de la Costa Ecuatoriana, la edad del levantamiento de la Costa es poco conocida. El levantamiento de esta cordillera, probablemente alteró los patrones de drenaje, fue asociada a la transferencia de sedimentos que fueron desviados hacia el norte y sur a través del Río Guayas y Río Esmeraldas.

En el área del Golfo de Guayaquil, la evolución del sistema de drenaje a través del tiempo probablemente controlaba la entrada de sedimentos que llega a la plataforma continental (Deniaud et al, 1999; Witt et al, 2006). Esto sugiere que el Pleistoceno Temprano, escenario

principal de almacenamiento de sedimento, fue probablemente coetáneo con la alteración del sistema del Río Guayas y la elevación de la Cordillera de la Costa.

Daly (1989) exploró la posible relación entre la subducción de la Cordillera de Carnegie y la evolución de la zona de antearco. Propuso que durante el Mioceno Tardío, la subducción de la Cordillera de Carnegie provocó una inversión tectónica regional a lo largo del antearco, aunque no fue el único factor que influyó en este evento. Posteriormente, Deniaud et al. (1999) propuso una edad Plioceno a la subducción de la Cordillera de Carnegie. Del mismo modo, un cambio importante Post-Plioceno en el régimen extensional tectónico que caracteriza a la cuenca Borbón en la Costa de Ecuador, fue asociado a la subducción de la dorsal por Aalto y Miller (1999). Ellos propusieron una edad Cuaternaria de subducción a esta cordillera.

El inicio del levantamiento de la Costa Ecuatoriana ha sido datado por algunos autores como Plioceno Tardío- Pleistoceno Temprano, basado en mediciones de las tasas de levantamiento de la Costa (Cantalamesa y Di Celma, 2004, Pedoja et al., 2006).

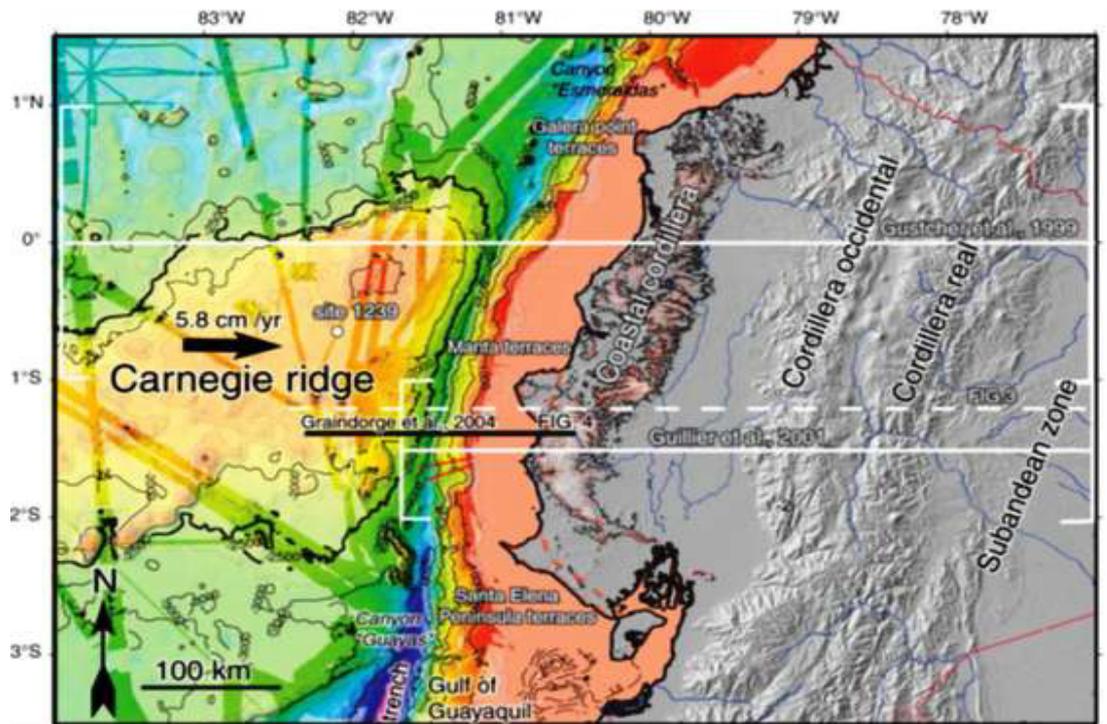


Figura 1.2 Colisión del Carnegie Ridge con la Costa Ecuatoriana, se observa además la Cordillera Costanera, la Cordillera Occidental y Real y la Zona Subandina (tomada del banco de datos de National Geophysical Data Center-National Oceanic and Atmosphere Administration).

3. Levantamiento de Los Andes

La cadena montañosa de los Andes, situada en la margen occidental y activa de América del Sur, se divide en dos ramales: la Cordillera Occidental y la Cordillera Real separadas por la depresión interandina. Se distinguen distintos períodos de rápida exhumación en la Cordillera Occidental lo que provoca la llegada de formaciones detríticas al antearco. Estos episodios de levantamiento se produjeron hace 13 y 9 Ma durante el Mioceno.

El evento de enfriamiento registrado hace aproximadamente 13 Ma es el resultado de la colisión de la Cordillera de Carnegie según Spikings et al., (2001). Aunque según pruebas de (U-Th) / He, se ha podido identificar también períodos de enfriamiento específico a lo largo de los Andes ecuatorianos, hace 5.5-3.3 Ma, (Spikings y Crowhurst, 2004); es decir, durante el Plioceno.

4. Volcanismo de Los Andes en Ecuador

Se ha utilizado análisis de datación radiométrica para proporcionar un marco temporal a la evolución de las secuencias volcánicas de la cubierta de Los Andes. Según Barberi (1988) en el Mioceno el volcanismo de los Andes estuvo activo en el norte, desde Colombia a Perú a lo largo de un cinturón longitudinal coincidiendo más o menos con el actual frente volcánico.

Al sur del sistema de Falla Guayaquil en Ecuador hace 5 Ma (Plioceno), la actividad se detuvo y nunca se reanudó. Sin embargo, durante esta misma época al norte de este sistema de falla, la actividad nunca se detuvo. Esto produjo un desplazamiento de la Cordillera Real hacia el Este. Durante el Plioceno la actividad volcánica fue de moderada intensidad en la Cordillera Real al norte del sistema de Falla Guayaquil. Desde inicios del Cuaternario hasta la

actualidad, el volcanismo se incrementó en intensidad y el cinturón volcánico progresivamente se amplió hacia el Oeste (Barberi, 1988).

La actividad del Frente Volcánico actual empezó hace 1.5 Ma en el Pleistoceno temprano y desde ese tiempo hasta la actualidad, todo el cinturón volcánico que se extiende desde el Frente Volcánico hasta las estribaciones de la Cordillera Real, se ha mantenido activo.

5. Las cuencas neógenas del antearco de Ecuador

La Costa Ecuatoriana considerada una llanura frente al Océano Pacífico corresponde a la zona de antearco donde se ubican una serie de cuencas sedimentarias cubiertas de detritos terciarios y cuaternarios como son: Cuenca Borbón al norte, la Cuenca Manabí en el centro y la Cuenca Progreso al Sur.

El relleno sedimentario en la zona de antearco producido durante los eventos geodinámicos aquí expuestos, constituye la base de nuestro estudio geológico. Estos sedimentos se depositan siguiendo el principio básico de superposición, ubicados dentro de cuencas con diferente actividad geodinámica. Las cuencas sedimentarias de mayor extensión localizadas de norte a sur son: la Cuenca Borbón, la Cuenca Manabí y la Cuenca Progreso (figura 1.3).

El Golfo de Guayaquil se encuentra en la zona de antearco próxima a la prolongación hacia el continente del borde sur de la Cordillera de Carnegie y se abre a lo largo del sistema de falla Guayaquil. Aquí aproximadamente 3500m de sedimentos cuaternarios son el resultado de la migración hacia el norte del bloque norandino (Deniaud et al, 1999; Dumont et al 2005; Witt et al., 2006).

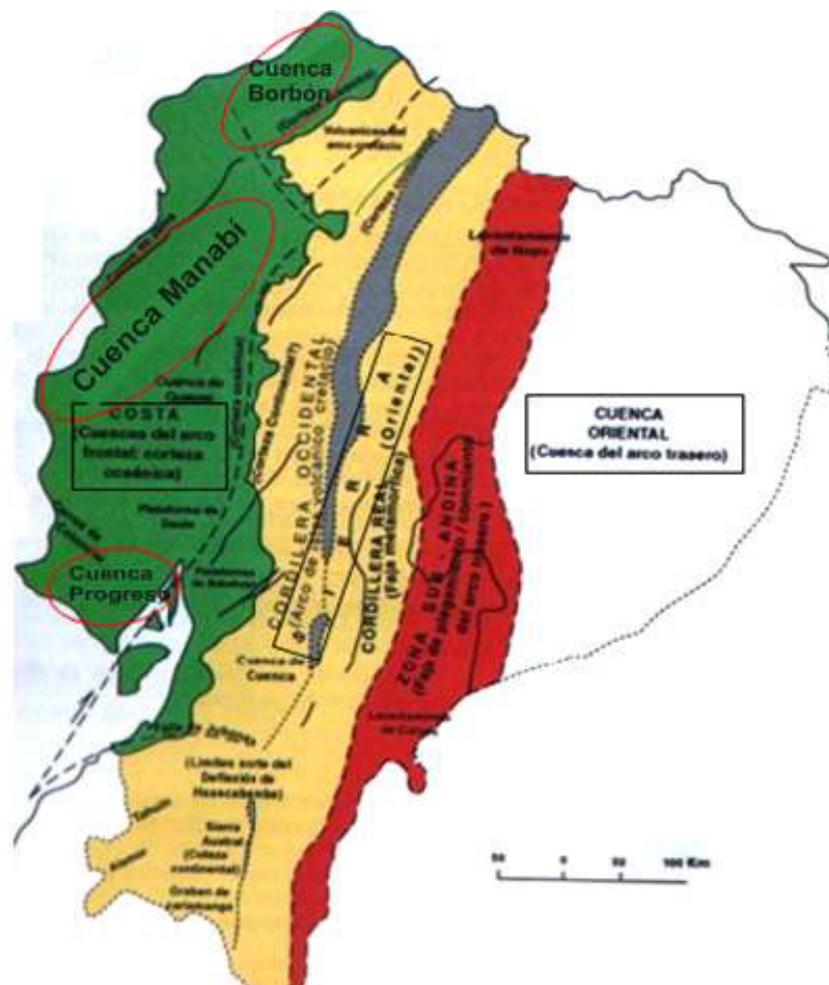


Figura 1. 3. Principales elementos del marco geológico del Ecuador y las principales cuencas de antearco (según J.W. Baldock, 1982).

6. Antecedentes de la Formación Borbón

Denominada así por Landes, 1944; Smith, 1947; Williams, 1947, geólogos de la IPCL. La primera publicación referida a esta formación fue hecha por Stainforth (1948).

La localidad tipo se encuentra cerca del pueblo Borbón en Esmeraldas. Es una de las últimas formaciones de extensión regional, considerada como un depósito detrítico que aflora a lo largo en la Cordillera Costanera, al Sur de Bahía y al Sur de Jama donde Whittaker, 1988; la divide y denomina como Fm. Bahía y Fm. Jama. Se encuentra sobreyaciendo a las lutitas de la Fm. Onzole.

Estratigráficamente es una de las últimas formaciones que constituyen la Cuenca Manabí. Sin embargo, no se tienen datos específicos acerca de su edad, litología y ambiente de depositación. La datación correcta de estos sedimentos ha generado una problemática entre las investigaciones que se han realizado anteriormente. Bristow y Hoffsteter (1977); basándose en el contenido paleontológico in situ, la ubican dentro de un rango de edad que va del Mioceno Superior al Plioceno. Para Benítez, (1995); tiene una edad Plioceno-Pleistoceno, basándose en su posición estatigráfica. Bristow también correlacionó la Fm. Borbón con el miembro "Upper

Calcareous” del grupo Daular de Marks (1951), definido en el borde SE de la cuenca Manabí.

El presente trabajo constituye una de las primeras investigaciones dedicada específicamente a la caracterización de la Formación Borbón, basándose en la realización de cortes estratigráficos a detalle, buscando nuevos datos y elementos geológicos que ayuden a establecer su verdadero patrón estratigráfico y sedimentológico, aportando de esta forma nuevos resultados a las investigaciones realizadas anteriormente.

CAPITULO 2

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

1. Ubicación del Área

Localización del sector Guarumo.

Este afloramiento se ubicó al suroeste de la provincia de Manabí, a unos 28 Km al este de Portoviejo, aproximadamente, a 2 km de la parroquia Honorato Vásquez, cerca a la represa Poza Honda en las estribaciones de la Cordillera Costanera (figuras 2.1 y 2.2).

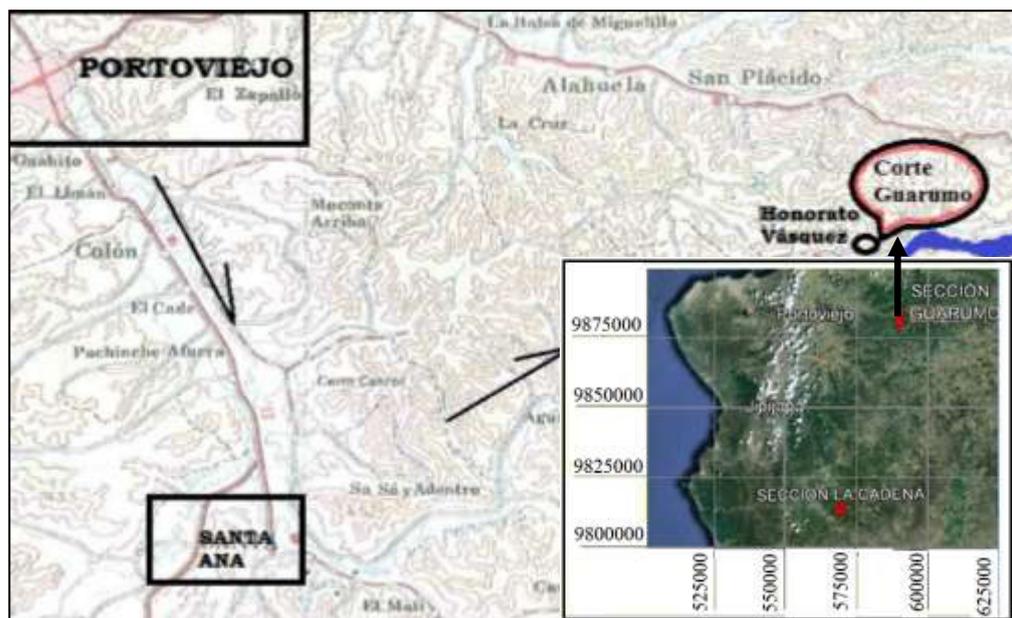


Figura 2.1 Localización del afloramiento en el sector Guarumo en la Costa (tomado del U.S. Geological Survey, Google Earth).



Figura 2.2 Vista ampliada de la localización del sector Guarumo.

Localización del sector La Cadena

Se localizó en la vía Pedro Carbo–Jipijapa, después del pueblo La Cadena.

Ubicándose muy cerca del estero La Cangahua (figura 2.3).

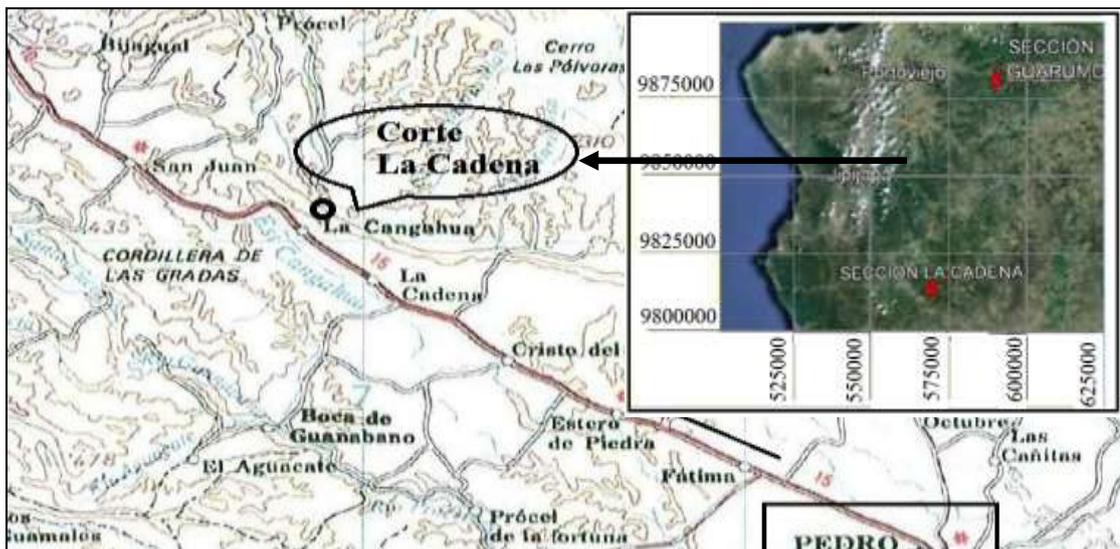


Figura 2.3 Localización del afloramiento en el sector La Cadena (tomado del U.S. Geological Survey, Google Earth).

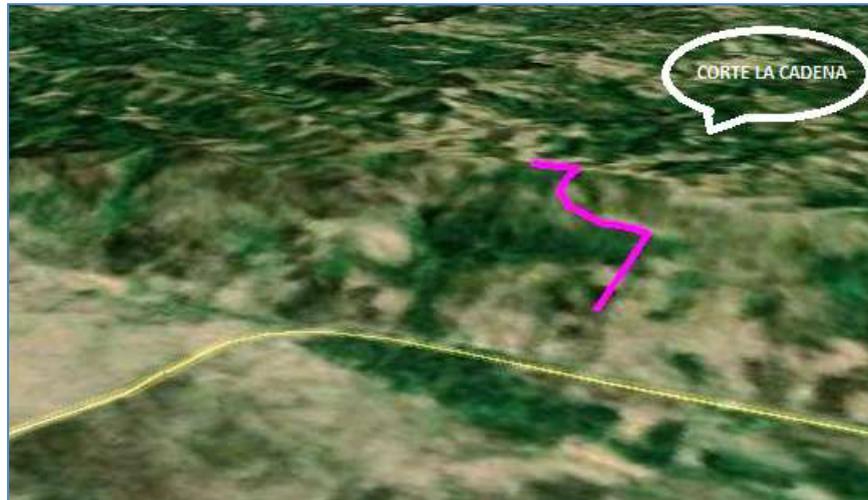


Figura 2.4 Vista Ampliada del afloramiento en el sector La Cadena.

2. Desarrollo de la Investigación

El proyecto de investigación “Registros de la Deformación y del Volcanismo en el dominio del antearco ecuatoriano: Sedimentología y Bioestratigrafía de la Formación Borbón”, que se llevó a efecto mediante el convenio suscrito entre la EPPETROECUADOR y el IRD (Institut de Recherche pour le Developpement), se desarrolló en tres etapas:

1.-Fase de Exploración: se inició con la primera salida de campo de una semana (13 al 17 de junio 2011), donde se realizó el levantamiento a detalle de la sección estratigráfica Guarumo ubicado cerca de la Parroquia Honorato Vásquez; y finalizó, con la segunda

salida de campo (21 de Diciembre 2011) en el sector La Cadena en la vía Pedro Carbo- Jipijapa

En estas salidas de campo se cumplió con el objetivo de medir y describir ambas secciones, así como, de recolectar muestras de sedimentos, obtener microfósiles, macrofósiles, muestras petrográficas y sedimentológicos

2.- **Fase Analítica:** las muestras fueron analizadas y estudiadas en el laboratorio del Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil (CIGG) de la EPPETROECUADOR.

3. **Fase de Interpretación:** una vez obtenidos los resultados de los estudios realizados a las muestras, se llevó a efecto la interpretación que consiste en encontrar el papel de la Formación Borbón dentro la historia geológica ecuatoriana a partir de la caracterización de sus sedimentos.

Estas etapas de investigación se aplicaron en los dos sectores estudiados:

- **Sector Guarumo**
- **Sector La Cadena**

Sector Guarumo

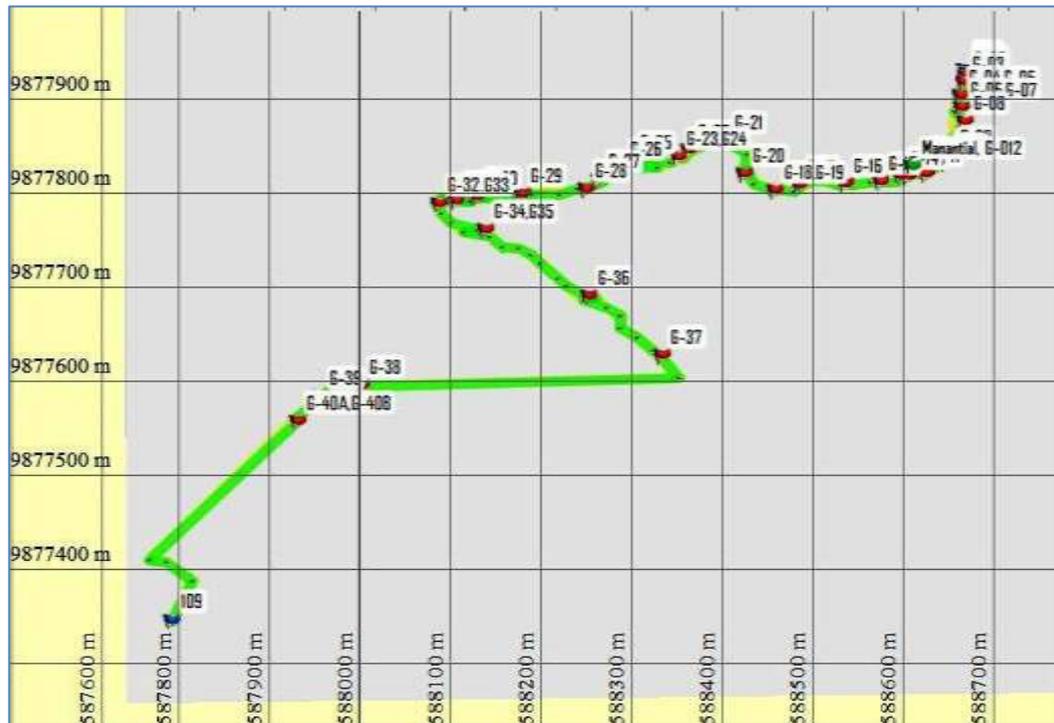


Figura 2.5 Localización de muestras del sector La Cadena.

El afloramiento estudiado se asocia a la Formación Borbón, litoestratigráficamente compuesto por: la parte inferior, consta de areniscas marrón amarillentas ocasionalmente gris azuladas, de grano fino a medio, localmente conglomeráticas intercalado con niveles calcáreos con microfósiles; hacia la parte superior, se observa sedimentos piroclásticos (tobas), también intercalaciones de areniscas y limolitas color gris verdoso algo tobáceas .

Sector La Cadena

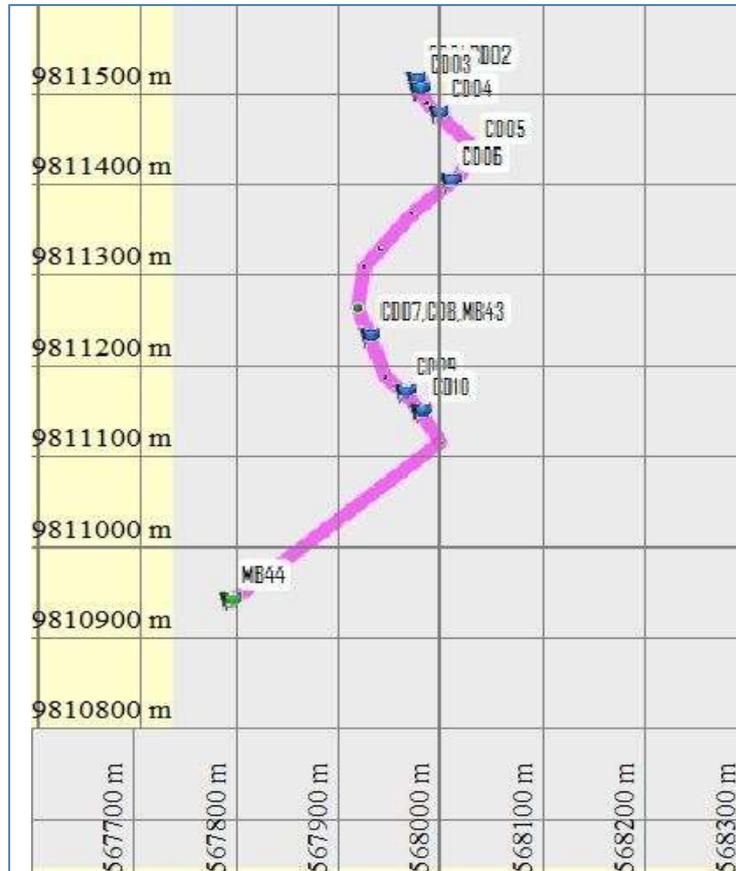


Figura 2.6 Localización de muestras sector La Cadena.

Se realizó un recorrido de aproximadamente 2.5Km en el sector La Cadena, a lo largo del mismo se recolectaron 12 muestras (tabla 2.2).

Se observó que litoestratigráficamente está compuesto: hacia la parte inferior de areniscas marrón amarillentas seguidas por estratos gris azulados, de grano fino a medio, con niveles de microfósiles, hacia la parte superior, se observa sedimentos piro clásticos (tobas).

Muestra	Altura	Coordenadas
CD01,CD02	419 m	17 M 568587 9811441
CD03	426 m	17 M 568592 9811425
CD04	419 m	17 M 568627 9811385
CD05	412 m	17 M 568686 9811322
CD06	402 m	17 M 568647 9811276
CD07,CD8,MB43	368 m	17 M 568505 9811026
CD09	342 m	17 M 568567 9810935
CD10	331 m	17 M 568595 9810903
MB44	205 m	17 M 568259 9810599

La muestras MB-44, se recolectó en la base de esta sección, mostrando un drástico cambio litológico (lutitas marrones), con respecto a las demás muestras. Se presume que pertenece a la Fm. Onzole. Asumiendo de esta manera que el contacto entre Onzole y Borbón estaría unos pocos metros hacia arriba.

CAPITULO 3

ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN BORBÓN

1. Análisis de Litología

Bristow, 1977; describe a la Fm. Borbón como un depósito detrítico. Esta consideración es parcialmente correcta, ya que el levantamiento detallado de la sección en el sector Guarumo y en el sector La Cadena, demuestra que existen marcadas diferencias litológicas en cada uno de sus estratos.

1.1 Litología en el sector Guarumo

Los estratos de la Fm. Borbón en el sector Guarumo son esencialmente horizontales aunque se distingue esporádicamente entre ellos una inclinación máxima de 6 grados. La sección tiene una potencia aproximada de 280 m, hacia la base está el contacto con la Fm. Onzole (no se observa en la sección estratigráfica). En este sector se analizaron aproximadamente 60 muestras. Los principales cambios de litología encontrados a lo largo de la misma

se resumen en dos grupos o miembros litológicos sucesivos descritos desde la base:

- **Miembro Clástico:** areniscas marrón-amarillentas semifriables y sólidas, en algunos estratos esporádicamente se encontraron niveles de coquinas y lumaquelas (figura 3.1).



Figura 3.1 Sedimentos Clásticos: areniscas marrón-amarillentas.

Se observa que hacia la base del afloramiento los sedimentos son más clásticos, se distinguen areniscas grises tobáceas (figura 3.2) muy friables con restos de moluscos, evidencias de bioturbación y microguijas.



Figura 3.2 Areniscas grises semifriables con restos de moluscos

- **Miembro Volcánico:** sedimentos claros piroclásticos litificados (toba lítica), mejor expuestos hacia el tope del afloramiento (figura 3.3).



Figura 3.3 Afloramientos de sedimentos volcánicos (tobas).

Estos grupos litológicos conforman una sucesión estratigráfica que se repite a lo largo de la sección Guarumo con variaciones en el espesor de cada uno de ellos.

1.1.1 Estructuras Sedimentarias en el sector Guarumo.

En esta sección se encontró laminaciones paralelas y ondulantes (figura 3.4 y 3.5), estratificación cruzada de bajo ángulo en las tobas y estratificación hummocky (figura 3.6) dentro de las areniscas grises volcánico-clásticas.



Figura 3.4 Laminación Paralela: aparecen en zonas de baja energía de deposición.



Figura 3.5 Laminación Ondulante: la deposición se realiza con variaciones en la energía, produciéndose los ripples.

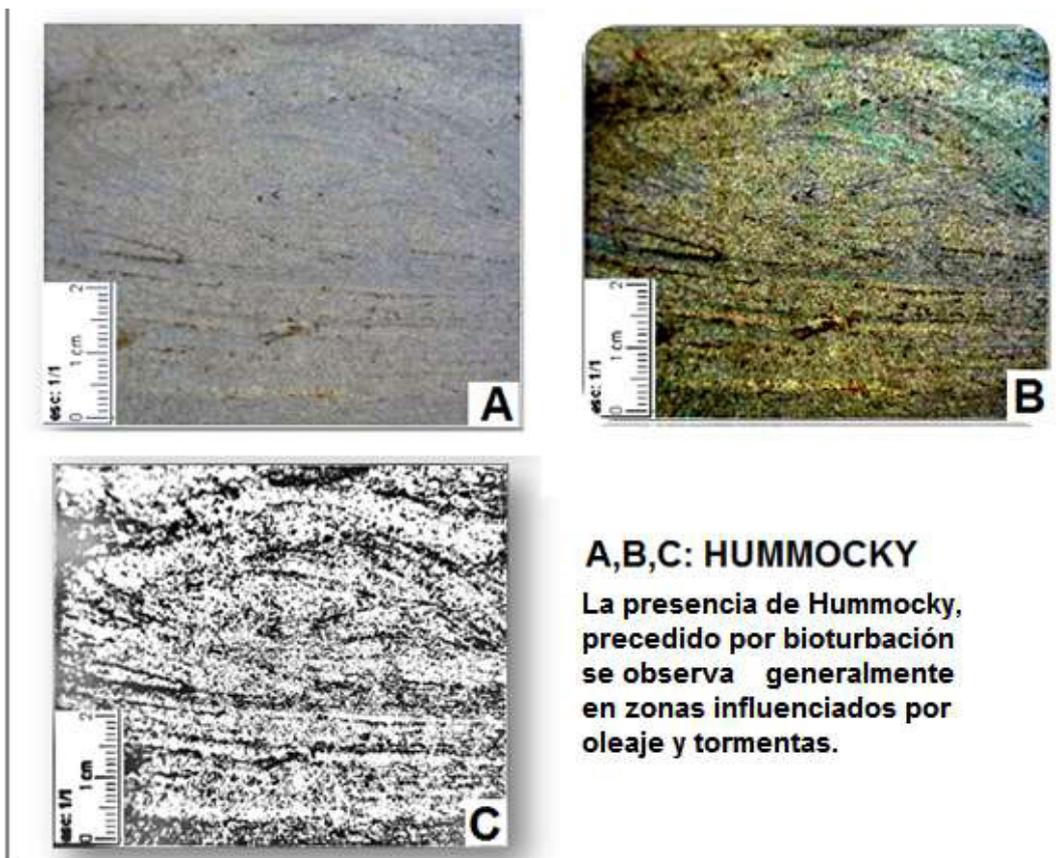


Figura 3.6 Estratificación cruzada hummocky.

1.1.2 Facies encontradas en la Sección Guarumo

A continuación se describen las observaciones realizadas en el campo, donde se reconocieron diferentes facies y subfacies a lo largo del sector Guarumo.

Facies 1

Subfacies: Areniscas Coquináceas

Altura: 160 m - 235m.

Esta facies se caracteriza por la presencia de areniscas marrón-amarillentas, no calcáreas, friables con intercalaciones de niveles coquináceos, moderada clasificación, grano subangular a subredondeado, laminación paralela.

Subfacies 2: Areniscas Amarillenta Laminadas

Altura: 235m - 280 m

Areniscas marrón-amarillentas no calcáreas, intercaladas con limolitas marrón, moderadamente consolidadas, con laminaciones paralelas esporádicas y laminación cruzada de bajo ángulo encontradas hacia el contacto con areniscas

grises; además, se observaron intercalaciones de niveles coquináceos y moluscos fragmentados.

Facies 2

Subfacies: Areniscas Grises Bioturbadas

Altura: 280m a 310m.

Areniscas grises moderadamente consolidadas, no calcáreas, laminación ondulante, estratificación cruzada de bajo ángulo y estratificación Hummocky. Se observa indicios de fuerte bioturbación, ichnofacies de skolithos y fragmentos de moluscos; además, de un nivel de concreción y abundantes guijas negras redondeadas.

Subfacies: Areniscas Tobáceas

Altura: 310m a 325m.

Areniscas amarillentas tobáceas friables, no calcáreas con intercalaciones de limolitas marrones con laminaciones paralelas. Presencia de fragmentos de moluscos, gasterópodos y guijas negras.

Subfacies: Areniscas Marrón con Concreciones

Altura: 325m a 375m.

Areniscas marrón amarillentas moderadamente consolidadas con intercalaciones de areniscas grises friables calcáreas e intercalaciones de limolitas, con laminación ondulante, laminación paralela. Presencia de niveles coquináceos y moluscos bien conservados nivel de concreciones y abundantes guijas negras redondeadas.

Facies 3

Subfacies: Areniscas Grises Bioturbadas

Altura: 375m a 400 m.

Areniscas grises calcáreas, moderadamente consolidadas, moderada clasificación, de grano subangular a subredondeado con débiles laminaciones paralelas. Se observa bioturbación y fragmentos de moluscos, ichnofacies de skolithos ophiomorfa y turritelas; además, se observó abundantes guijas negras redondeadas.

Facies 4: tobas

Altura: 400 m a 428 m

Tobas calcáreas friables, moderada clasificación, grano subredondeado a redondeado con laminación paralela y ondulante, estratificación cruzada de bajo ángulo y

hummocky centimétricos. Abundante presencia de moluscos. Ya que se trata de sedimentos piroclásticos depositados por agentes aéreos como consecuencia de explosiones volcánicas.

Facies 5: Limolitas Conglomeráticas

Altura: 428 m – 436 m

Limolitas conglomeráticas moderadamente consolidadas, pobre clasificación, granos subangulares a redondeados con niveles de concreciones calcáreas, guijas negras y guijarros redondeados.

1.2 La Litología del sector La Cadena

Esta sección en este sector tiene una potencia aproximada de 200 m, el contacto con la Fm. Onzole se observa hacia la base, en este afloramiento se identifican los mismos miembros litológicos sucesivos de la sección Guarumo, es decir:

- **Miembro Clástico:** hacia la base de este miembro los sedimentos son más clásticos como las areniscas marrón-amarillentas semifriables y sólidas. Se observa el contacto entre areniscas grises y areniscas grises meteorizadas (figura 3.7).



Figura 3.7 Arenisca gris de la Fm. Borbón en el afloramiento La Cadena.

Hacia el tope se presentan areniscas tobáceas grises friables con abundante presencia de moluscos, gasterópodos y fuerte bioturbación. Se observa una discordancia angular (figura 3.8).

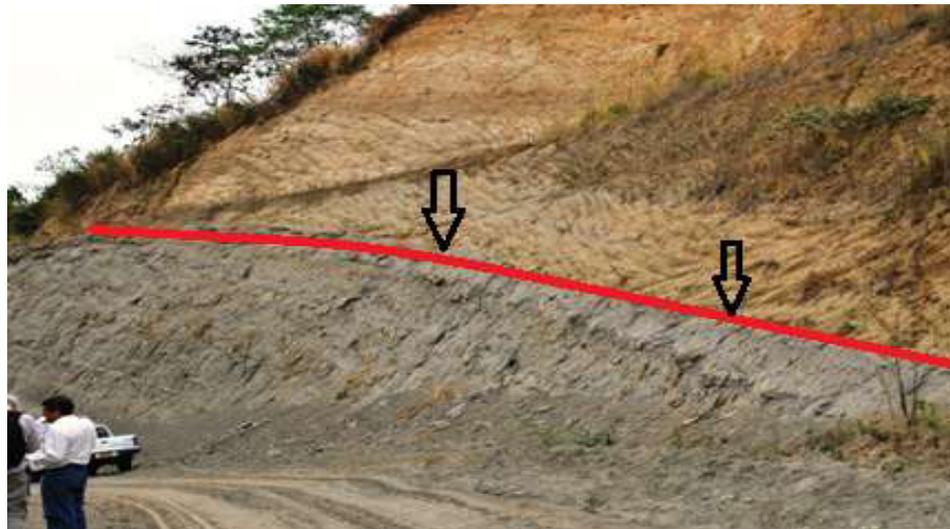


Figura 3.8 Areniscas amarillentas y grises de la Fm. Borbón. Las flechas indican la presencia de una discordancia angular.

- **Miembro Volcánico:** toba lítica y sedimentos piroclásticos sueltos (figura 3.9).



Figura 3.9 Afloramiento de Tobas hacia la tope de la Fm. Borbón en el sector La Cadena.

1.2.1 Estructuras Sedimentarias del sector La Cadena

Se observó escasamente solo algunos ejemplos de laminación cruzada de bajo ángulo en los estratos de las tobas hacia el tope de la columna.

1.2.2 Facies encontradas en la Sección La Cadena

Formación Onzole

Altura: 205 m - 220 m.

Lutitas café, moderadamente consolidadas laminadas con presencia esporádicas de microgüijas.

Facies 1

Subfacies: Arenisca marrón laminada

Altura: 220 m - 350m

Areniscas amarillentas moderadamente consolidadas, bien clasificadas, granos subredondeados con laminaciones paralelas. Sin fragmentos de moluscos.

Subfacies: Arenisca Gris Bioturbada

Altura: 350m - 370m

Areniscas grises moderadamente consolidadas, bien clasificadas, granos subangulares a subredondeados con laminaciones paralelas. Se observa fuerte bioturbación, moluscos bien conservados, gasterópodos, moluscos e ichnofósiles.

Se observa una marcada discordancia angular en contacto con las tobas.

Facies 2: Tobas

Altura: 370m - 320 m:

Tobas friables, bien clasificadas, granos subangulares a subredondeados, laminación paralela. Hacia la cima se observa tobas conglomeráticas, granos subredondeados y estratificación cruzada de bajo ángulo. Presencia de fragmentos de moluscos y microguijas.

1.3 Interpretación de los datos recolectados.

El afloramiento en el **sector Guarumo** se asocia a la Formación Borbón, litoestratigráficamente compuesto por dos miembros claramente visibles:

Miembro Clástico: areniscas gris azuladas ocasionalmente marrón amarillentas de grano fino a medio, ubicadas hacia la parte inferior, intercaladas con niveles calcáreos con macrofósiles.

Miembro Volcánico: se observan estratos de tobas y arcillas con intercalaciones de areniscas de color gris verdoso algo tobáceas hacia la parte superior. Este depósito está constituido por fragmentos de conchas, los cuales posiblemente se asocian a tempestitas depositadas por tormentas o mareas excepcionalmente altas evidenciadas por la estratificación cruzada

hummocky. Las demás estructuras sedimentarias que se presentan son laminaciones paralelas a subparalelas, niveles de concreciones, estratificación cruzada de bajo ángulo. En el sector La Cadena también se observó dos miembros litológicos:

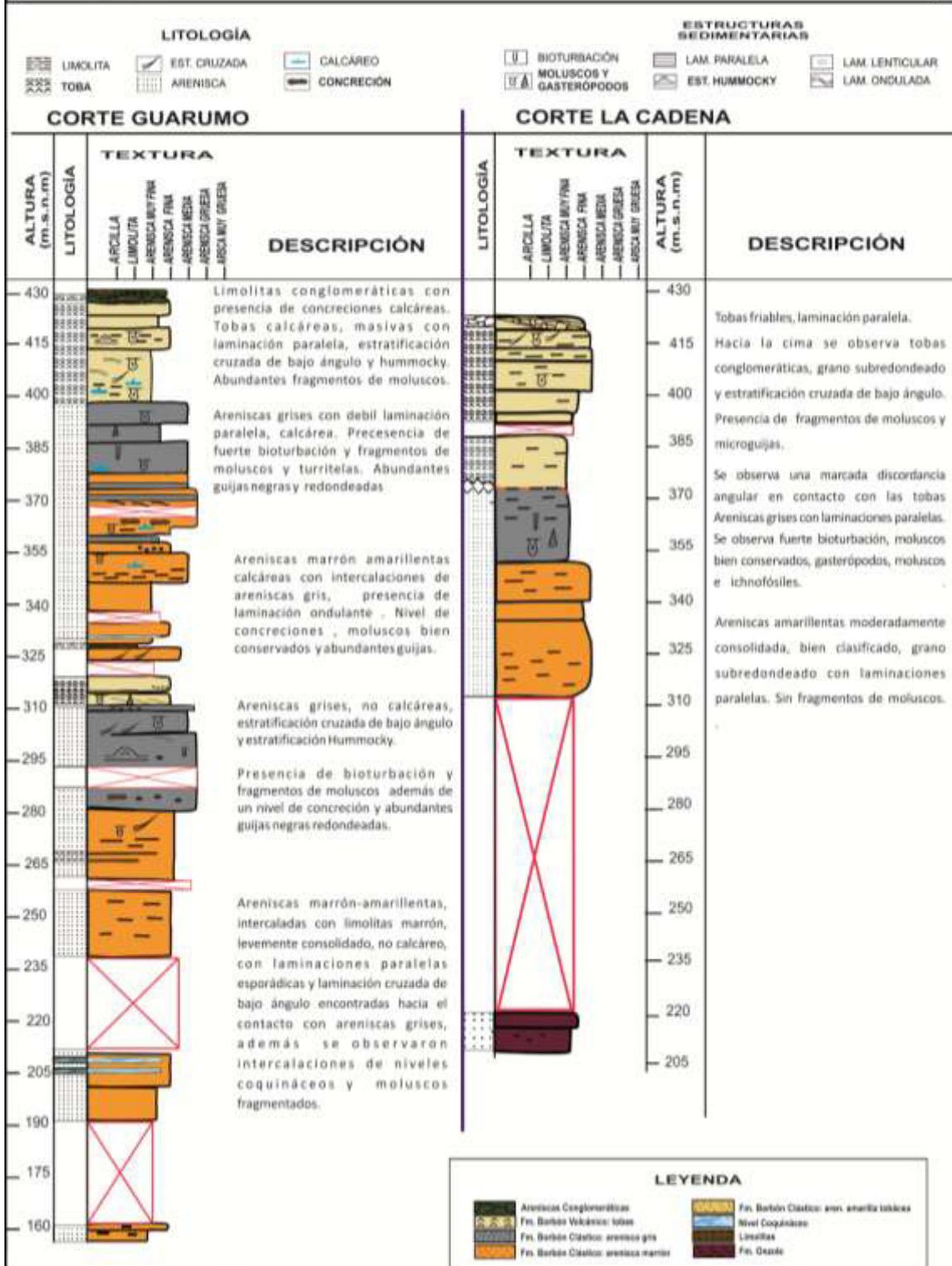
Miembro Clástico: se encontraron areniscas marrones sobreyacidas por areniscas grises de grano fino hacia la base.

Miembro Volcánico: se observan tobas localmente conglomeráticas hacia la parte superior. No presenta estructuras sedimentarias en las areniscas pero se observó escasamente algunos ejemplos de laminación cruzada de bajo ángulo en las tobas.

Las areniscas grises en los dos afloramientos están bioturbadas, lo que indica tasas esporádicas de sedimentación baja. Las areniscas marrones presentan algunas intercalaciones de areniscas grises, esto correspondería a depósitos esporádicos de sedimentación alta. Según el tamaño y forma de la fauna malacológica presente en los estratos, se interpreta que la comunidad se desarrolló aproximadamente a una profundidad entre 10 y 60 m. Se describe la estratigrafía básica de la sección Guarumo y La Cadena, según las observaciones hechas en el campo (figura 3.10).

FIGURA 3. 10 COLUMNAS LITOLÓGICAS BASICAS REALIZADAS IN SITU: SECTOR GUARUMO Y SECTOR LA CADENA .

COMPAÑIA : ESPOL- EP PETROECUADOR -IRD
ZONA : GUARUMO(SANTA ANA-MANABI)
ESPESOR : 275 m
ESTUDIO : MF. RAMIREZ
ESCALA : 1: 1500



2. Análisis de Textura Sedimentaria.

En general, las muestras recolectadas del sector Guarumo y La Cadena están constituidas por rocas sedimentarias compuestas de gránulos sueltos y de compuestos químicos de los materiales terrestres, que estuvieron sometidos a procesos de meteorización, transporte, precipitación y sedimentación que condujeron a su formación, también a la formación de texturas. El estudio de la textura de sedimentos silicoclásticos es de gran importancia para la interpretación de ambientes de depositación y posibles condiciones de transporte. Los aspectos que definen el patrón textural de estas rocas y que serán a analizados en esta sección son: tamaño de grano, morfología de los clastos, clasificación de tamaño, madurez textural.

a. Tamaños de los granos

Para analizar la granulometría, las muestras de sedimentos recolectadas de los cortes Guarumo (41 muestras) y La Cadena (12 muestras) fueron sometidas a un análisis de tamices.

La clasificación de sus tamaños fue realizada según la escala de tamaños de Udden-Wentworth (tabla 3.1), siguiendo el procedimiento explicado en el anexo 1(literal 1).

Tabla 3.1. Escala de tamaño de granos de Udden-Wentworth.

No. Tamiz	Diámetro		Clase	Roca
	mm	micras		
----	4096	---	Bloques	Psefitas
----	256	---		
----	64	---		
----	4	---	Cantos	
10	2	---		
18	1	---	Arena muy gruesa	Psamitas
35	0,5	500	Arena gruesa	
60	0,25	250	Arena media	
120	0,125	125	Arena fina	
230	0,062	62	Arena muy fina	
----	0,031	31	Limo grueso	Limolitas
----	0,016	16	Limo medio	
----	0,008	8	Limo fino	
----	0,004	4	Limo muy fino	
			Arcilla	Pelitas

Las muestras de los sectores estudiados presentan en su mayoría tamaños que se ubican dentro de la clasificación de areniscas (figura 3.11).



Figura 3.11 Areniscas del sector Guarumo.

En el tope de ambas secciones los sedimentos presentan tamaños limo-arenosos, pero su constitución petrográfica demuestra que corresponden a sedimentos piroclásticos (tobas); hacia la base, los tamaños van desde areniscas muy finas a gruesas, con intercalaciones de sedimentos de tamaños limolíticos.

En la descripción de la curva granulométrica de ambos sectores se observa que los sedimentos del sector Guarumo son más gruesos que los del sector La Cadena. Esto coincide con las observaciones de campo, donde los horizontes de guijas (figura 3.12) se encontraron con más frecuencia en la sección Guarumo que en la sección La Cadena.

Las microguijas encontradas esporádicamente en los estratos clásticos del sector Guarumo son subangulares-subredondeadas en una escala de 2-6 mm. Estas microguijas no se encuentran en la sección de La Cadena



Figura 3.12
Microguijas Sector
Guarumo. Localizadas
esporádicamente a lo
largo de toda la sección.

Curvas Granulométricas: sectores Guarumo y La Cadena

Se determinó la granulometría de los sectores estudiados (Guarumo, La Cadena), usando los resultados en las muestras y las observaciones de campo.

Sector Guarumo

Al tope de esta sección estratigráfica los sedimentos presentan tamaños limo-arenosos aunque por análisis litológico estos sedimentos corresponden a sedimentos piroclásticos (tobas). En general los tamaños van desde 0.062 mm correspondientes a areniscas muy finas a 1 mm correspondiente a areniscas gruesas, con intercalaciones esporádicas de limolitas (figura 3.13).

Sector La Cadena

En la cima de esta sección, los sedimentos son de tamaño limo-arenosos y por análisis litológico corresponden a sedimentos piroclásticos (tobas). Los sedimentos del sector La Cadena se ubican texturalmente dentro de las arenisca que van de 0.062 mm es decir areniscas muy finas hasta 0.5 mm correspondiente a areniscas medias con intercalaciones esporádicas limosas (figura 3.14).

Figura 3.13 Curva granulométrica del sector Guarumo (Fm. Borbón)

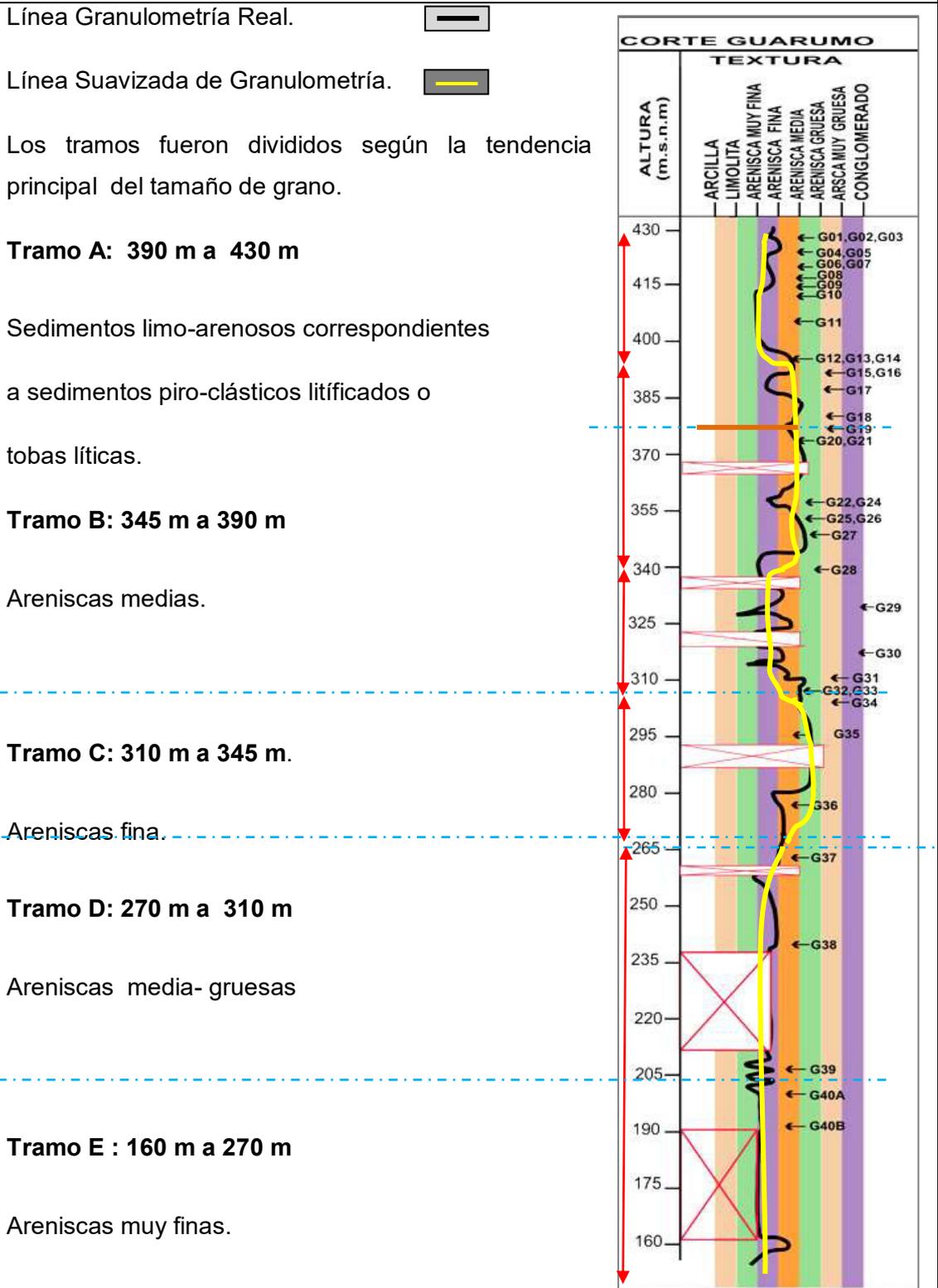
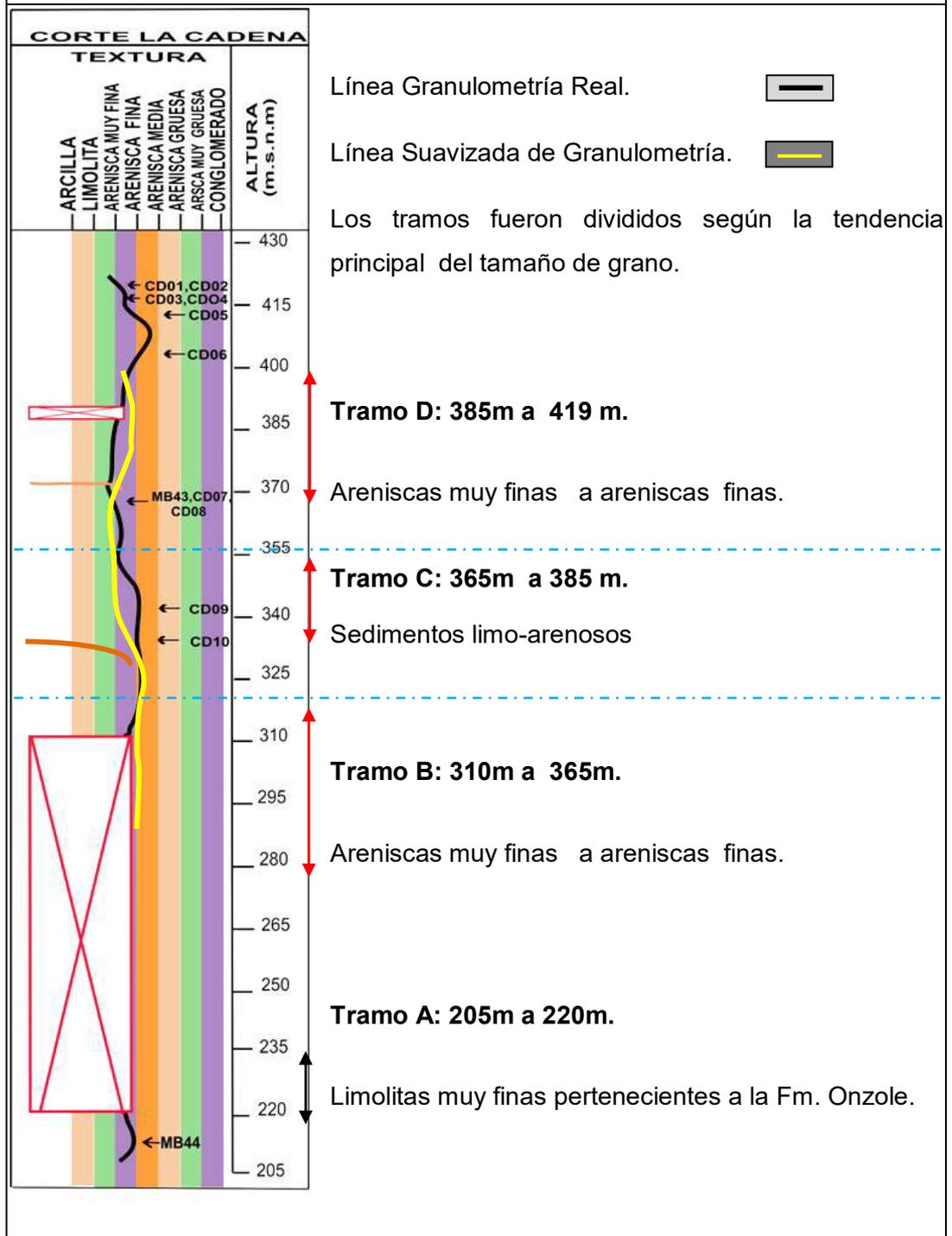


Figura 3.14. Curva granulométrica del sector La Cadena (Fm. Borbón)



b. Morfología de los clastos: Redondez y Esfericidad

Las muestras (41 muestras sector Guarumo y 12 muestras sector La Cadena) no presentan cambios drásticos en la morfología de los granos, pero se destaca que los sedimentos del corte Guarumo presentan mayor heterogeneidad en cuanto a redondez, que los sedimentos de La Cadena que presentan una redondez casi uniforme.

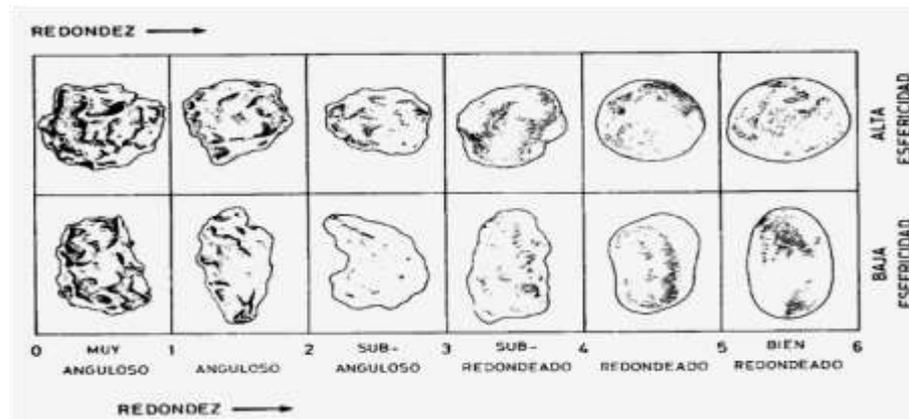


Figura 3.15 Redondez y Esfericidad de clastos. Boggs 1995.

La esfericidad (figura 3.15) en los dos sectores es alta, aunque haciendo una comparación entre las dos secciones, la sección Guarumo presenta clastos sub-angulosos a sub-redondeados y alta esfericidad, mientras los clastos del sector La Cadena presentan clastos redondeados y alta esfericidad. Estos resultados son claros indicadores de que las posibles fuentes

de aporte son más cercanas al sector Guarumo que al sector La Cadena y que la acción del transporte incidió durante más tiempo o distancia sobre el sector la Cadena. Ver anexo 1 (literal 2).

c. Clasificación

Los sedimentos del corte Guarumo presentan una clasificación determinada según la figura 3.16 como: **moderadamente clasificada**, mientras que los del corte La Cadena califican como **bien clasificado**

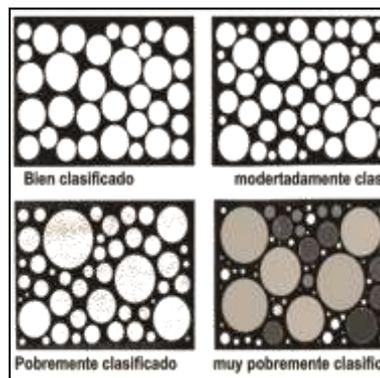


Figura 3.16 Clasificación de sedimentos. Boggs 1995.

d. Madurez Textural

Para el sector Guarumo los sedimentos presentaron una madurez textural (figura 3.17) calificada como: **maduro a**

submaduro. En el sector La Cadena los sedimentos presentaron una madurez textural: **maduro a submaduro.**



Figura 3.17 Gráfico de madurez textural de una roca detrítica arenosa, según Pozo 2004. Los sedimentos de la Fm. Borbón se representan con el círculo rojo.

Interpretación de resultados

Los afloramientos Guarumo y La Cadena de la Fm. Borbón presentan características texturales similares, el tamaño de los clastos es variable en cada sector y las evidencias en cada una de las muestras indican una tendencia granodecreciente en cada uno de los estratos.

En el corte Guarumo los detritos son más gruesos, van de arenisca gruesa a fina y de clasificación moderada además de guijas grandes, mostrando una madurez textural submaduro-maduro, posiblemente debido a que la fuente de aporte estuvo mucho más cerca del sector Guarumo que la sección del sector La Cadena.

En el sector La Cadena los clastos son de menor tamaño levemente, van de arenisca fina a muy fina, también se encontraron microguijas con buena clasificación y texturalmente son sedimentos maduros. A partir de esta consideración se infiere que el transporte de sus materiales fue mucho más largo que en sector Guarumo, es decir más lejos de las fuentes de aporte de sedimentación.

3. Análisis Petrográfico

Las rocas sedimentarias están compuestas por sedimentos sueltos formados principalmente de precipitados químicos, restos orgánicos y granos minerales. Estos se originaron en una zona donde se produjeron distintos procesos químicos, físicos (meteorización y erosión) y bioquímicos. Al final de cada proceso los sedimentos sufren fenómenos de compactación, cementación o ambos, originando rocas litificadas que según su composición dan lugar a las rocas detríticas,

químicas y organógenas. El análisis petrográfico que se describe a continuación, se realizó en las muestras con mayor grado de compactación. En la investigación se describe a detalle dos secciones estratigráficas (Guarumo y La Cadena) cuya litología varía en compactación.

Sección Guarumo

En el corte Guarumo, hacia la parte superior del afloramiento, se observan tobas volcánicas masivas calcáreas; y hacia la base, areniscas fisiles y desdeñables. Del material mayormente compactado se realizaron 8 láminas petrográficas: G-03 (muestra de dique); G-06, G-07 y G-08 (miembro volcánico); G-16, G-17, G-18 (miembro clástico).

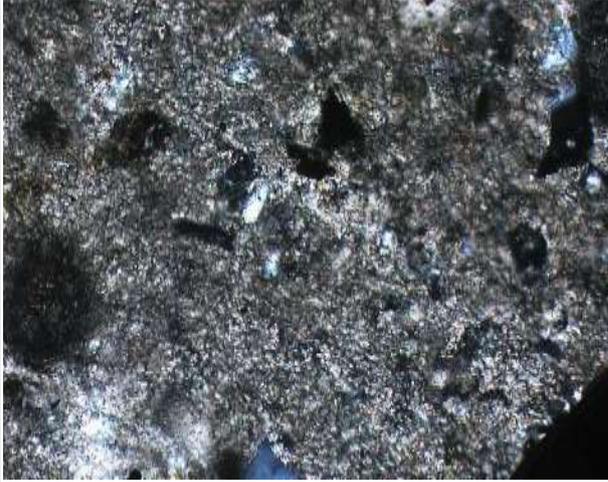
Sección La Cadena

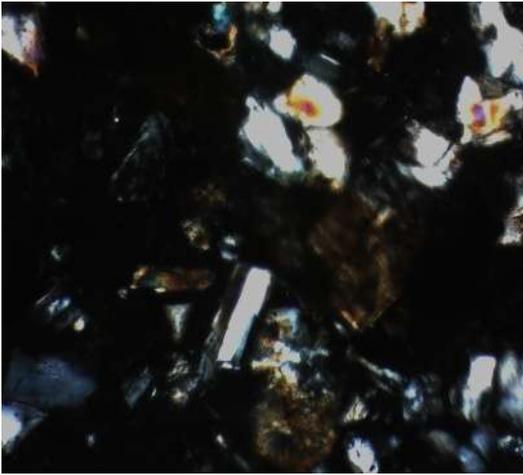
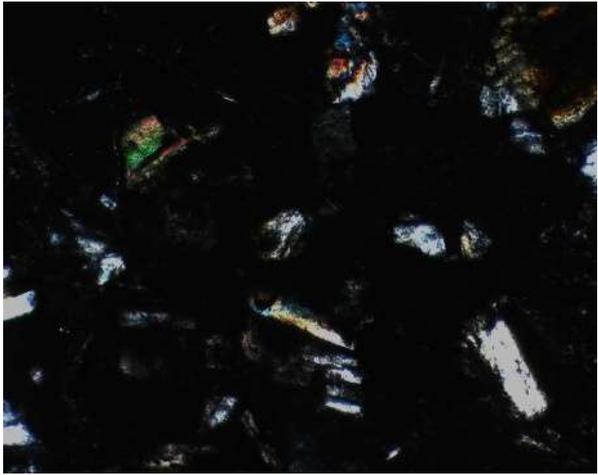
Presenta tobas volcánicas, areniscas muy finas y friables. El débil grado de compactación en el corte La Cadena no permitió la realización de láminas petrográficas de esta zona.

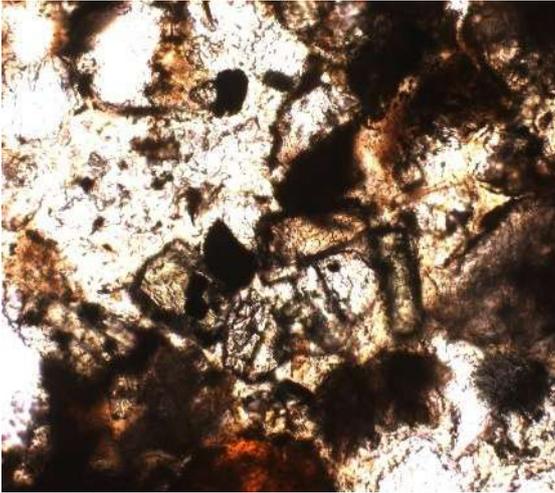
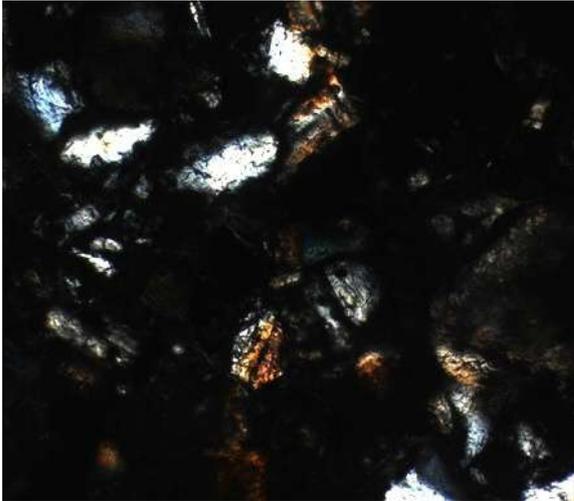
Detalles acerca del procedimiento para la obtención de láminas delgadas y de los microscopios y cámaras utilizados para este análisis, se encuentran en el anexo 1(literal 4).

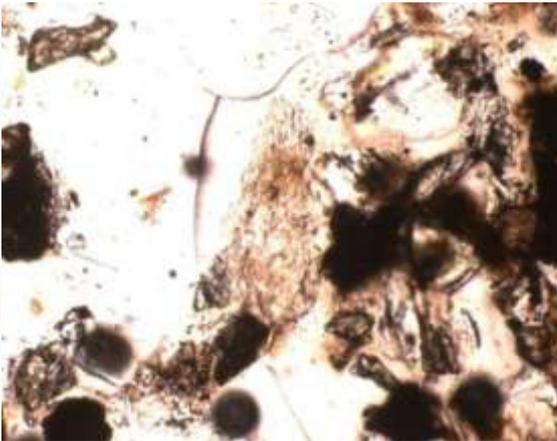
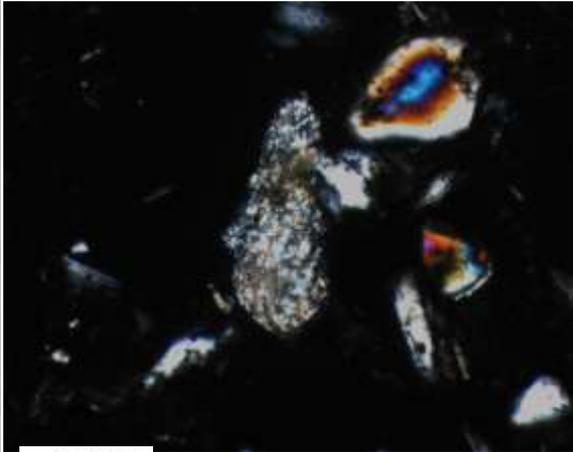
3.1 Descripción de Láminas Petrográficas

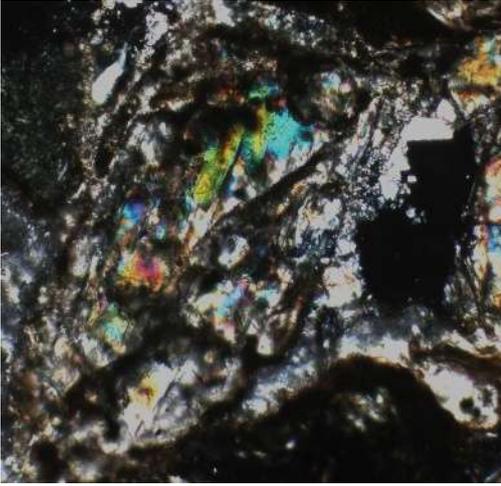
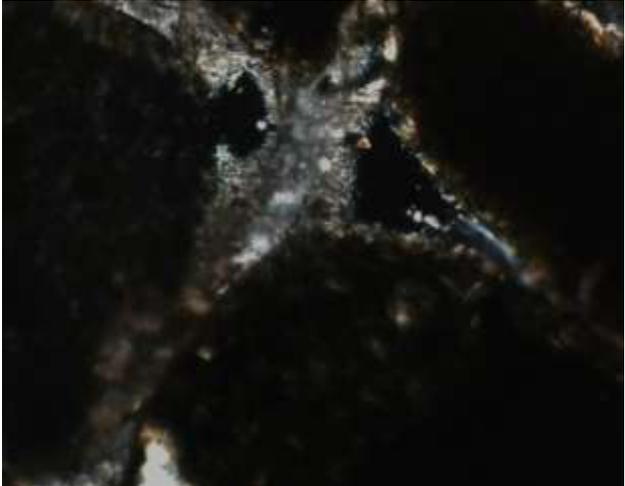
A continuación se describe las principales características petrográficas que se encontraron en las láminas del sector Guarumo (tabla 3.2).

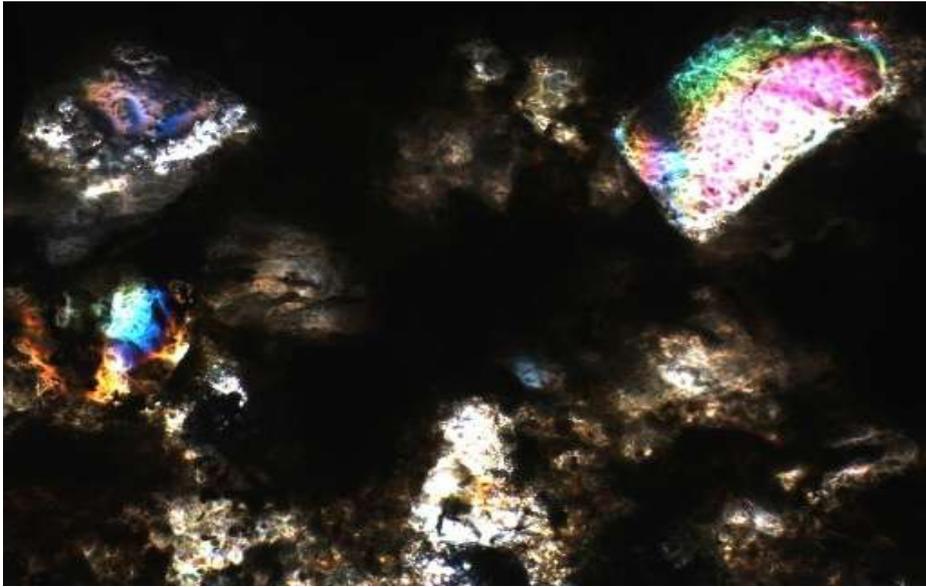
Tabla 3.2. Resumen del análisis petrográfico.				
MUESTRA	FORMACIÓN	SECTOR	NICOLES	COORDENADAS
G-03(dique)	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588663 9877920
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p><u>200 um</u></p> <p>Se observa cristales minerales de mayor tamaño en una matriz criptocristalina, con algunos poros. Cementación calcárea.</p>		 <p><u>200 um</u></p> <p>Cementación calcárea. Alta birrefringencia.</p>		
NOMBRE DE LA ROCA: Mudstone calcáreo.				

MUESTRA	FORMACIÓN	SECT R.	NICOLES	COORDENADAS
G-06	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588660 9877892
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p><u>200 um</u></p> <p>Se observa fenocristales de minerales tales como cuarzos y plagioclasas abundantes. También moscovita, biotita, clorita.</p>		 <p><u>200 um</u></p> <p>Cementación casi nula. Alta birrefringencia de cristales minerales.</p>		
NOMBRE DE LA ROCA: Toba lítica.				

MUESTRA	FORMACIÓN	SECTOR	COORDENADAS
G-07	Fm. Borbón	Guarumo	17 M 588660 9877892
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1	
FIGURA1		FIGURA2	
 <p><u>200 µm</u></p> <p>Fig1.N//. Se observan cristales incoloros (feldespatos y cuarzo) en una matriz posiblemente arcillosa. También algunos minerales opacos en el centro.</p>		 <p><u>200 µm</u></p> <p>Fig2.Nx. Cementación casi nula. Alta birrefringencia de cristales. Cuarzos recristalizados</p>	
NOMBRE DE LA ROCA: Toba lítica.			

MUESTRA	FORMACIÓN	SECTOR	COORDENADAS
G-08	Fm. Borbón	Guarumo	17 M 588664 9877877
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1	
FIGURA1		FIGURA2	
 <p><u>200 um</u></p> <p>Fig1.N//. Se observan cristales de minerales incoloros (feldespatos y cuarzo) y algunos minerales opacos. Matriz inexistente</p>		 <p><u>200 um</u></p> <p>Fig2.Nx. Cementación nula. Alta birrefringencia de cristales. Cuarzos recristalizados</p>	
NOMBRE DE LA ROCA: Toba lítica.			

MUESTRA	FORMACIÓN	SECTOR	NICOLES	COORDENADAS
G-16	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588533 9877807
MICROFOTOGRAFÍAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p><u>200 um</u></p> <p>Se observa fenocristales de minerales tales como cuarzos y plagioclasas abundantes. También moscovita, biotita. La mayoría de los cristales son uniforme en tamaño</p>		 <p><u>200 um</u></p> <p>Los gránulos tiene un mayor tamaño son más notables. Cementación calcárea. Alta birrefringencia de cristales. Se aprecian algunos fragmentos de rocas.</p>		
NOMBRE DE LA ROCA: Arenisca calcárea.				

MUESTRA	°	SECTOR	NICOLES	COORDENADAS
G-17	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588482 9877806
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
 <p style="text-align: center;"><u>200 μm</u></p>				
<p>Se observa fenocristales de minerales tales como cuarzos y algunas plagioclasas. También moscovita. La mayoría de los cristales son uniforme en tamaño. Hay recristalización de granos y cementación calcárea.</p>				
NOMBRE DE LA ROCA: Litarenitacalcárea.				

MUESTRA	FORMACIÓN	SECTOR	NICOLE	COORDENADAS
G-18	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588455 9877800
MICROFOTOGRAFÍAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p>200 um</p>		 <p>200 um</p>		
FIGURA 3		FIGURA4		
		 <p>200 um</p>		
<p>Fig 1. Se observa fenocristales de minerales tales como cuarzos y plagioclasas abundantes. También moscovita. Fig 3. Se observa feldespatos incoloros, algunos con maclas de Carlsbad-albita.</p>		<p>Fig 2 y Fig 4. Alta birrefringencia de cristales. Cuarzos con extinción directa. Matriz granosoportada. Cementación calcárea.</p>		
NOMBRE DE LA ROCA: Litarenita calcárea.				

3.2 Interpretación de Resultados

Las muestras se pueden dividir en 3 grupos que poseen las diferentes características texturales. Una vez realizado el análisis petrográfico detallado en el anexo 1 (literal 4), se puede concluir:

Muestra G-03: Dique

Corresponde a mudstone calcáreo, que se presentan como dique dentro del afloramiento de areniscas arcillosas. Son generalmente posteriores a los procesos de sedimentación de las rocas que atraviesa.

Muestras G-06, G-07 y G-08: Miembro Volcánico

Rocas piroclásticas con tamaño de grano menos a 0.2 mm, corresponden a cenizas volcánicas consolidadas producto de volcanismo explosivo. Estas nubes de polvo volcánico pueden alcanzar varios kilómetros de altura y alejarse como nubes del cráter volcánico hasta que finalmente se depositan por causa de la gravedad.

Muestras G-16, G-17, G-18: Miembro Clástico

Areniscas con plagioclasas y gránulos de cuarzo evidente, con fuerte recristalización calcárea, más o menos

redondeados a subangulares, lo que indica intensos procesos de transporte y erosión a través de un largo recorrido dándole cierta madurez textural. La cementación calcárea permite dar un posible ambiente de cementación dentro de la zona freática continental, por su bajo contenido de magnesio.

4. Análisis de Minerales Pesados

En general, el estudio de la fracción de minerales pesados y sus asociaciones dentro de sedimentos detríticos son de gran apoyo para la deducción de fuentes de aporte. No obstante al momento de establecer relaciones entre estos minerales podría haber inconvenientes porque la roca origen pudo haber sido modificada por varios agentes como transporte, erosión y sedimentación.

Para las muestras del sector Guarumo y la Cadena se realizó un análisis básico de minerales pesados por el método de batea, descrito en el anexo 1 (literal 3). En primer lugar se realizó una división en tramos de acuerdo a los cambios litológicos que se dan en la sección y finalmente, se seleccionó las muestras que presentaban concentración de minerales pesados en dicho tramo. Es por esto que

solo se analizaron 12 muestras del sector Guarumo y 5 muestras del sector La Cadena (tabla 3.3).

Tabla 3.3. Porcentaje de concentración de minerales pesados en 50 gr de sedimento, sectores Guarumo y La Cadena.

CORTE GUARAUMO	% P.C
G-04	1,88%
G-07	4,11%
G-12	0,94%
G-15	0,79%
G-18	3,64%
G-21	1,97%
G-24	0,36%
G-28	0,79%
G-33	0,52%
G-34	1,00%
G-36	0,90%
G-40A	0,26%

CORTE LA CADENA	% P.C
CD-3	1,17%
CD-4	1,54%
CD-5	1,75%
CD-7	0,37%
CD-09	1.6 %

La caracterización de los minerales pesados recuperados se obtuvo mediante el análisis de espectros (EDS), obtenidos por medio del microscopio electrónico. Los minerales recuperados y el grupo al que pertenecen se describen en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Minerales Pesados recuperados en las secciones Guarumo y La Cadena			
GUARUMO		LA CADENA	
MINERAL	GRUPO	MINERAL	GRUPO
Almandino-Granate	Silicatos(Nesosilicato)	Almandino-Granate	Silicatos (Nesosilicato)
Augita-Piroxeno	Silicatos(Inosilicato)	Augita-Piroxeno	Silicatos (Nesosilicato)
Epidota	Silicatos(Sorosilicato)	Cromita	Oxido
Hematita	Oxido	Epidota	Silicatos(Sorosilicato)
Hornblenda-Anfibol	Silicatos(Inosilicato)	Hematita	Oxido
Ilmenita	Oxido	Hornblenda-Anfibol	Silicatos(Inosilicato)
Olivino	Silicatos(Nesosilicato)	Ilmenita	Oxido
Pirita	Sulfuro	Titanita	Silicato
Pirrotina	Sulfuro		

Los porcentajes describen la distribución de especies minerales en cada una de las muestras, en ninguno de los casos es mayor al 20% del concentrado (figuras 3.18 y 3.19), siendo la parte restante equivalente a minerales claros como cuarzos, plagioclasas que no han sido considerados en este análisis por su peso específico.

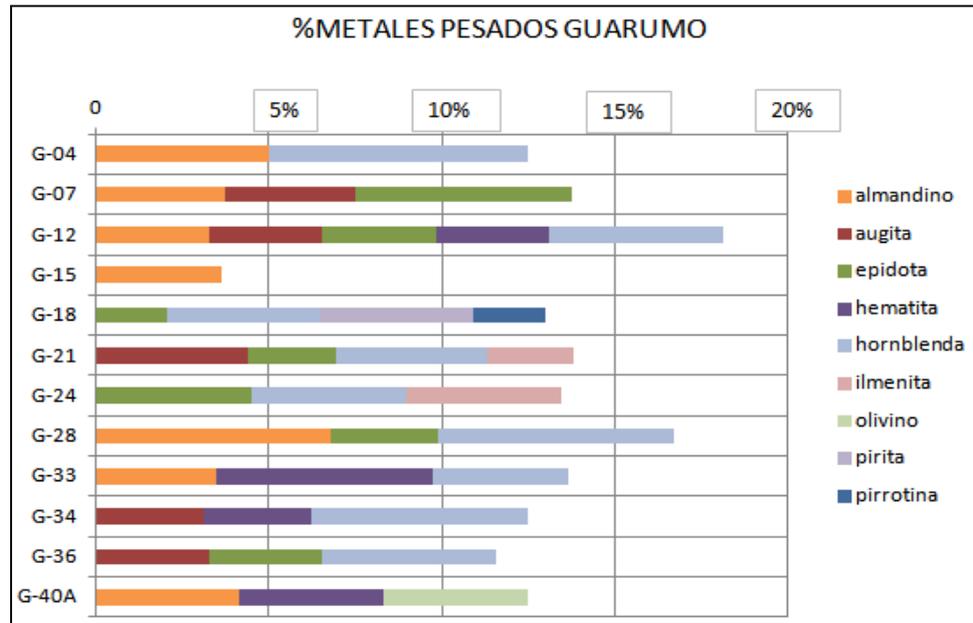


Figura 3. 18. Porcentaje de Minerales Pesados –sector Guarumo. Se puede observar que los minerales más frecuentes son la hornblenda, epidota y almandino.

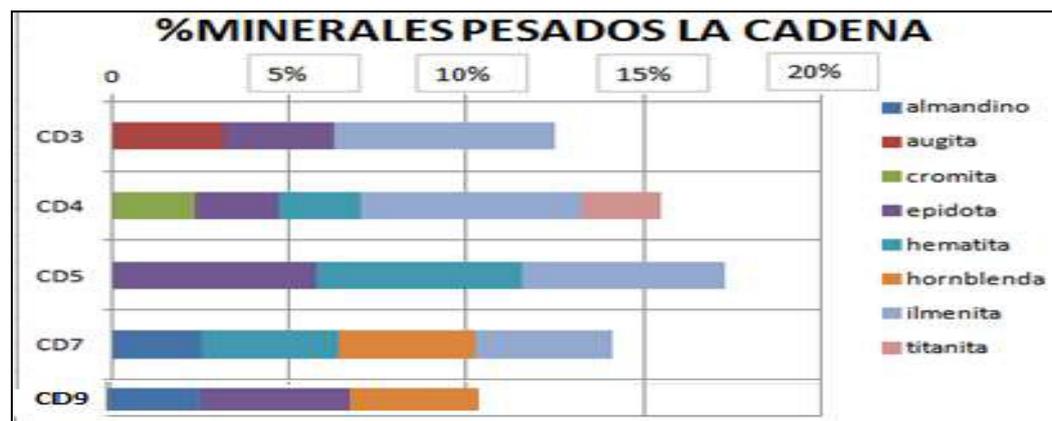
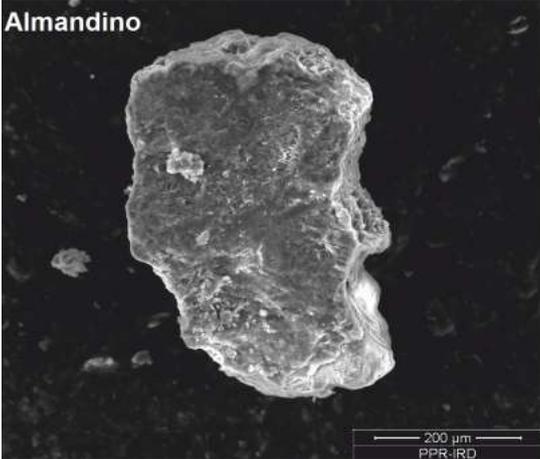
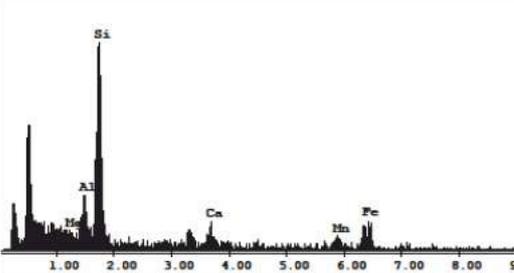
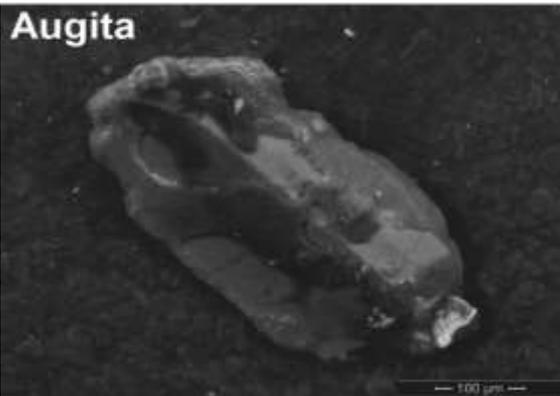
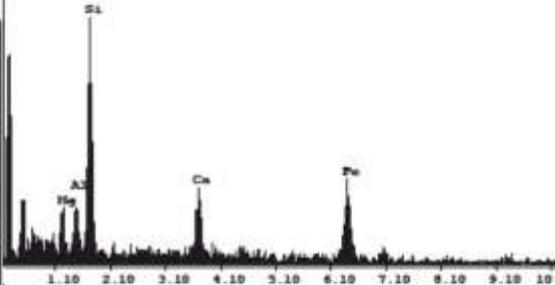


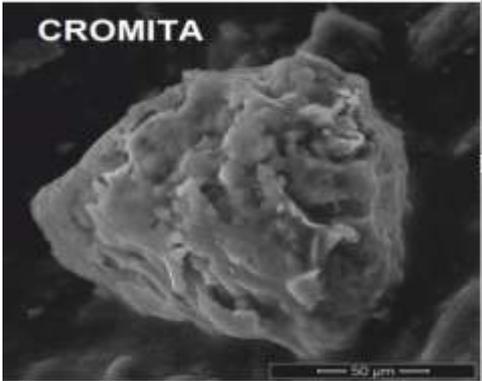
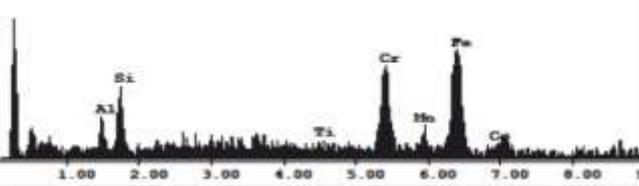
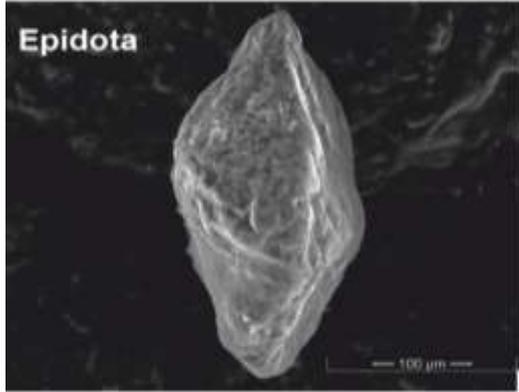
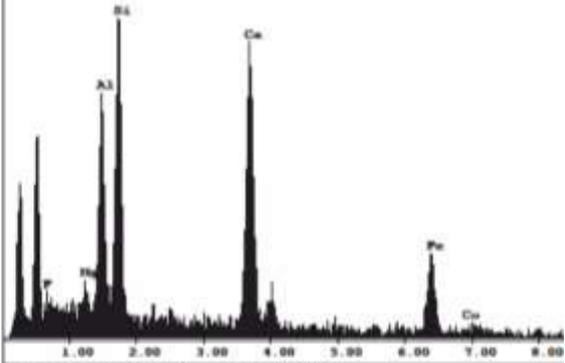
Figura 3.19. Porcentaje de Minerales Pesados –sector La Cadena. La ilmenita es uno de los minerales más frecuentes, seguido de la hematita y de la epidota.

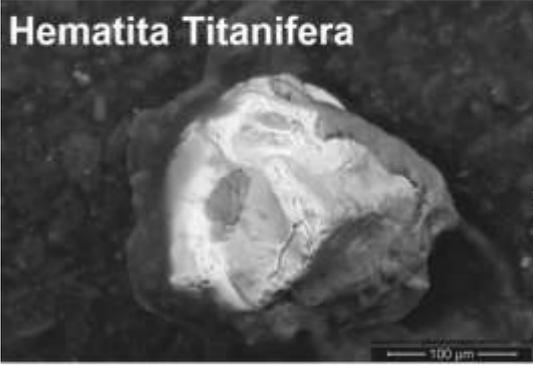
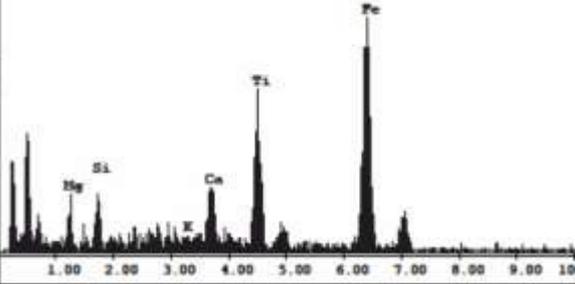
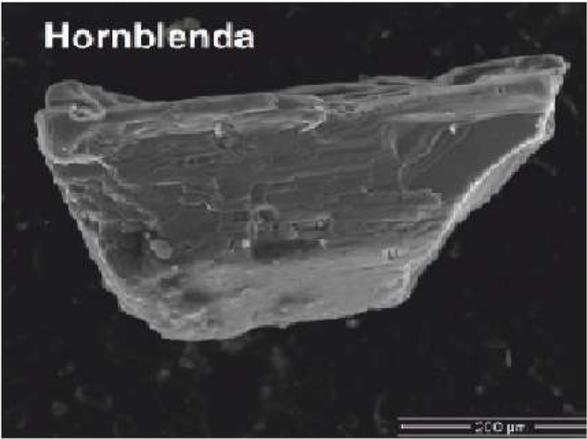
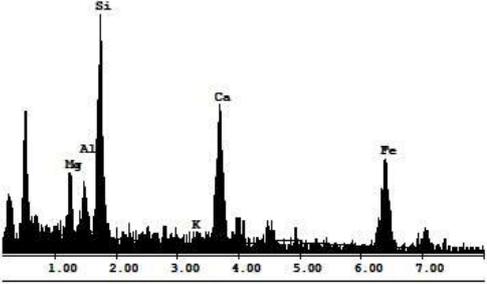
La mineralogía de la fracción de minerales pesados encontrada dentro de los dos sectores estudiados es similar en un 80% aproximadamente, siendo las hornblendas, epidotas, granates y piroxenos las especies minerales más frecuentes. Sin embargo, se observa que dentro de las muestras del sector La Cadena se tiene un leve incremento de óxidos y una disminución considerable de anfíboles.

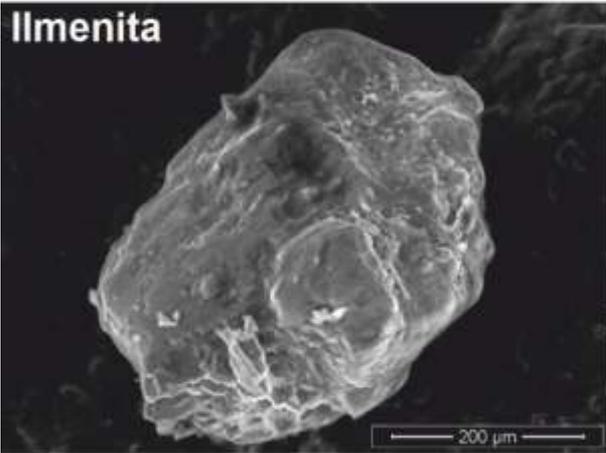
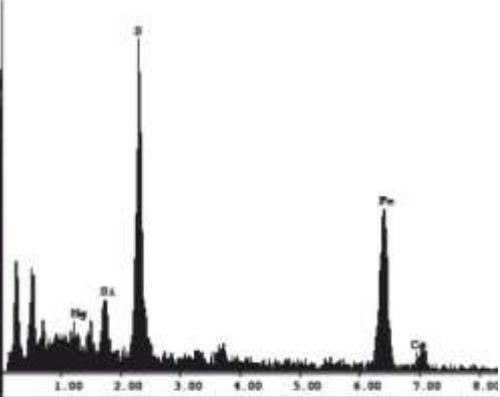
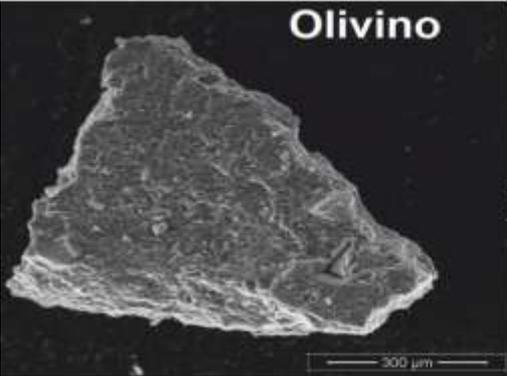
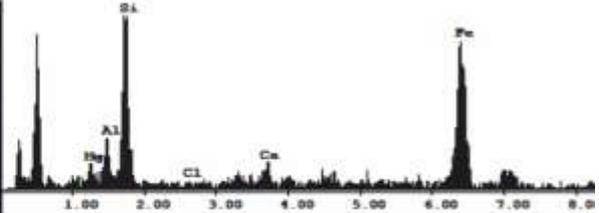
Los minerales identificados se presentan en la tabla 3.5, se puede observar su composición química y su apariencia en el microscopio electrónico.

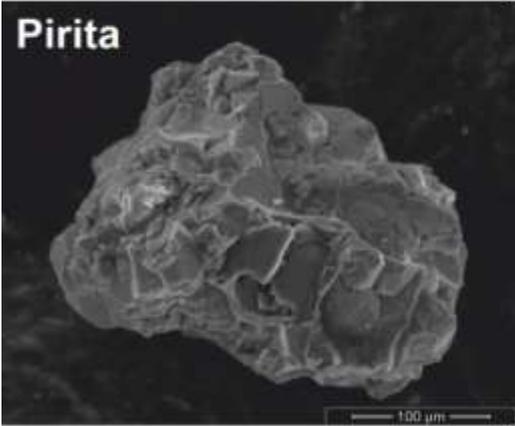
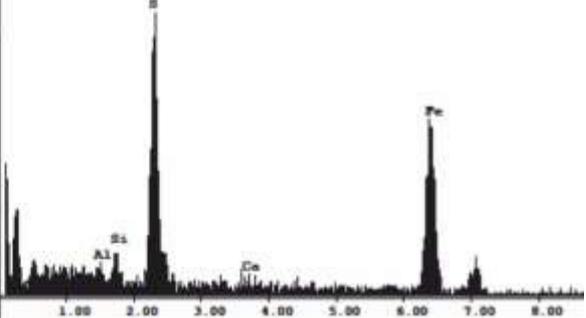
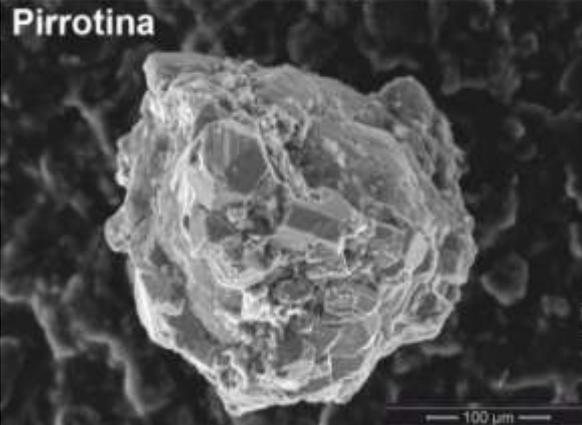
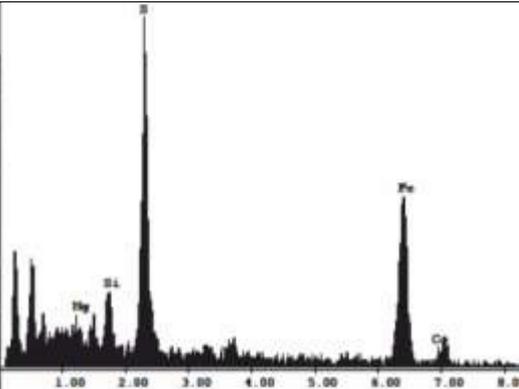
En general, los minerales encontrados dentro de las muestras son considerados inestables, específicamente los pertenecientes al grupo de la epidota y hornblenda.

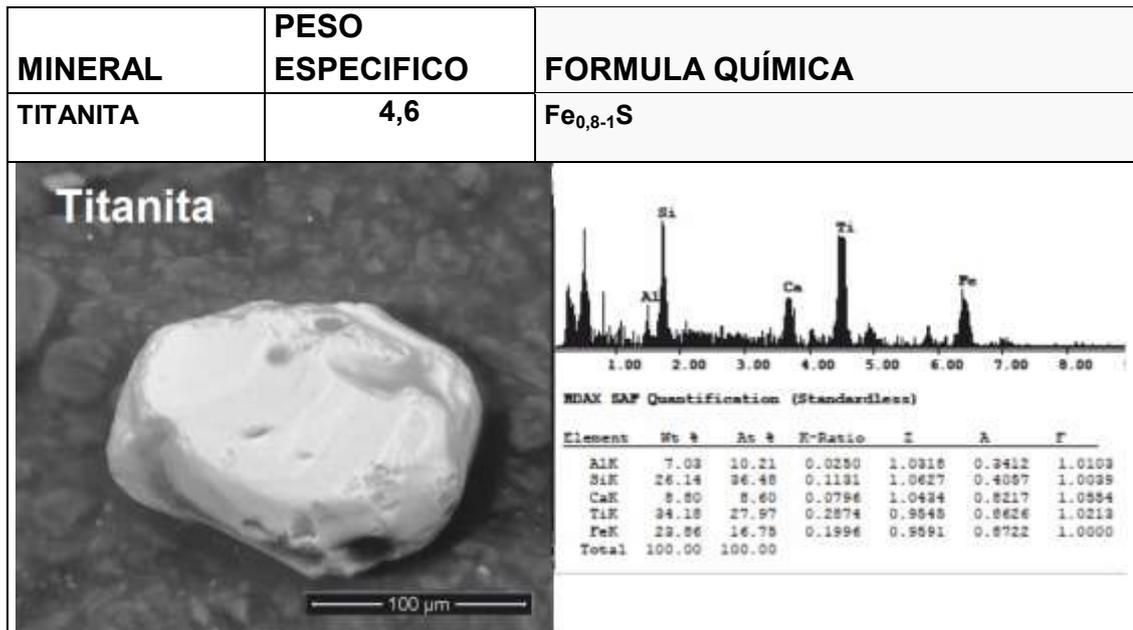
Tabla 3.5. Principales minerales pesados encontrados en la Fm. Borbón																																																										
MINERAL	PESO ESPECIFICO	FORMULA QUÍMICA																																																								
ALMANDINO	4.2	$Fe_4Al_2(SiO_4)_3$																																																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Almandino</p>  </div> <div style="width: 50%;">  <p>EDAX EAF Quantification (Standardless)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MgK</td> <td>1.89</td> <td>2.42</td> <td>0.0078</td> <td>1.0206</td> <td>0.4001</td> <td>1.0176</td> </tr> <tr> <td>AlK</td> <td>10.91</td> <td>12.62</td> <td>0.0572</td> <td>0.9916</td> <td>0.5152</td> <td>1.0266</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>62.01</td> <td>70.01</td> <td>0.3276</td> <td>1.0214</td> <td>0.5094</td> <td>1.0012</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>6.29</td> <td>4.90</td> <td>0.0447</td> <td>0.9978</td> <td>0.7069</td> <td>1.0088</td> </tr> <tr> <td>MnK</td> <td>4.64</td> <td>2.64</td> <td>0.0287</td> <td>0.9011</td> <td>0.9242</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>13.27</td> <td>7.41</td> <td>0.1156</td> <td>0.9197</td> <td>0.9476</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>			Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F	MgK	1.89	2.42	0.0078	1.0206	0.4001	1.0176	AlK	10.91	12.62	0.0572	0.9916	0.5152	1.0266	SiK	62.01	70.01	0.3276	1.0214	0.5094	1.0012	CaK	6.29	4.90	0.0447	0.9978	0.7069	1.0088	MnK	4.64	2.64	0.0287	0.9011	0.9242	1.0000	FeK	13.27	7.41	0.1156	0.9197	0.9476	1.0000	Total	100.00	100.00				
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F																																																				
MgK	1.89	2.42	0.0078	1.0206	0.4001	1.0176																																																				
AlK	10.91	12.62	0.0572	0.9916	0.5152	1.0266																																																				
SiK	62.01	70.01	0.3276	1.0214	0.5094	1.0012																																																				
CaK	6.29	4.90	0.0447	0.9978	0.7069	1.0088																																																				
MnK	4.64	2.64	0.0287	0.9011	0.9242	1.0000																																																				
FeK	13.27	7.41	0.1156	0.9197	0.9476	1.0000																																																				
Total	100.00	100.00																																																								
MINERAL	PESO ESPECIFICO	FORMULA QUÍMICA																																																								
AUGITA	3,3	$(Ca,Mg,Fe)_2Si,Al)_2O_6$																																																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Augita</p>  </div> <div style="width: 50%;">  <p>EDAX EAF Quantification (Standardless)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MgK</td> <td>6.45</td> <td>9.22</td> <td>0.0302</td> <td>1.0562</td> <td>0.4502</td> <td>1.0049</td> </tr> <tr> <td>AlK</td> <td>6.80</td> <td>9.37</td> <td>0.0384</td> <td>1.0242</td> <td>0.5474</td> <td>1.0079</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>29.25</td> <td>28.70</td> <td>0.1969</td> <td>1.0612</td> <td>0.6202</td> <td>1.0016</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>14.96</td> <td>12.50</td> <td>0.1292</td> <td>1.0248</td> <td>0.9210</td> <td>1.0130</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>42.95</td> <td>28.58</td> <td>0.2922</td> <td>0.9202</td> <td>0.9845</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>			Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F	MgK	6.45	9.22	0.0302	1.0562	0.4502	1.0049	AlK	6.80	9.37	0.0384	1.0242	0.5474	1.0079	SiK	29.25	28.70	0.1969	1.0612	0.6202	1.0016	CaK	14.96	12.50	0.1292	1.0248	0.9210	1.0130	FeK	42.95	28.58	0.2922	0.9202	0.9845	1.0000	Total	100.00	100.00											
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F																																																				
MgK	6.45	9.22	0.0302	1.0562	0.4502	1.0049																																																				
AlK	6.80	9.37	0.0384	1.0242	0.5474	1.0079																																																				
SiK	29.25	28.70	0.1969	1.0612	0.6202	1.0016																																																				
CaK	14.96	12.50	0.1292	1.0248	0.9210	1.0130																																																				
FeK	42.95	28.58	0.2922	0.9202	0.9845	1.0000																																																				
Total	100.00	100.00																																																								
MINERAL	PESO ESPECIFICO	FORMULA QUÍMICA																																																								

CROMITA	4,1	FeCr₂O₄																																																																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">EDS XRF Quantification (Standardless)</th> </tr> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AlK</td> <td>9.96</td> <td>14.56</td> <td>0.0229</td> <td>1.0802</td> <td>0.2826</td> <td>1.0080</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>17.37</td> <td>27.12</td> <td>0.0569</td> <td>1.0816</td> <td>0.3020</td> <td>1.0018</td> </tr> <tr> <td>TiK</td> <td>1.51</td> <td>1.35</td> <td>0.0145</td> <td>0.9733</td> <td>0.9003</td> <td>1.0566</td> </tr> <tr> <td>CrK</td> <td>21.70</td> <td>18.29</td> <td>0.2200</td> <td>0.9733</td> <td>0.9512</td> <td>1.0552</td> </tr> <tr> <td>MnK</td> <td>3.00</td> <td>2.39</td> <td>0.0281</td> <td>0.9575</td> <td>0.9703</td> <td>1.0085</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>40.75</td> <td>21.99</td> <td>0.3612</td> <td>0.9774</td> <td>0.9057</td> <td>1.0015</td> </tr> <tr> <td>CuK</td> <td>2.68</td> <td>2.14</td> <td>0.0255</td> <td>0.9597</td> <td>0.9200</td> <td>1.0022</td> </tr> <tr> <td>SeK</td> <td>2.64</td> <td>2.13</td> <td>0.0224</td> <td>0.9343</td> <td>0.9529</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	EDS XRF Quantification (Standardless)							Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F	AlK	9.96	14.56	0.0229	1.0802	0.2826	1.0080	SiK	17.37	27.12	0.0569	1.0816	0.3020	1.0018	TiK	1.51	1.35	0.0145	0.9733	0.9003	1.0566	CrK	21.70	18.29	0.2200	0.9733	0.9512	1.0552	MnK	3.00	2.39	0.0281	0.9575	0.9703	1.0085	FeK	40.75	21.99	0.3612	0.9774	0.9057	1.0015	CuK	2.68	2.14	0.0255	0.9597	0.9200	1.0022	SeK	2.64	2.13	0.0224	0.9343	0.9529	1.0000	Total	100.00	100.00				
EDS XRF Quantification (Standardless)																																																																															
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F																																																																									
AlK	9.96	14.56	0.0229	1.0802	0.2826	1.0080																																																																									
SiK	17.37	27.12	0.0569	1.0816	0.3020	1.0018																																																																									
TiK	1.51	1.35	0.0145	0.9733	0.9003	1.0566																																																																									
CrK	21.70	18.29	0.2200	0.9733	0.9512	1.0552																																																																									
MnK	3.00	2.39	0.0281	0.9575	0.9703	1.0085																																																																									
FeK	40.75	21.99	0.3612	0.9774	0.9057	1.0015																																																																									
CuK	2.68	2.14	0.0255	0.9597	0.9200	1.0022																																																																									
SeK	2.64	2.13	0.0224	0.9343	0.9529	1.0000																																																																									
Total	100.00	100.00																																																																													
MINERAL	PESO ESPECIFICO	FORMULA QUÍMICA																																																																													
EPIDOTA	3,1	Ca₂Fe³⁺Al₂(Si₂O₇)(SiO₄)O(OH)																																																																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">EDS XRF Quantification (Standardless)</th> </tr> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F K</td> <td>4.45</td> <td>7.92</td> <td>0.0091</td> <td>0.9990</td> <td>0.1824</td> <td>1.0022</td> </tr> <tr> <td>MgK</td> <td>2.81</td> <td>3.75</td> <td>0.0109</td> <td>1.0221</td> <td>0.3420</td> <td>1.0128</td> </tr> <tr> <td>AlK</td> <td>20.22</td> <td>23.46</td> <td>0.0942</td> <td>0.9920</td> <td>0.4629</td> <td>1.0124</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>34.70</td> <td>39.67</td> <td>0.1412</td> <td>1.0229</td> <td>0.3965</td> <td>1.0094</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>25.80</td> <td>20.14</td> <td>0.2019</td> <td>0.9998</td> <td>0.7791</td> <td>1.0092</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>10.85</td> <td>4.08</td> <td>0.0916</td> <td>0.9212</td> <td>0.9166</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>CuK</td> <td>1.07</td> <td>0.57</td> <td>0.0090</td> <td>0.9041</td> <td>0.9392</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	EDS XRF Quantification (Standardless)							Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F	F K	4.45	7.92	0.0091	0.9990	0.1824	1.0022	MgK	2.81	3.75	0.0109	1.0221	0.3420	1.0128	AlK	20.22	23.46	0.0942	0.9920	0.4629	1.0124	SiK	34.70	39.67	0.1412	1.0229	0.3965	1.0094	CaK	25.80	20.14	0.2019	0.9998	0.7791	1.0092	FeK	10.85	4.08	0.0916	0.9212	0.9166	1.0000	CuK	1.07	0.57	0.0090	0.9041	0.9392	1.0000	Total	100.00	100.00											
EDS XRF Quantification (Standardless)																																																																															
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F																																																																									
F K	4.45	7.92	0.0091	0.9990	0.1824	1.0022																																																																									
MgK	2.81	3.75	0.0109	1.0221	0.3420	1.0128																																																																									
AlK	20.22	23.46	0.0942	0.9920	0.4629	1.0124																																																																									
SiK	34.70	39.67	0.1412	1.0229	0.3965	1.0094																																																																									
CaK	25.80	20.14	0.2019	0.9998	0.7791	1.0092																																																																									
FeK	10.85	4.08	0.0916	0.9212	0.9166	1.0000																																																																									
CuK	1.07	0.57	0.0090	0.9041	0.9392	1.0000																																																																									
Total	100.00	100.00																																																																													
MINERAL	PESO	FORMULA QUÍMICA																																																																													

	ESPECIFICO																																																									
HEMATITA	3,1	Fe ₂ O ₃																																																								
		 EDAX EAF Quantification (Standardless) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MgK</td> <td>9.63</td> <td>17.26</td> <td>0.0200</td> <td>1.0755</td> <td>0.1928</td> <td>1.0018</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>9.37</td> <td>14.53</td> <td>0.0336</td> <td>1.0757</td> <td>0.3226</td> <td>1.0032</td> </tr> <tr> <td>K K</td> <td>0.95</td> <td>1.06</td> <td>0.0081</td> <td>1.0352</td> <td>0.7912</td> <td>1.0438</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>7.97</td> <td>8.66</td> <td>0.0750</td> <td>1.0382</td> <td>0.5473</td> <td>1.0490</td> </tr> <tr> <td>TiK</td> <td>17.68</td> <td>16.07</td> <td>0.1599</td> <td>0.9670</td> <td>0.8855</td> <td>1.0562</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>54.29</td> <td>42.42</td> <td>0.4912</td> <td>0.9706</td> <td>0.9204</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F	MgK	9.63	17.26	0.0200	1.0755	0.1928	1.0018	SiK	9.37	14.53	0.0336	1.0757	0.3226	1.0032	K K	0.95	1.06	0.0081	1.0352	0.7912	1.0438	CaK	7.97	8.66	0.0750	1.0382	0.5473	1.0490	TiK	17.68	16.07	0.1599	0.9670	0.8855	1.0562	FeK	54.29	42.42	0.4912	0.9706	0.9204	1.0000	Total	100.00	100.00				
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F																																																				
MgK	9.63	17.26	0.0200	1.0755	0.1928	1.0018																																																				
SiK	9.37	14.53	0.0336	1.0757	0.3226	1.0032																																																				
K K	0.95	1.06	0.0081	1.0352	0.7912	1.0438																																																				
CaK	7.97	8.66	0.0750	1.0382	0.5473	1.0490																																																				
TiK	17.68	16.07	0.1599	0.9670	0.8855	1.0562																																																				
FeK	54.29	42.42	0.4912	0.9706	0.9204	1.0000																																																				
Total	100.00	100.00																																																								
MINERAL	PESO ESPECIFICO	FORMULA QUÍMICA																																																								
HORNBLENDA	5,2	TiFe ₂ O ₃ +Ti																																																								
		 EDAX EAF Quantification (Standardless) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MgK</td> <td>10.90</td> <td>14.92</td> <td>0.0358</td> <td>1.0273</td> <td>0.3169</td> <td>1.0090</td> </tr> <tr> <td>AlK</td> <td>8.62</td> <td>10.65</td> <td>0.0304</td> <td>0.9951</td> <td>0.3465</td> <td>1.0130</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>26.67</td> <td>43.47</td> <td>0.1510</td> <td>1.0281</td> <td>0.3993</td> <td>1.0030</td> </tr> <tr> <td>K K</td> <td>1.37</td> <td>1.16</td> <td>0.0096</td> <td>0.9835</td> <td>0.6957</td> <td>1.0327</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>19.13</td> <td>15.89</td> <td>0.1487</td> <td>1.0061</td> <td>0.7641</td> <td>1.0108</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>22.21</td> <td>13.90</td> <td>0.2008</td> <td>0.9265</td> <td>0.9297</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F	MgK	10.90	14.92	0.0358	1.0273	0.3169	1.0090	AlK	8.62	10.65	0.0304	0.9951	0.3465	1.0130	SiK	26.67	43.47	0.1510	1.0281	0.3993	1.0030	K K	1.37	1.16	0.0096	0.9835	0.6957	1.0327	CaK	19.13	15.89	0.1487	1.0061	0.7641	1.0108	FeK	22.21	13.90	0.2008	0.9265	0.9297	1.0000	Total	100.00	100.00				
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F																																																				
MgK	10.90	14.92	0.0358	1.0273	0.3169	1.0090																																																				
AlK	8.62	10.65	0.0304	0.9951	0.3465	1.0130																																																				
SiK	26.67	43.47	0.1510	1.0281	0.3993	1.0030																																																				
K K	1.37	1.16	0.0096	0.9835	0.6957	1.0327																																																				
CaK	19.13	15.89	0.1487	1.0061	0.7641	1.0108																																																				
FeK	22.21	13.90	0.2008	0.9265	0.9297	1.0000																																																				
Total	100.00	100.00																																																								
MINERAL	PESO	FORMULA QUÍMICA																																																								

	ESPECIFICO																																																																
ILMENITA	5,3	Ca,Na,K ₂ - $_{3}(\text{Mg,Fe,Fe,Al})_{5}((\text{OH,F})_{2}/(\text{Si,Al})_{2}/\text{Si}_{6}\text{O}_{22})$																																																															
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">EDAX EAF Quantification (Standardless)</th> </tr> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>R-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MgK</td> <td>2.97</td> <td>4.23</td> <td>0.3099</td> <td>1.0428</td> <td>0.2272</td> <td>1.0061</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>11.02</td> <td>14.59</td> <td>0.0494</td> <td>1.0425</td> <td>0.4229</td> <td>1.0196</td> </tr> <tr> <td>S K</td> <td>42.09</td> <td>49.81</td> <td>0.2477</td> <td>1.0366</td> <td>0.9460</td> <td>1.0031</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>41.32</td> <td>28.08</td> <td>0.2694</td> <td>0.9418</td> <td>0.9490</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>1.88</td> <td>1.02</td> <td>0.0141</td> <td>0.9246</td> <td>0.9460</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	EDAX EAF Quantification (Standardless)							Element	Wt %	At %	R-Ratio	Z	A	F	MgK	2.97	4.23	0.3099	1.0428	0.2272	1.0061	SiK	11.02	14.59	0.0494	1.0425	0.4229	1.0196	S K	42.09	49.81	0.2477	1.0366	0.9460	1.0031	FeK	41.32	28.08	0.2694	0.9418	0.9490	1.0000	CaK	1.88	1.02	0.0141	0.9246	0.9460	1.0000	Total	100.00	100.00											
EDAX EAF Quantification (Standardless)																																																																	
Element	Wt %	At %	R-Ratio	Z	A	F																																																											
MgK	2.97	4.23	0.3099	1.0428	0.2272	1.0061																																																											
SiK	11.02	14.59	0.0494	1.0425	0.4229	1.0196																																																											
S K	42.09	49.81	0.2477	1.0366	0.9460	1.0031																																																											
FeK	41.32	28.08	0.2694	0.9418	0.9490	1.0000																																																											
CaK	1.88	1.02	0.0141	0.9246	0.9460	1.0000																																																											
Total	100.00	100.00																																																															
MINERAL	PESO ESPECIFICO	FORMULA QUÍMICA																																																															
OLIVINO	3,5	$\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+}\text{O}_3$																																																															
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">EDAX EAF Quantification (Standardless)</th> </tr> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>R-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MgK</td> <td>4.84</td> <td>7.28</td> <td>0.0125</td> <td>1.0492</td> <td>0.2648</td> <td>1.0069</td> </tr> <tr> <td>AlK</td> <td>8.76</td> <td>11.89</td> <td>0.0309</td> <td>1.0190</td> <td>0.3427</td> <td>1.0103</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>35.96</td> <td>46.25</td> <td>0.1805</td> <td>1.0492</td> <td>0.4027</td> <td>1.0015</td> </tr> <tr> <td>ClK</td> <td>0.81</td> <td>0.52</td> <td>0.0042</td> <td>0.9997</td> <td>0.3356</td> <td>1.0064</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>3.31</td> <td>3.02</td> <td>0.0276</td> <td>1.0280</td> <td>0.7590</td> <td>1.0223</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>46.72</td> <td>30.62</td> <td>0.4298</td> <td>0.9421</td> <td>0.9752</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	EDAX EAF Quantification (Standardless)							Element	Wt %	At %	R-Ratio	Z	A	F	MgK	4.84	7.28	0.0125	1.0492	0.2648	1.0069	AlK	8.76	11.89	0.0309	1.0190	0.3427	1.0103	SiK	35.96	46.25	0.1805	1.0492	0.4027	1.0015	ClK	0.81	0.52	0.0042	0.9997	0.3356	1.0064	CaK	3.31	3.02	0.0276	1.0280	0.7590	1.0223	FeK	46.72	30.62	0.4298	0.9421	0.9752	1.0000	Total	100.00	100.00				
EDAX EAF Quantification (Standardless)																																																																	
Element	Wt %	At %	R-Ratio	Z	A	F																																																											
MgK	4.84	7.28	0.0125	1.0492	0.2648	1.0069																																																											
AlK	8.76	11.89	0.0309	1.0190	0.3427	1.0103																																																											
SiK	35.96	46.25	0.1805	1.0492	0.4027	1.0015																																																											
ClK	0.81	0.52	0.0042	0.9997	0.3356	1.0064																																																											
CaK	3.31	3.02	0.0276	1.0280	0.7590	1.0223																																																											
FeK	46.72	30.62	0.4298	0.9421	0.9752	1.0000																																																											
Total	100.00	100.00																																																															
MINERAL	PESO	FORMULA QUÍMICA																																																															

	ESPECIFICO																																																								
PIRITA	4,5	$(\text{Mg,Fe}_{2+})_2\text{SiO}_4$																																																							
	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">EDS XRF Quantification (Standardless)</th> </tr> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>E-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AlK</td> <td>2.09</td> <td>4.58</td> <td>0.0098</td> <td>1.0201</td> <td>0.2070</td> <td>1.0104</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>4.66</td> <td>6.64</td> <td>0.0197</td> <td>1.0507</td> <td>0.2970</td> <td>1.0163</td> </tr> <tr> <td>S K</td> <td>41.85</td> <td>52.22</td> <td>0.2615</td> <td>1.0427</td> <td>0.5963</td> <td>1.0041</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>1.58</td> <td>1.58</td> <td>0.0115</td> <td>1.0326</td> <td>0.6859</td> <td>1.0221</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>48.82</td> <td>34.98</td> <td>0.4297</td> <td>0.9488</td> <td>0.9494</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	EDS XRF Quantification (Standardless)							Element	Wt %	At %	E-Ratio	Z	A	F	AlK	2.09	4.58	0.0098	1.0201	0.2070	1.0104	SiK	4.66	6.64	0.0197	1.0507	0.2970	1.0163	S K	41.85	52.22	0.2615	1.0427	0.5963	1.0041	CaK	1.58	1.58	0.0115	1.0326	0.6859	1.0221	FeK	48.82	34.98	0.4297	0.9488	0.9494	1.0000	Total	100.00	100.00				
EDS XRF Quantification (Standardless)																																																									
Element	Wt %	At %	E-Ratio	Z	A	F																																																			
AlK	2.09	4.58	0.0098	1.0201	0.2070	1.0104																																																			
SiK	4.66	6.64	0.0197	1.0507	0.2970	1.0163																																																			
S K	41.85	52.22	0.2615	1.0427	0.5963	1.0041																																																			
CaK	1.58	1.58	0.0115	1.0326	0.6859	1.0221																																																			
FeK	48.82	34.98	0.4297	0.9488	0.9494	1.0000																																																			
Total	100.00	100.00																																																							
MINERAL	PESO ESPECIFICO	FORMULA QUÍMICA																																																							
PIRROTINA	5,1	FeS_2																																																							
	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">EDS XRF Quantification (Standardless)</th> </tr> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>E-Ratio</th> <th>Z</th> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MgK</td> <td>3.97</td> <td>6.20</td> <td>0.0089</td> <td>1.0428</td> <td>0.2373</td> <td>1.0041</td> </tr> <tr> <td>SiK</td> <td>11.02</td> <td>14.89</td> <td>0.0494</td> <td>1.0438</td> <td>0.4229</td> <td>1.0156</td> </tr> <tr> <td>S K</td> <td>42.09</td> <td>49.31</td> <td>0.2477</td> <td>1.0366</td> <td>0.5660</td> <td>1.0031</td> </tr> <tr> <td>FeK</td> <td>41.33</td> <td>28.08</td> <td>0.3684</td> <td>0.9418</td> <td>0.9490</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>CaK</td> <td>1.58</td> <td>1.02</td> <td>0.0141</td> <td>0.9246</td> <td>0.9660</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	EDS XRF Quantification (Standardless)							Element	Wt %	At %	E-Ratio	Z	A	F	MgK	3.97	6.20	0.0089	1.0428	0.2373	1.0041	SiK	11.02	14.89	0.0494	1.0438	0.4229	1.0156	S K	42.09	49.31	0.2477	1.0366	0.5660	1.0031	FeK	41.33	28.08	0.3684	0.9418	0.9490	1.0000	CaK	1.58	1.02	0.0141	0.9246	0.9660	1.0000	Total	100.00	100.00				
EDS XRF Quantification (Standardless)																																																									
Element	Wt %	At %	E-Ratio	Z	A	F																																																			
MgK	3.97	6.20	0.0089	1.0428	0.2373	1.0041																																																			
SiK	11.02	14.89	0.0494	1.0438	0.4229	1.0156																																																			
S K	42.09	49.31	0.2477	1.0366	0.5660	1.0031																																																			
FeK	41.33	28.08	0.3684	0.9418	0.9490	1.0000																																																			
CaK	1.58	1.02	0.0141	0.9246	0.9660	1.0000																																																			
Total	100.00	100.00																																																							



4.1 Interpretación de Resultados

La composición de la roca-origen se puede deducir a partir de la naturaleza de las especies minerales más abundantes. Existe un dominio de minerales inestables en el sector Guarumo tales como hornblendas, piroxenos y epidotas que están directamente relacionados con fuentes de origen volcánico. En el sector La Cadena se observa una considerable disminución de estos minerales; además, existe una mayor aparición de óxidos inestables como hematita e ilmenita. Ambos hallazgos sugieren que la fuente de aporte de sedimentos es más cercana al sector Guarumo que al sector La Cadena.

CAPÍTULO 4

BIOESTRATIGRAFÍA Y PALEOECOLOGÍA DE LA FORMACIÓN BORBÓN

1. Paleontología: Fauna Malacológica.

En términos de macrofósiles se registraron en los cortes Guarumo y La Cadena, la presencia de bivalvos (familias Pectinidae y Ostreidae), escafópoda (género *Dentalium sp*), ichnofósiles correspondientes a la ichnofacies de Skolithos. El contenido de invertebrados fósiles en el corte Guarumo (tabla. 4.1), representan una asociación (comunidad), de bivalvos endobentónicos en posición generalmente vital con una longitud de aproximadamente 15cm de largo, en su mayoría recuperados dentro de las areniscas marrón-amarillentas.

En el corte la Cadena (tabla 4.2), la comunidad está compuesta por bivalvos endobentónicos con predominio marcado de las especies que viven enterrados en el sedimento someramente, el grupo importantes de ichnofósiles, consisten en tubos verticales y en forma de U, que corresponden a organismos que se alimentaban por suspensión, estos restos fósiles se encuentran en arenas arcillosas grises, con poca o ausencia de materia orgánica, fondos aeróbicos,

las bioturbaciones evidencian que el suministro de oxígeno era suficiente para mantener la comunidad.

El género *Dentalium* Sp, identificado en el afloramiento de la Cadena (figura 4.1), ubica a estos sedimentos en la edad de Mioceno Superior- Plioceno, depositados en un ambiente nerítico. Estos sedimentos probablemente correspondan a la base del Formación Borbón, o al límite de Onzole-Borbón.

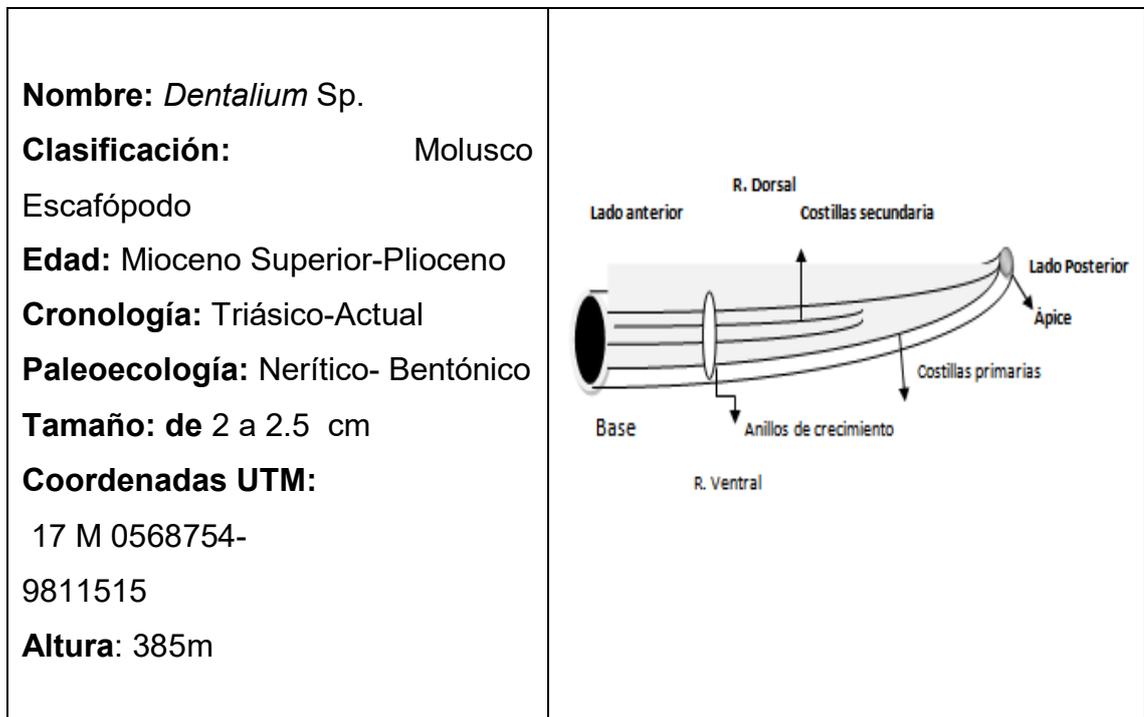


Figura 4.1 Descripción *Dentalium* sp.

Tabla 4.1. Contenido de macrofósiles y trazas de inchnofacies:

Guarumo

1. Macrofósil: Bivalvo



Coordenadas UTM: 17 M 0588561-9877810

Altura: 401 m.

2. Macrofósil: Banco de coquinas



Coordenadas UTM: 17 M 0588513 – 9877811

Altura: 395 m.

3. Macrofósil: Bivalvo



Coordenadas UTM: 17 M 0588120-9877786

Altura: 318 m.

4. Macrofósil: Pecten



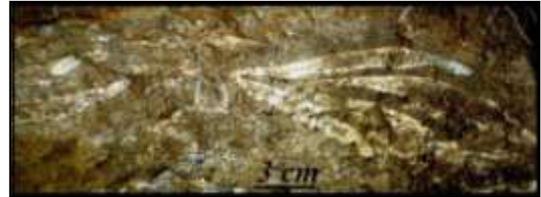
Coordenadas UTM: 17 M 0588103-9877786

Altura: 215 m.

5. Traza de Ichnofacie Tubular

Coordenadas UTM: 17 M 0588103-9877786

Altura: 215 m.

5. Macrofósil: Bivalvo

Coordenadas UTM: 17 M 0588245-9877680

Altura: 284 m.

Tabla 4.2 CONTENIDO DE MACROFOSILES Y TRAZAS DE INCHNOFACIES: CORTE LA CADENA

1. Macrofósil: Banco de coquinas



Coordenadas UTM: 17 M 0568905 - 9811651

Altura: 402 m.

2. Traza de Ichnofacie Skolitos



2.1 Macrofósiles



Aletas de peces.

Gasterópodos

Pecten

Coordenadas UTM: 17 M 0568754 - 9811515

Altura: 385m.

3. Micropaleontología

Los microfósiles agrupan todos aquellos fósiles para cuyo estudio es necesario la utilización de instrumentos que aumenten nuestra visión, como son: microscopios y estereo microscopios.

La disciplina paleontológica que estudia los microfósiles se denomina Micropaleontología, esta disciplina se subdivide en varias ramas según la composición química de los fósiles. Así se tendrá como microfósiles más importantes los orgánicos, calcáreos, silícicos y fosfáticos. Dentro de los microfósiles orgánicos los más importantes son: polen, esporas, dinoflagelados, acritarcas y quitinozoarios. Dentro de los silíceos: radiolarios, diatomeas, silicoflagelados. Dentro de los calcáreos: foraminíferos, nanoplancton calcáreo y ostrácodos. Dentro de los fosfáticos los conodontes.

2.1. Microfósiles Orgánicos

Los fósiles que se estudian dentro de esta rama de la Micropaleontología, denominada Palinología, recibe el nombre de palinomorfos, y comprende un grupo muy variado de restos que representan órganos, parte de órganos o tejidos, los cuales se encuentran en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres, de

todas las edades geológicas desde el Precámbrico hasta la actualidad.

Por definición un palinomorfo es cualquier resto orgánico que se encuentra en un preparado microscópico, luego de haber sometido el sedimento a las técnicas de extracción palinológicas. Es decir cualquier elemento orgánico que haya resistido las técnicas de laboratorio utilizadas para el aislamiento de este tipo de microfósiles, que consisten en concentrar partículas orgánicas de la muestra de sedimento, destruyendo los constituyentes minerales (básicamente, el carbonato con ácido clorhídrico y la sílice con ácido fluorhídrico).

2.1.1 Principales Grupos de Palinomorfos

Dinoquistes

Los dinoquistes o quistes de dinoflagelados, son estructuras de resistencia producidas por dinoflagelados (protistas unicelulares) asociados generalmente a ambientes marinos, su tamaño varía entre 20 y 200 μm aproximadamente. Los dinoflagelados surgen en el registro fósil en el Triásico y llegan hasta la actualidad.

Su utilidad en este estudio es para establecer la secuencia temporal de las rocas, así como para ayudar a la interpretación paleoambiental de los sedimentos de la Formación Borbón.

Esporas y granos de polen

Las esporas.- Son estructuras de propagación y reproducción de las plantas primitivas, como helechos, algas y hongos, el tamaño varía entre 20 μm y 4 mm

El polen.- Es la estructura reproductiva de las plantas vasculares como las gimnospermas (con semillas desnudas) y las angiospermas (con flores). El tamaño varía entre 10 y 200 μm . Si bien tanto las esporas como los granos de polen son producidos fundamentalmente en ambientes terrestres, se pueden encontrar como fósiles en todos los ambientes sedimentarios gracias a su fácil dispersión, siendo su registro más común y de mejor calidad en ambientes acuáticos.

Las esporas se registran en el Silúrico, por su parte los granos de polen que representan a gimnospermas y angiospermas surgen en el Carbonífero y en el Cretácico. Ambos llegan hasta la actualidad, y son útiles para la datación de los estratos y la determinación de ambientes.

Se realizaron diferentes análisis en el laboratorio de CIGG, utilizando técnicas especializadas en la recuperación de microfósiles a partir de las muestras de la Fm. Borbón. Estas técnicas y la instrumentación utilizada, se explican detalladamente en el Anexo 2 (literal 1).

Para la Formación Borbón, en la provincia de Manabí, no hay reportes publicados de estudios palinológicos, por lo que el estudio es importante, ya que se documenta cualitativamente a los palinomorfos recuperados de los sectores Guarumo y La Cadena. El objetivo específico es el análisis cualitativo de los palinomorfos, para la identificación de las edades relativas y el paleoambiente de depósito de estos sedimentos.

2.1.2 Contenido Palinológico

Todos los palinomorfos recuperados en cada una de las muestras del sector Guarumo se nombran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Palinomorfos Recuperados en el sector Guarumo					
MUES T.	ALT .	PALINOMORFO	MUES T.	ALT .	PALINOMORFO
G-01	436	Psilaperiporites minimus. Retitricolporites aff guianensis. Hifas de hongos.	G-15	404	Hifas de hongos
			G-16	395	Hifas de hongos Monoporites sp.
G-02	436	Echitricolporites spinosus. Echitricolporites sp. Gleicheniidites. Dinoflagelados: Spiniferites pseudofurcathus. Spiniferites sp. Spiniferites hyperacanthus. Polisphaeridyum sp.	G-19	395	Gleicheniidites sp. Verrucatusporites sp. Tricolporites sp. Hifas de hongos Echitricolporites
G-03	430	Hifas de hongos	G-21.C	384	Gleicheniidites sp. Psilaperiporites minimus. Verrucatusporites sp.
G-04	430	Psilatricolporites sp.			
G-05	430	Hifas de hongos	G-21.S	384	Nijssenosporites fossulatus. Verrucatusporites usmensis
G-12	405	Echitricolporites sp. Echitricolporites spinosus Gleicheniidites sp. Hifas de hongos	G-25	353	Psilatricolporites sp. Retitricolporites sp. Hifas de hongos
			G-34	298	Hifas de hongos

Se recuperó y reconoció en las muestras del sector Guarumo, 12 taxa fósiles, la mayoría de ellos a nivel genérico, los cuales se enlistan a continuación.

1. *Monosporites sp.*
2. *Tricolporites sp.*
3. *Verrucatosporites sp.*
4. *Echitricolporites.*
5. *Psilaperiporites minimus.*
6. *Echitricolporites spinosus .*
7. *Verrucatusporites usmensis.*
8. *Gleicheniidites sp.*
9. *Hifas de hongos.*
10. *Nijssenosporites fossulatus.*
11. *Retitricolporites aff. Guianensis.*
12. *Quistes de dinoflagelados:*
 - 12.1 *Spiniferites pseudofurcatus.*
 - 12.2 *Spiniferites sp.*
 - 12.3 *Spiniferites hyperacanthus.*
 - 12.4 *Polisphaeridium sp.*

Solo tres de ellos fueron identificados a nivel de especie (figura 4.2) siendo de gran ayuda para una posible determinación de la edad. Únicamente en la muestra G-02 se encontraron quistes de dinoflagelados.



Figura 4.2. Palinomorfos y dinoflagelados diferenciados a nivel de especie.

En el corte La Cadena no se encontraron muestras con contenido de palinomorfos.

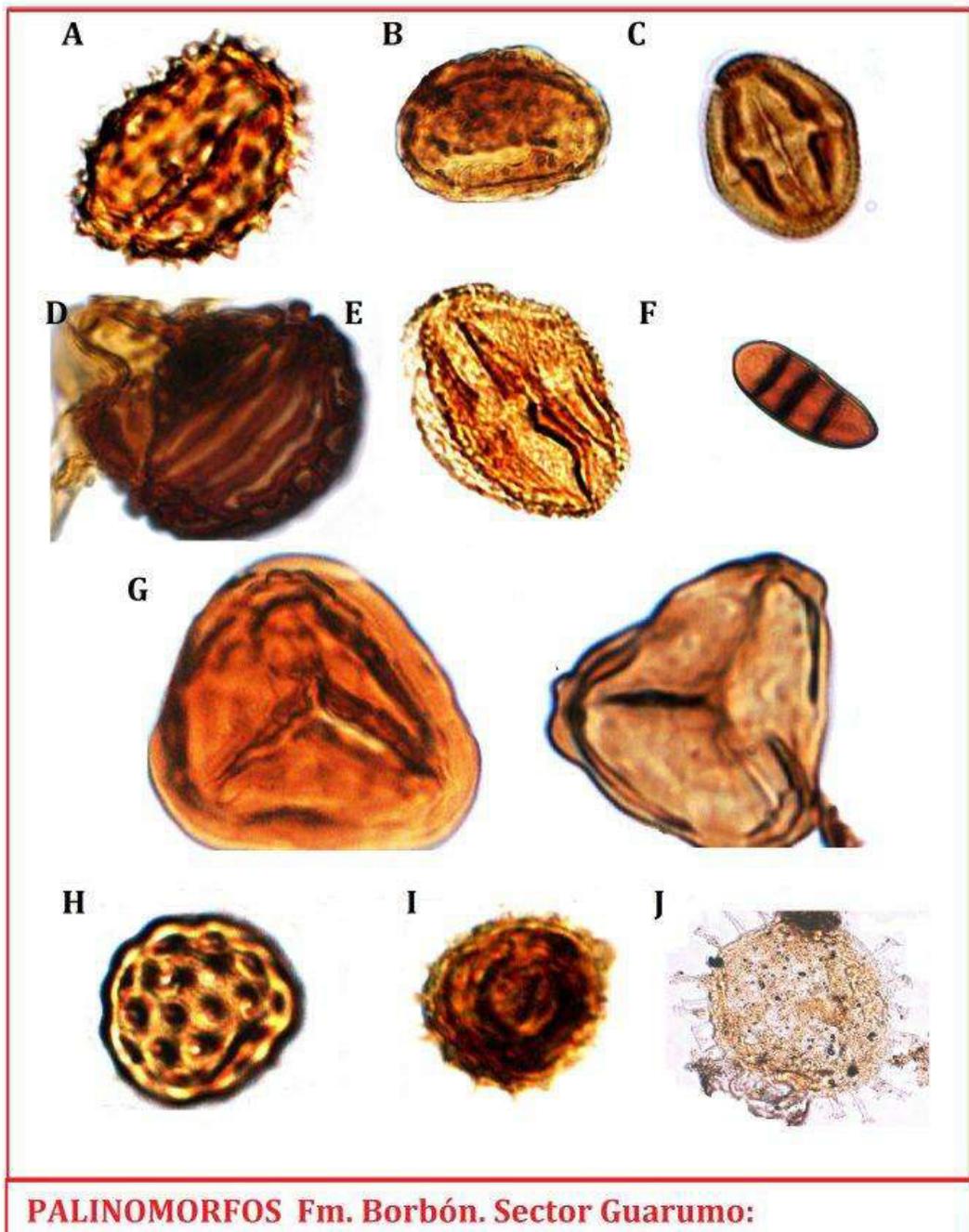
En la lámina 1 se presentan los palinomorfos recuperados y reconocidos a nivel genérico de la formación Borbón en el sector Guarumo.

LAMINA 1

PALINOMORFOS FORMACIÓN BORBÓN

- a) *Monosporites sp.*
- b) *Verrucatusporites usmensis.*
- c) *Tricolporites sp.*
- d) *Nijssenosporites fossulatus.*
- e) *Retitricolporites aff. Guianensis.*
- f) *Hifas de hongos.*
- g) *Gleicheniidites sp.*
- h) *Psilaperiporites minimus.*
- i) *Echitricolporites spinosus .*
- j) *Echitricolporites.*
- k) *Quistes de dinoflagelados*

LAMINA 1



2.2 Microfósiles Calcáreos

Muchos son los organismos que incorporan el calcio a su esqueleto, algunos bajo la forma de carbonato y otros bajo la forma de fosfato, normalmente suelen denominarse calcáreos, dentro de este grupo en este estudio se han investigado a los foraminífero, ostrácodos y nanofósiles calcáreos.

A continuación se enlistan los especímenes calcáreos encontrados en cada uno de los cortes (tabla 4.4 y 4.5).

Corte Guarumo:

Tabla 4.4. Foraminíferos Recuperados - Guarumo

Muestra	Altura	Foraminífero
G _r -02	436	Porakrithe cf. soustonensis. Cibicoides wuellerstorfi.
G _t -04	430	Ceratobulimina sp.
G _e -12	405	Pseudononion obductus. Nonion Grautelouppi.
G _L -13	403	Mellonis affinis.
G _a -25	353	Didymocyrtis aff. Penúltima
G _C -34	298	Diente de pez. Restos carbonaticos.

La Cadena:

Muestra	Altura	Foraminíferos
MB-43	371	Nonion Grautelouppi. Cytherella sp.
CD-07	379	Quinqueloculina sp.

2.2.1 Foraminíferos

Este grupo incluye protozoarios acuáticos, marinos, dulceacuícolas o de aguas salobres, planctónicos y bentónicos, recubiertos por un caparazón, que puede estar perforado por numerosos orificios. El tamaño oscila entre 0.1 a 3mm.

Los foraminíferos bentónicos aparecen en el Cámbrico llegando al Cuaternario, mientras que los planctónicos aparecen en el Triásico llegando hasta la actualidad.

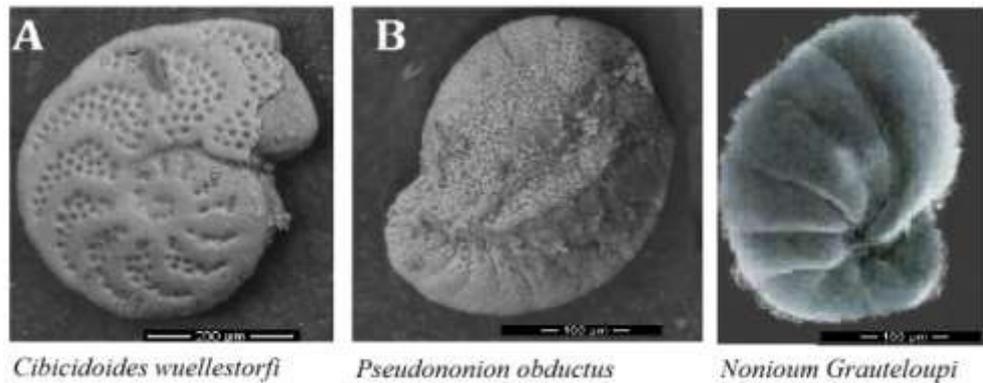
2.2.2. Contenido de Foraminífero

Las muestras de la Formación Borbón en ambos sectores: Guarumo y La Cadena, presentan escasez completa de especímenes planctónicos y solo algunos especímenes de foraminíferos bentónicos. Se

diferenciaron aproximadamente 9 taxa que se enlistan a continuación.

1. *Cibicidoides wuellerstorfi*.
2. *Pseudononion obductus*.
3. *Ceratobulimina aff. alazanensis*.
4. *Quinqueloculina aff. Stalkeri*.
5. *Mellonis affinis*.
6. *Nonion grautelouppi*.
7. Diente de pez.
8. Restos carbonaticos.

Estos foraminíferos bentónicos apoyan las hipótesis acerca del paleoambiente en el que se desarrollaron. Algunos fueron reconocidos a nivel de especie (figura 4.3) como: *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Pseudononion obductus*, *Nonion Grautelouppi* siendo este último de mayor aporte para la determinación de la edad por su rango de vida.



Cibicidoides wuellerstorfi

Pseudononion obductus

Nonionum Grauteloupi

Figura 4.3 Foraminíferos Bentónicos reconocidos a nivel de especie en la Fm. Borbón.

2.2.3 Nanofósiles Calcáreos.

Son elementos calcíticos de algas de tamaño generalmente menor a 30 micras, se presentan como escudos microscópicos de calcita, aparecen en el Jurásico y se distribuyen en todos los océanos del mundo, unos pocos están restringidos a aguas costeras.

2.2.4 Ostrácodos

Son artrópodos pertenecientes a la clase crustáceo, poseen un caparazón bivalvo de naturaleza calcárea, se les conoce desde el Cámbrico Medio y llegan hasta la actualidad, el tamaño oscila entre 0.4 y 1.5 mm, habitan en secuencias no marinas de agua dulce y salobre.

2.2.5 Contenido de Ostrácodos

En los cortes Guarumo y La Cadena se encontraron algunas especies de ostrácodos, como son:

1. *Didymocyrtis penúltima*.
2. *Cytherella sp.*
3. *Parakrithe cf. Soustonensis*.

2.3 Análisis Microfaunístico

Los foraminíferos en las muestras estudiadas presentan caparazones completos con regular estado de preservación, el promedio de ejemplares encontrados en las muestras es relativamente bajo, predominando los bentónicos: *Nonion gratelouppi*, *Mellonis affinis*, *Speudononion obductus* y géneros de *Quinqueloculina sp.* Las muestras se presentaron estériles en el contenido de nanofósiles calcáreos, debido a las condiciones paleambientales existentes. Los ostrácodos se presenta con muy baja diversidad, sobresaliendo el género *Cytherella sp*, *Parakrithe cf. soustonensis* .Todos los microfósiles calcáreos recuperados en el estudio, se enlistan en el Anexo 2 (literal 4).

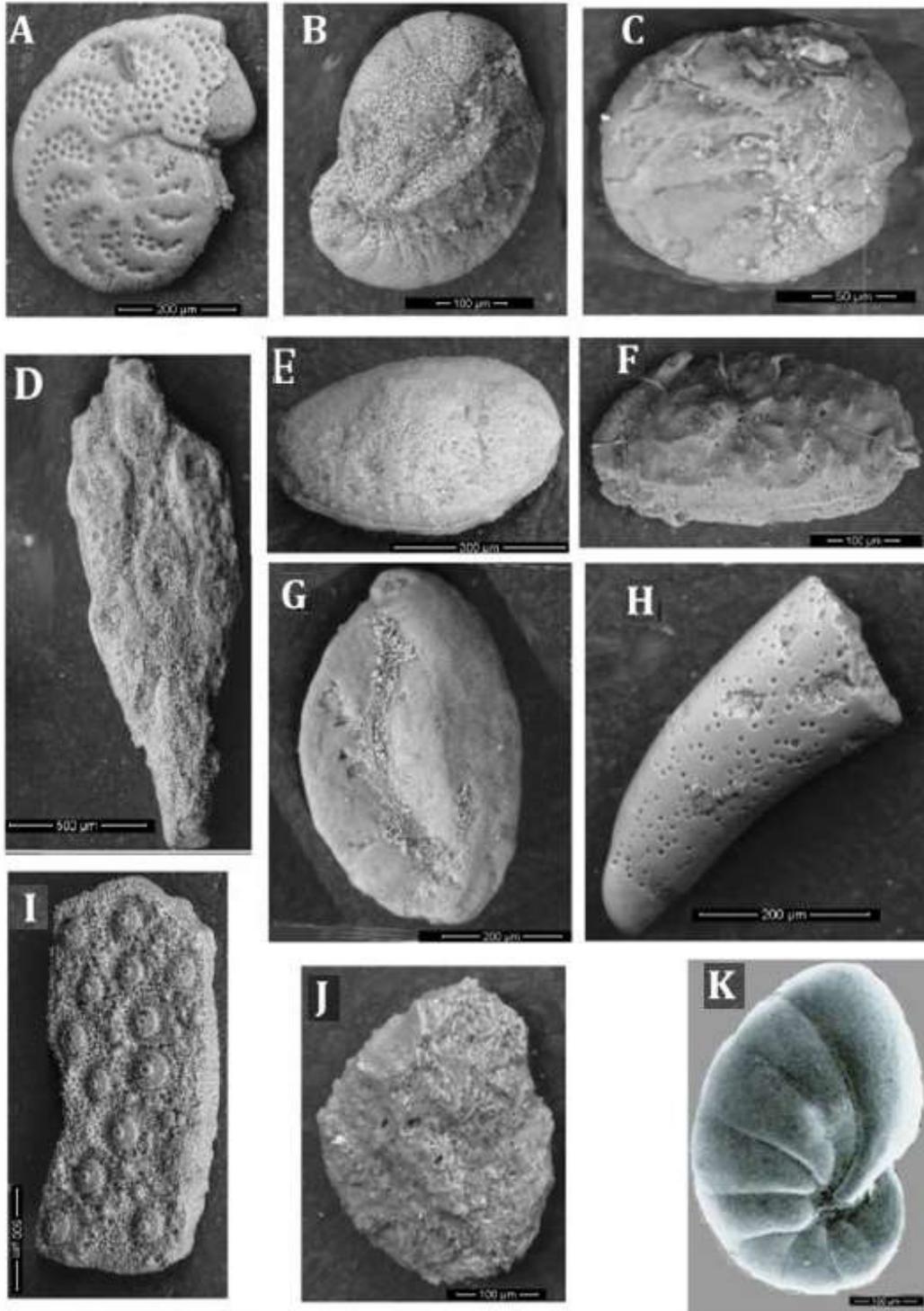
En la lámina 2 se observan los foraminíferos bentónicos y ostrácodos recuperados en los sectores Guarumo y La Cadena.

LAMINA 2

Foraminíferos Bentónicos y Ostrácodos de la Fm. Borbón

- a) *Cibicidoides wuellerstorfi*
- b) *Pseudononion obductus*.
- c) *Ceratobulimina* sp.
- d) *Didymocyrtis* aff. *Penúltima*
- e) *Cytherella* sp.
- f) *Porakrithe* cf. *Soustonensis*.
- g) *Quinqueloculina* sp.
- h) *Diente de pez*.
- i) *Restos carbonáticos*.
- j) *Mellonis affinis*.
- k) *Nonion Grautelouppi*

LAMINA 2



4. La Formación Onzole: Recuperación y Análisis de microfauna.

Se desarrolló en base a la muestra MB-44, recolectada en el sector La Cadena a una altura de 220 m.s.n.m, cuya litología varía claramente con respecto al resto de las muestras (areniscas), fue recolectada hacia la base de la sección.

La litología de esta muestra se presenta como una lutita marrón chocolate y de acuerdo con los análisis bioestratigráficos se encontró los foraminíferos bentónicos: *Planulina Wellestorfi*, *Lagena sp.*, *Quinqueloculina sp*, *Mellonis Affinis* y *Globigerina Quinqueloba* que tiene un rango de edad Miceno Medio- Plioceno Inferior, correspondiente a la Fm. Onzole (tabla 4.6).

Tabla 4.6. Edad de la formación Onzole.				
TERCIARIO			CUATERNARIO	
PALEOG.	NEOGENO			
	MIOCENO	PLIOCENO (Inferior)	PLEIST.	HOLC.
	Planulina Wellestorfi			
	Globigerina Quinqueloba			
	FORMACIÓN ONZOLE			

Este resultado coincide con el hecho de que la Formación Onzole subyace a la Formación Borbón. Sin embargo, durante la salida de campo no se localizó el contacto Onzole –Borbón. Se infiere que el

contacto entre estas dos formaciones debe localizarse cercano a la base (muestra MB 44), en la sección La Cadena.

5. Interpretación Bioestratigráfica de La Formación Borbón.

Los palinomorfos y foraminíferos encontrados en las muestras de la Formación Borbón permiten determinar un intervalo de edad cronológico, caracterizado por la aparición y extinción de palinomorfos (bioeventos) la cual indican un intervalo de tiempo para estos sedimentos. A continuación se presentan las tablas 4.7, 4.8 y 4.9, con la ubicación cronológica del molusco escafópodo *Dentalium*, de los palinomorfos y de los foraminíferos bentónicos encontrados en las muestras de la Fm. Borbón.

TABLA 4. 7. Macrofósiles: Molusco Escafopodo <i>Dentalium</i> (Corte Guarumo)							
TERCIARIO							
PALEOGENO			NEOGENO				
			MIOCENO			PLIOCENO	
PALC.	EOC.	OLIG.	INF.	MED.	SUP.	INF.	SUP.
						Dentalium sp.	

TABLA 4.8. PALINOMORFOS											
TERCIARIO								CUATERNARIO		ALTURA (m.s.n.m)	
PALEOGENO			NEOGENO					O			
PALC.	EOC.	OLIG.	MIOCENO			PLIOCENO		PLEIST.	HOLC.	CORTE GUARUM O	CORTE LA CADENA
			INF.	MED.	SUP.	INF.	SUP.				
			Psilaperiporites minimus.							436	-----
	Retitricolporites cf. guianensis								436	-----	
					Echitricolporites spinosus					436	-----
			Psilaperiporites minimus.							384	-----
			Nijssenosporites fossulatus							384	-----
	Verrucatusporites usmensis								384	-----	

TABLA 4.9. FORAMINIFEROS BENTÓNICOS										
PALEO G.	TERCIARIO						CUATERNARIO		ALTURA (m.s.n.m)	
	NEOGENO						RIO			
	MIOCENO			PLIOCENO		PLEIS T.	HOL C.	CORTE GUARU MO	CORT E LA CADE NA	
	INF.	MED.	SUP.	IN F.	SU P.					
	Cibicidoides wuellerstorfi							436	-----	
		Pseudononion obductus						405	-----	
			Nonion grautelouppi					405	371	
	Melonis affinis							403	-----	

La presencia del palinomorfo *Echitricolporites Spinosus* (Mioceno Superior-Pleistoceno) aunque no es considerado un palinomorfo guía, es un gran indicativo para definir la edad de esta formación por ser el de menor rango cronológico; así queda demostrado, que la formación Borbón es más joven que la formación Onzole ya que su edad se extiende hasta el Pleistoceno.

Las especies de polen *Psilaperiporites minimus*, *Nijssenosporites fossulatus* y *Verrucatusporites usmensis* apoyan la edad asignada, aunque con rangos de edad más amplios.

Dado la poca resolución de los datos micropaleontológicos por esterilidad de las muestras, no se obtuvo una datación específica y definitiva para la formación Borbón basándose en microfósiles.

Se formuló una hipótesis acerca de la edad de la Formación Borbón, para esto se analizó los microfósiles recuperados en la Fm. Borbón que tienen un rango de edad muy amplio: Mioceno Superior – Pleistoceno. Además, se tomó en cuenta la edad de los microfósiles recuperados de la Formación Onzole (muestra MB 44): Mioceno Medio-Plioceno Inferior. Basándose en el principio de superposición, que indica que los sedimentos más jóvenes sobreyacen a los más antiguos y por ende no tienen la misma edad (tabla 4.10); se propone

en esta investigación que la edad de la Formación Borbón es:
Plioceno- Pleistoceno.

Tabla 4. 10. Edad Propuesta en el estudio actual para la Formación Borbón.

TERCIARIO								CUATERN.	
PALEOGEN.			NEOGENO					PLEIST.	HOL.
PALC.	EOC.	OLIG.	MIOCENO			PLIOCENO			
			INF.	MED.	SUP.	INF.	SUP.		
			FORMACIÓN ONZOLE						
						FORMACIÓN BORBÓN			
						FORMACIÓN BORBÓN			

6. Paleoecología de La Formación Borbón.

Los depósitos observados determinan que en su mayor parte representan concentraciones esqueléticas para-autóctonos dispuestas en una o varias series subparalelas a la línea de costa actual y originadas durante episodios transgresivos y regresivos.

Las acumulaciones de conchas representan tafocenosis donde los ejemplares fueron transportados a diferentes distancias de su ambiente original y generalmente retrabajados aunque con distintos grados de intensidad. Las conchas presentan niveles con fragmentación; la mayoría de las concentraciones esqueléticas se acumularon episódicamente bajo condiciones de tormentitas y sobre la base de los parámetros sedimento-tafocenosis se infiere para los mismos una moderada a baja energía de olas.

La ichnofacies observada de Skolithos se da en sustratos arenosos y/o fangosos, en ambientes marinos poco profundos, bastante inestables y de energía alta, con erosión y deposición brusca, es decir, ambiente de plataforma o zona submareal poco profunda. Aparecen huellas o cavidades de moradas verticales o en U. Dominio de organismos suspensívoros.

Luz.- no se han observado indicadores claros de la zona fótica, tal como presencia de algas. La asociación está compuesta de bivalvos

endobentónicos y otras especies infaunales, además de gasterópodos en su mayoría carnívoros; sin embargo, no se puede decir claramente que está en la zona eufótica.

Oxígeno.- El ambiente de depositación se puede clasificar en aeróbico, contiene asociaciones variadas, con restos de esqueletos relativamente grandes y calcificados, los estratos se presentan bioturbados.

Sedimentación.- No se ha podido definir la tasa sedimentación en esta localidad. Se puede destacar que los sedimentos están bioturbados lo cual es un indicador de tasas de sedimentación bajas, aunque presentan intercalaciones de areniscas que pueden corresponder a depósitos esporádicos de sedimentación alta.

Profundidad.- La profundidad en este caso se deduce tanto de los ichnofósiles como de todo el contenido fosilífero, la ichnofacies de Skolithos se ubica en la zona litoral a infralitoral, baja diversidad pero de alta densidad de tubos verticales y en forma de U, producidos por suspensívoros y caracterizan ambientes de alta energía. El medio de vida de los moluscos permite interpretar que la comunidad se desarrolló a una profundidad entre 10 y 60 m. De acuerdo a las características del sepultamiento, las biofacies corresponde a una biofacies vital que presenta una biocenosis de fondo confinado por

bivalvos, gasterópodos y ichnofósiles. Además, la sedimentación fue abundante y de tamaño variable, la estratificación reconocida es la cruzada, hummucky y laminar.

Los foraminíferos bentónicos tales como *Nonion Grautelouppi* sirven como evidencia de un ambiente preferentemente limoso y poco profundo de plataforma continental interna. La presencia de esporas de hongos indica condiciones reductoras en el ambiente lo que indica que La Fm. Borbón es esencialmente de origen marino.

El Paleoambiente determinado para la Fm. Borbón es: Nerítico de Plataforma Interna (10 a 30 m) definido en base a la baja diversidad de microfósiles marinos como de ichnofacies (figura 4.4), también se observó una relativa presencia de palinomorfos de origen continental, lo que se interpreta como un mayor aporte de material de las áreas emergidas distantes a la línea de Costa.

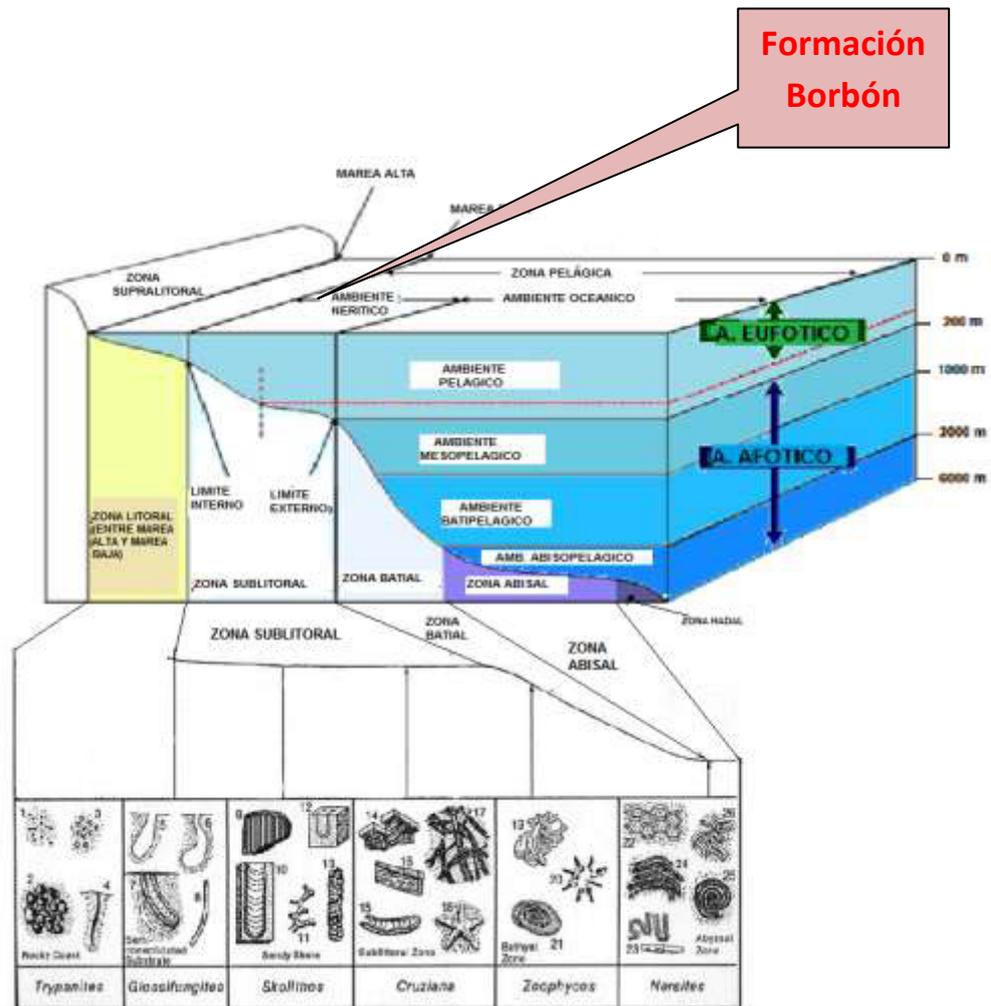
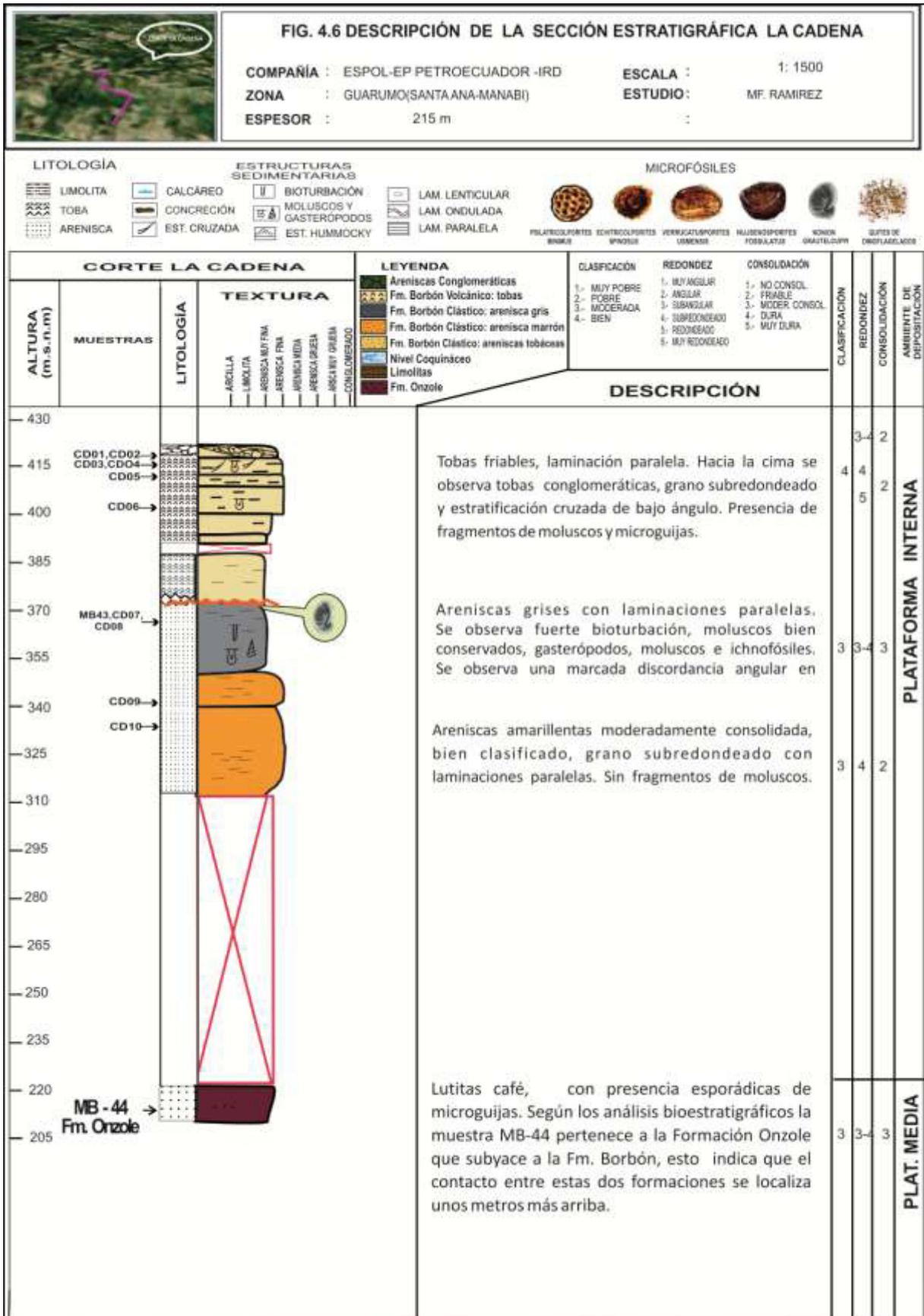


Figura 4.4 Ubicación de la Formación Borbón dentro de los ambientes marinos, según los análisis bioestratigráficos (modificado de Biology Cabinet 2008, diagrama realizado por Nasif Nahle Sabag).

A continuación, se presenta las columnas estratigráficas finales de los sectores Guarumo (figura 4.5) y La Cadena (figura 4.6), obtenidas a partir de los análisis sedimentológicos y bioestratigráficos.



CAPÍTULO 5

INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS: EVOLUCIÓN VERTICAL Y CORRELACIÓN.

1. Precisión del Medio Ambiente

Después de la interpretación de los estudios realizados a las 53 muestras recogidas entre los sectores Guarumo y La Cadena, se construyó las secciones estratigráficas a detalle correspondientes a cada sector (figura 5.1).

Estas columnas resumen los datos y características geológicas encontradas en estos afloramientos y permiten hacer una clara inferencia acerca de la constitución y comportamiento geológico de la Formación Borbón a través de los tiempos geológicos.

La obtención de estas columnas se basó en análisis estratigráficos, sedimentológicos y bioestratigráficos ampliamente explicados en capítulos anteriores.



Figura 5.1 Ubicación de las secciones analizadas (Guarumo y La Cadena) dentro de la Costa Ecuatoriana (tomado del U.S. Geological Survey, Google Earth).

A continuación, se presenta la integración de los resultados de los análisis con las facies reconocidas y brevemente explicadas en el capítulo 3, con el fin de ubicarlos en un ambiente preciso y específico de plataforma:

Sector Guarumo

Facies 1: Zona Anteplaya superior o sublitoral superior (upper shoreface).

Subfacies: Areniscas Coquináceas

Altura: 160 m - 235m.

Esta facies se caracteriza por la presencia de areniscas marrón-amarillentas, no calcáreas, friables con intercalaciones de niveles coquináceos, moderada clasificación, grano subangular a subredondeado, laminación paralela.

Subfacies: Areniscas Amarillenta Laminadas

Altura: 235m - 280 m

Areniscas marrón-amarillentas no calcáreas, intercaladas con limolitas marrón, moderadamente consolidada, moderada clasificación, grano subangular a subredondeado, con laminaciones paralelas esporádicas y laminación cruzada de bajo ángulo encontradas hacia el contacto con areniscas grises; además, se observaron intercalaciones de niveles coquináceos y moluscos fragmentados.

Facies 2: Zona de Anteplaya medio o sublitoral medio (middle shoreface).

Subfacies: Areniscas grises bioturbadas.

Altura: 280m a 310m.

Areniscas grises moderadamente consolidadas, no calcáreas, clasificación moderada, grano subangular a subredondeado, laminación ondulante, estratificación cruzada de bajo ángulo y estratificación Hummocky. Se observa indicios de fuerte bioturbación, ichnofacies de Skolithos y fragmentos de moluscos; además, de un nivel de concreción y abundantes guijas negras redondeadas.

Subfacies: Areniscas tobáceas.

Altura: 310m a 325m.

Areniscas amarillentas tobáceas friables, moderada clasificación, de grano subangular a subredondeado, no calcáreas con intercalaciones de limolitas marrones con laminaciones paralelas. Presencia de fragmentos de moluscos, gasterópodos y guijas negras.

Subfacies: Areniscas marrón con concreciones.

Altura: 325m a 375m.

Areniscas marrón amarillentas moderadamente consolidadas con intercalaciones de areniscas grises friables calcáreas e intercalaciones de limolitas, clasificación moderada, grano subangular a subredondeado, con laminación ondulante, laminación paralela. Presencia de niveles coquináceos y moluscos bien conservados, microfósiles como: *Nijssenosporites Fossulatus*, *Psilatricolporites*

Minimus y *Verrucatusporites Usmensis* nivel de concreciones y abundantes guijas negras redondeadas.

Subfacies: Areniscas grises bioturbadas.

Altura: 375m a 400 m.

Areniscas grises calcáreas moderadamente consolidadas, moderada clasificación, de grano subangular a subredondeado con débiles laminaciones paralelas. Se observa bioturbación y fragmentos de moluscos, ichnofacies de *Skolithos ophiomorfa* y turritelas, se recuperó los microfósiles *Echitricolporites Spinosus* y *Nonium Grautelouppi*; además, se observó abundantes guijas negras redondeadas.

Facies 3: Tobas. Zona de playa baja o mesolitoral (foreshore).

Altura: 400 m a 428 m

Tobas calcáreas friables, moderada clasificación, grano subredondeado a redondeado con laminación paralela y ondulante, estratificación cruzada de bajo ángulo y hummocky centimétricos. Abundante presencia de moluscos. Se la ubica dentro del ambiente de foreshore por sus características litológicas ya que se trata de sedimentos piroclásticos depositados por agentes aéreos como consecuencia de explosiones volcánicas.

Facies 4: Limolitas Conglomeráticas. Zona de playa baja o mesolitoral (foreshore).

Altura: 428 m – 436 m

Limolitas conglomeráticas moderadamente consolidadas, pobre clasificación, granos subangulares a redondeados con niveles de concreciones calcáreas, guijas negras y guijarros redondeados. Se recuperaron microfósiles como *Echitricolporites Spinosus*, *Psilatricolporites Minimus* y dinoflagelados en las concreciones como producto de una zona de alta y baja energía.

Sector La Cadena.

Formación Onzole

Altura: 205 m - 220 m.

Lutitas café, moderadamente consolidadas laminadas con presencia esporádicas de microguijas. Según los análisis bioestratigráficos esta muestra (MB-44) pertenece a la Formación Onzole que subyace a la Fm. Borbón, esto indica que el contacto entre estas dos formaciones se encuentra cercano a esta cota.

Formación Borbón

Facies 1: Zona de anteplaya medio o sublitoral medio (middle shoreface).

Subfacies: Arenisca marrón laminada

Altura: 220 m - 350m

Areniscas amarillentas moderadamente consolidadas, bien clasificadas, grano subredondeado con laminaciones paralelas. Sin fragmentos de moluscos.

Subfacies: Arenisca gris bioturbada.

Altura: 350m - 370m

Areniscas grises moderadamente consolidadas, bien clasificadas, grano subangular a subredondeado con laminaciones paralelas. Se observa fuerte bioturbación, moluscos bien conservados, gasterópodos, moluscos e ichnofósiles. Se encontró microfósiles bentónicos como *Nonium Grauteloppi*, además de ichnofacies de Skolithos.

Se observa una marcada discordancia angular en contacto con las tobas.

Facies 2: Tobas. Zona de playa baja o zona mesolitoral (foreshore).

Altura: 370m - 420 m:

Tobas friables, bien clasificados, grano subangular a subredondeado, laminación paralela. Hacia el tope, se observa tobas conglomeráticas, grano subredondeado y estratificación cruzada de bajo ángulo. Presencia de fragmentos de moluscos y microguijas. Se ubicó en la zona de foreshore como consecuencia de la depositación eólica producto de explosiones volcánicas.

En las figuras 5.2 y 5.3, se observa la ubicación de la Fm. Borbón dentro de los ambientes de plataforma.

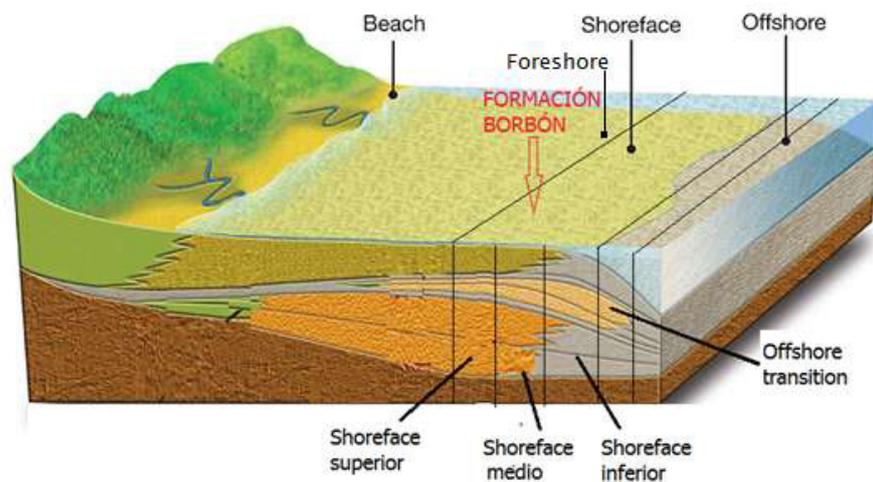
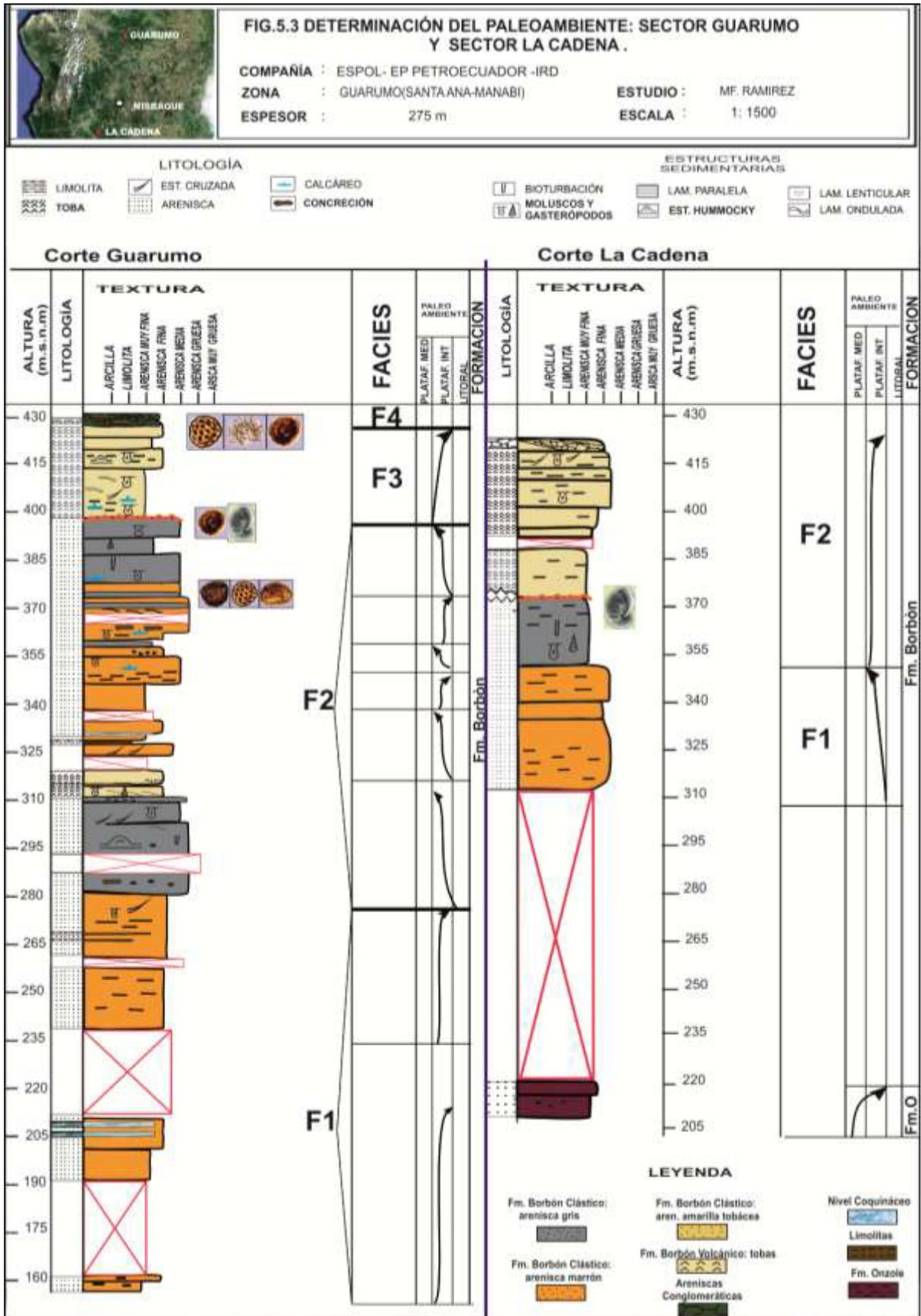


Figura 5.2 Ubicación de la Formación Borbón dentro de los ambientes de plataforma según el análisis de facies.



2. EVOLUCIÓN VERTICAL

Para explicar la evolución vertical de la Fm. Borbón se observa la sección estratigráfica del sector Guarumo como del sector La Cadena. Se puede apreciar en ambas secciones un evento regresivo evidenciado por la granulometría y estratificación de las facies de transición de playa baja (foreshore), anteplaya superior (upper shoreface) y anteplaya media e inferior (middle-lower shoreface); además, las subfacies de areniscas marrones, areniscas grises bioturbadas, las ichnofacies de *skolithos ophiomorfas* y la estratificación cruzada hummocky que son características relevantes de estas secciones.

En el Sector Guarumo desde la base hasta aproximadamente unos 375 m se evidencia un evento regresivo que dentro de los modelos de secuencias deposicionales se ubica como LOWSTAND SYSTEM TRACK que inicia con un nivel de anteplaya (shoreface) a foreshore (playa baja) y eventos de regresión normal. Se aprecia este patrón desde la base donde se inicia con laminaciones paralelas, luego se presenta un cambio a estratificación cruzada y en hummocky que se dan principalmente por eventos de tempestitas y tormentas, finalmente se produce laminaciones paralelas otra vez.

Desde 375 m hasta el tope de la formación, se observa la depositación de sedimentos piroclásticos (tobas) originados por explosiones volcánicas. Hacia la base del afloramiento, la Fm. Borbón se vuelve más somera ubicándose en facies de playa baja (foreshore). No se observa claramente una discordancia entre estos estratos pero el cambio litológico está claramente marcado.

A una altura de 436 m se observa areniscas conglomeráticas con concreciones y presencia de dinoflagelados, es decir la formación sigue siendo marina.

En general, la depositación de los sedimentos del sector Guarumo se produce desde la zona de anteplaya (shoreface) hasta playa baja (foreshore) a un intervalo de 10 a 30 m sobre el nivel de mar.

En el sector La Cadena también se observan un evento regresivo en facies de anteplaya medio (middle shoreface) a anteplaya superior (upper shoreface) dentro de un modelo deposicional de LOWSTAND SYSTEM TRACK. Se observan areniscas bioturbadas con presencia de ichnofacies de *skolithos ophiomorfa*, hasta una altura de 370m donde se produce un cambio litológico de areniscas a tobas evidenciado por una discordancia angular. Hacia el tope las tobas indican una somerización de la sección, se la ubica en una facie de playa baja (foreshore).

3. CORRELACIÓN DE LAS SECCIONES ESTRATIGRAFICAS GUARUMO-LA CADENA

Se ha desarrollado la descripción de las secciones estratigráficas Guarumo y La Cadena que refleja como se desarrolló la depositación de los sedimentos en cada sector, mostrando sus características estratigráficas, sedimentológicas y bioestratigráficas.

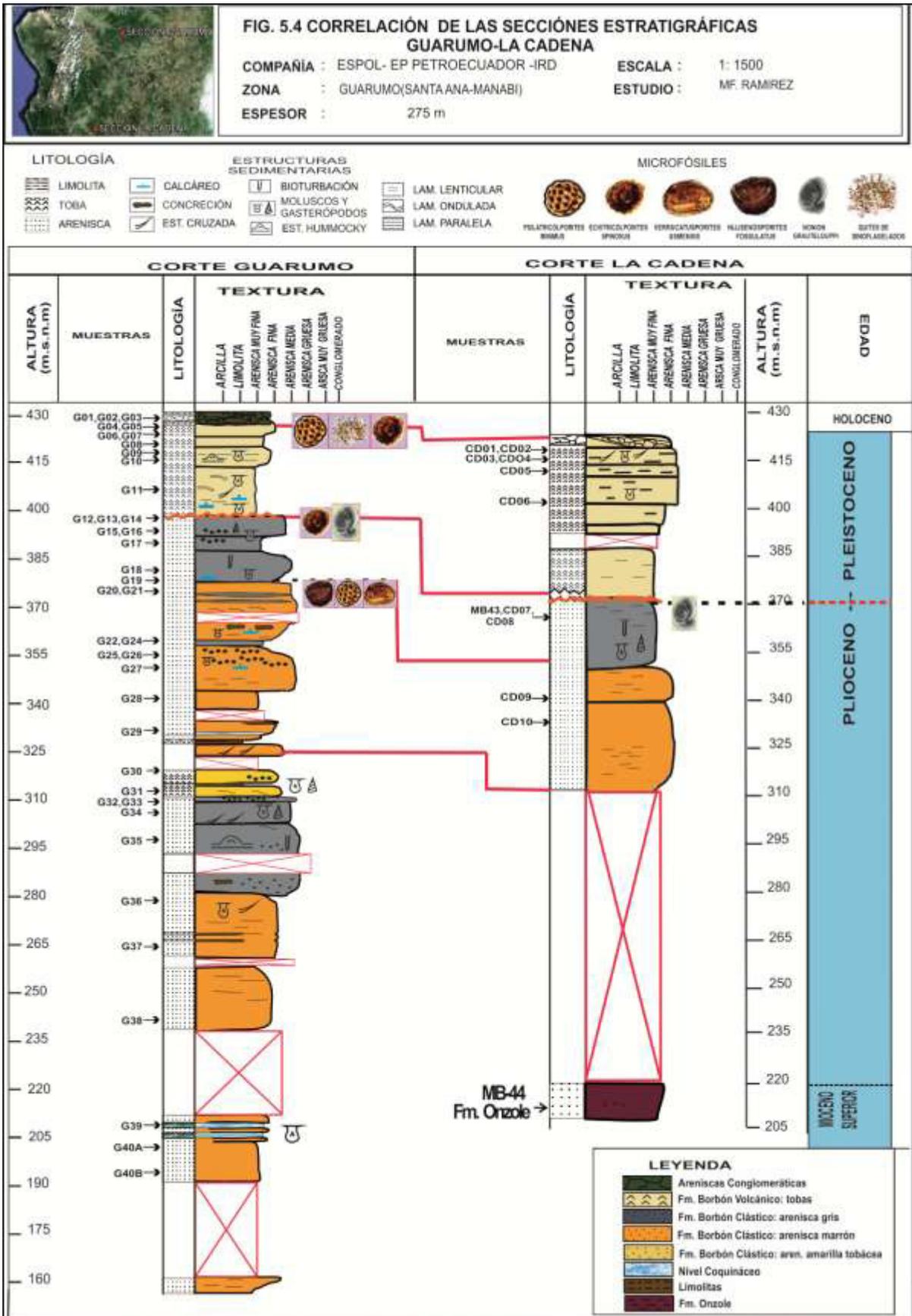
Tomando en cuenta estos resultados se procede a realizar un análisis que correlacione estas dos columnas (figura 5.4), para establecer sus características geológicas y secuencias estratigráficas comunes que ayuden a caracterizar con mayor efectividad los sedimentos de la Fm Borbón.

Las principales observaciones realizadas se describen a continuación:

1. Hacia el tope de la Sección Guarumo los estratos de tobas se correlacionan con los estratos de tobas localizados hacia el tope de la Sección La Cadena, estos presentan mayor potencia. También es común a ambos sectores la estratificación cruzada de bajo ángulo y la presencia de microguijas redondeadas, abundantes y de mayor tamaño en el sector Guarumo.

2. Subyaciendo a las tobas se encuentran las areniscas grises que coinciden en ambos afloramientos. Aunque en el contacto entre estos estratos se encuentra una discordancia angular que se observó solo en el corte La Cadena. Las características geológicas comunes son laminación, bioturbación y fragmentos de moluscos, remarcadas en el sector La Cadena. El único fósil recuperado común a los dos afloramientos fue el foraminífero bentónico *Nonium Grautelouppi* (Mioceno – Plioceno).

3. Las areniscas amarillentas con laminación paralela y ondulante del sector Guarumo se correlacionan con las areniscas laminadas del sector La Cadena.



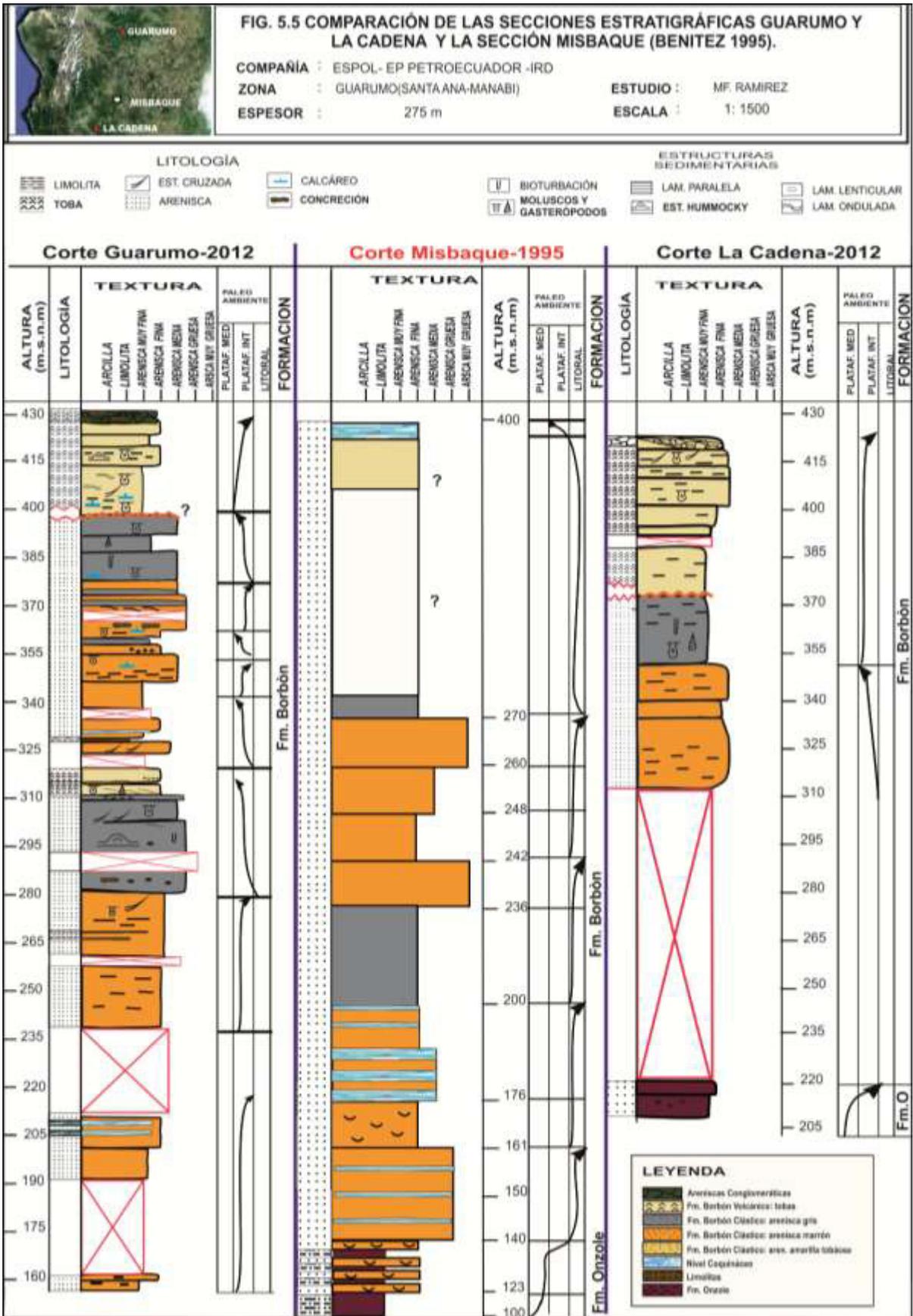
4. COMPARACIÓN DE LAS COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LOS SECTORES GUARUMO Y LA CADENA (2012), Y LA COLUMNA ESTRATIGRAFICA PUBLICADA POR BENÍTEZ (1995).

En 1995, Benítez en su trabajo “Evolución Geodinámica de la Costa Ecuatoriana”, realizó una columna estratigráfica básica de la Fm. Borbón, pero este estudio no se basó en una sección de campo sino en registros de perforaciones realizadas para la construcción de la represa Misbaque (coord. 561-9835), ubicada entre las secciones analizadas en este estudio (figura 5.1)

Benítez, describe una parte basal clástica "arenisca gris tobacea y areniscas gris masivas", sobreyacido por una parte somital con elementos volcánicos (tobáceos) que no se describe a detalles. Se interpreta la parte somital como el equivalente al Borbón volcánico que se identificó hacia el tope de las secciones realizadas actualmente. Es decir, se correlaciona bien con los dos miembros litológicos observados a lo largo de las secciones Guarumo y La Cadena. El espesor total de la columna de Benítez es de 277 m, estos datos son coherentes con los espesores medidos en los dos sectores estudiados (Guarumo: 270 m y La Cadena: 225 m). La granulometría

en las tres columnas es muy parecida ya que se observa claramente los estratos conformados por areniscas media a muy finas.

También el medio ambiente de depósito resultó ser semejante a los datos obtenidos en el estudio actual. Sin embargo, las principales diferencias radican en que los análisis en los sectores Guarumo y La Cadena ubican a los sedimentos de la Fm. Borbón en un ambiente de plataforma interna, basándose en resultados paleontológicos y micropaleontológicos, mientras que en la sección Misbaque el ambiente resultó ser su mayoría ser litoral; está dividida en 5 fases de cambios de ambientes: hacia la base desde los 100 m a 125 m el ambiente de la Fm. Borbón es de Plataforma media – interna, luego desde los 125m hasta los 390m se trata de un ambiente totalmente litoral, hacia el tope a unos 400 m el ambiente es de plataforma interna. En la columna de Benítez no se recolectaron datos bioestratigráficos. No ha sido fácil correlacionar los cambios de ambiente observados en el estudio actual y la columna de Benítez (figura 5.5).



CAPITULO 6

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. DISCUSIÓN

La interpretación de los distintos datos geológicos obtenidos dentro de esta investigación ayuda entender el comportamiento de los sedimentos y los distintos procesos que tuvieron lugar en el momento de su depositación a lo largo de los tiempos geológicos, pero al mismo tiempo surgen varias interrogantes que invitan a reflexionar acerca de estos resultados, nos obligan a formular hipótesis y a buscar respuestas fundamentadas en principios geológicos.

1.1 Estratigrafía: De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, la Formación Borbón constituye un depósito detrítico que se ha dividido en dos miembros Borbón Clástico y Borbón Volcánico, este cambio litológico se observó y se mostró claramente en las secciones estratigráficas tanto del sector Guarumo como del sector La Cadena. Entre estos dos miembros posiblemente se podría definir otro miembro volcanoclástico. Eso se debe confirmar con un estudio a nivel

regional, además se debe precisar la transición entre los dos miembros.

1.2 Aporte: Se observó que los sedimentos del sector Guarumo son más gruesos que los sedimentos del sector La Cadena. Además la textura y los minerales pesados parecen indicar una fuente más cercana a la sección Guarumo que al sector La Cadena. Esto indicaría que los sedimentos tienen un origen que provendría del norte, confirmado según los análisis químicos realizados a la fracción de minerales pesados (anfíboles y piroxenos) recuperados de las muestras.

1.3 Fuente: Es probable que para el miembro superior, el volcanismo constituya la fuente principal de aporte de sedimentos, principalmente sedimentos piroclásticos (tobas). En este caso indicaría que el miembro superior es contemporáneo a una actividad importante del arco volcánico en la Cordillera Occidental durante el Pleistoceno. Según (Barbieri, 1988), la actividad volcánica durante el Pleistoceno fue de mayor intensidad que durante el Plioceno. Entonces la mayor parte del material provendría de la Cordillera Occidental y no de la Cordillera Costanera.

Según (Moreno 1983, 1984; Benítez, 1984) en la cuenca Progreso, en el borde norte de la Cordillera Chongón-Colonche se ha reportado llegadas detríticas que podrían indicar la presencia de un relieve posiblemente emergido. Sin embargo, en la sección La Cadena no se detecta la influencia de tal relieve y tampoco aportes del mismo, tal vez esto se debe a la ubicación de la Falla transcurrente Colonche que se encuentra al Sur de las elevaciones principales de esta cordillera; es decir, en el Alto Chongón – San Vicente, y que influye en el drenaje que se dirige hacia el Golfo de Guayaquil con dirección SO. Se puede observar que la sección La Cadena se ubica fuera del alcance de los posibles aportes de la Cordillera Chongón Colonche.

1.4 Edad: Lamentablemente debido a las condiciones del medio algunas muestras resultaron estériles para los análisis bioestratigráficos, sirviendo solamente para la datación los análisis de escasos palinomorfos recuperados. Esto influyó en la resolución del estudio actual. Según las dataciones realizadas anteriormente existe una discrepancia en la determinación de la edad como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6.1. EDAD FM. BORBÓN				
TERCIARIO			CUATERNARIO	
PALEOG.	NEOGENO		CUATERNARIO	
	MIOCENO	PLIOCN	PLEIST.	HOLC.
Bristow (1977)				
Benitez (1995)				
Estudio Actual				

El estudio actual propone un rango de edad para la Formación Borbón probablemente del Plioceno-Pleistoceno. El análisis bioestratigráfico realizado demuestra un estudio profundo de microfósiles y microfósiles, cuyas características coinciden y apoyan las anteriores dataciones de Bristow (1977) y Benítez (1995), asegurando de esta manera que la Fm. Borbón constituye una formación de menor edad geológica que la Fm. Onzole a la cual sobryace. Debido a la falta de resolución de datos, existen inseguridades en la datación; por lo tanto, es posible que se encuentre un rango menor y específico de edad para esta formación, si se toman en cuenta estudios de palinomorfos con más detalles.

1.5 Paleoambiente: Según los diferentes análisis micropaleontológicos y macropaleontológicos realizados en los sectores Guarumo y La Cadena se pudo observar claros indicios de un ambiente de Plataforma Continental Nerítica Interna con un evento

regresivo claramente identificable, además esporádicos eventos transgresivos evidenciados en los horizontes coquináceos encontrados en ambas secciones. Estos datos son ligeramente diferentes a los datos en la columna Misbaque de Benítez que ubica a la Fm. Borbón en un ambiente de Plataforma Continental pero Litoral. En el estudio actual se propone una correlación de la Fm. Borbón en la cuenca Manabí con las areniscas de la Fm. Puna en la cuenca Progreso, por sus semejanzas litológicas, edad y paleoambiente.

1.6 Deformación y Sedimentación

a. Registro de la Deformación del levantamiento de la Cordillera Costera.

La discordancia observada en las secciones podría corresponder a una posible deformación de la zona de antearco durante el depósito de la Fm. Borbón. Uno de los eventos que puede explicar estas discordancias es el levantamiento de la Cordillera Costanera después del depósito del Borbón clástico. (Reyes y Michaud, 2012.)

b. Registro de la Evolución de los Andes (levantamiento y volcanismo).

Se pudo correlacionar las observaciones en los sectores Guarumo y La Cadena con los eventos conocidos en los Andes durante el Plio-Pleistoceno:

- La llegada de material detrítico a la Fm. Borbón puede ser correlacionado con el período de enfriamiento en Los Andes señalado por Spikings y Crowhurst, (2004) durante el Plioceno (5 Ma). Este enfriamiento corresponde a una aceleración del levantamiento de los Andes lo que se traduce en el antearco por la llegada de material detrítico a la Fm. Borbón.
- Finalmente durante el Pleistoceno (1,6 Ma), la actividad volcánica en las Cordilleras Occidental y Real se incrementa (Barbieri 1988) y continúa hasta la actualidad, esto posiblemente origina la depositación de sedimentos volcánicos en el tope de la Fm. Borbón. (Reyes y Michaud, 2012.) (figura 6.1).

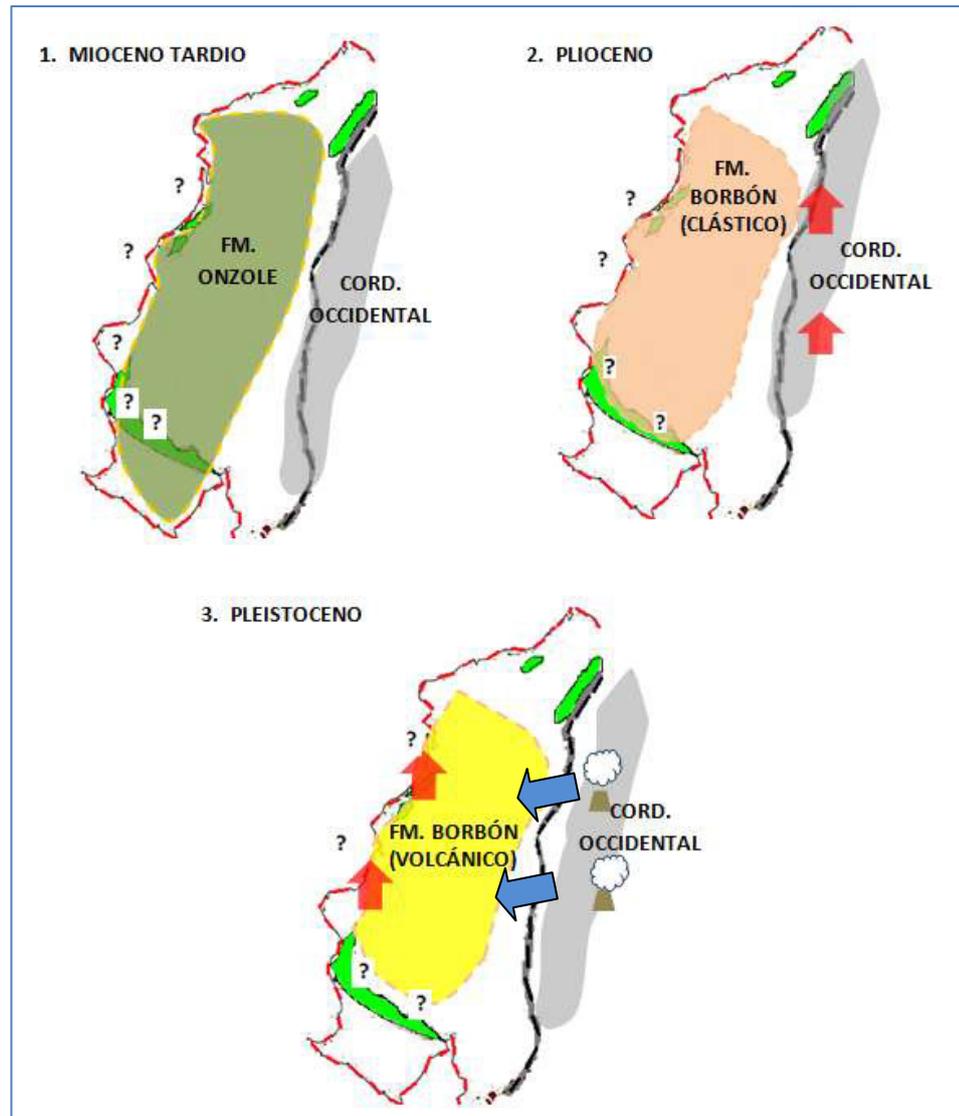


FIGURA 6.1. Evolución de la sedimentación en el antearco ecuatoriano en relación con la tectónica y el levantamiento de la cordillera occidental y costera.

- 1) Depósito de la Fm. Onzole. En esta época no se registra deformación.
- 2) Depósito del miembro inferior de la Fm. Borbón. El levantamiento de la Cordillera Occidental aporta material en las cuencas de antearco.
- 3) Depósito del miembro volcánico la Fm. Borbón en relación con la actividad volcánica de la Cordillera Occidental. La cordillera costanera empezó a levantarse.

2. CONCLUSIONES

1. La Formación Borbón según los análisis realizados a los sectores Guarumo y La Cadena presenta estratos litológicamente definidos en dos miembros:

Miembro Clástico: Areniscas gris azuladas ocasionalmente marrón amarillentas, de grano fino a medio hacia la parte inferior, intercalado con niveles calcáreos con macrofósiles y guijas esporádicas.

Miembro Volcánico: se observan estratos de tobas y arcillas con intercalaciones de areniscas de color gris verdoso algo tobáceas hacia la parte superior.

2. La Formación Borbón presenta tasas de sedimentación baja, evidenciada por la bioturbación de areniscas grises y sedimentación alta evidenciada por intercalaciones de areniscas grises y marrones.
3. La fuente de aporte de sedimentos estuvo al norte de ambas secciones, la dirección del transporte fue de norte a sur (proveniente y originado por la Cordillera de los Andes).
4. Lo anterior sugiere que la Formación Borbón no tuvo aporte de sedimentos desde la Cordillera Costanera. Es decir que el relieve

de dicha cordillera no fue suficiente en esa época (o las cuencas de drenaje no dieron lugar a una erosión importante) para servir de fuente. Entonces la mayoría del material provino de los Andes.

5. Deformación y Sedimentación: la Formación Borbón registra la evolución reciente de los Andes (pulso de levantamiento de los andes durante el Plioceno y volcanismo durante el Pleistoceno) y posiblemente el levantamiento de la Cordillera Costera (discordancias al interior de la Formación Borbón)
6. La edad propuesta para la Fm. Borbón es: Plioceno-Pleistoceno.
7. El Paleambiente determinado es: Nerítico de Plataforma Interna ubicado a una profundidad de 10 a 30 m.
8. Tomando en cuenta las profundidades de depósitos y la altura actual de la Fm. Borbón (altura media 450 m), se produjo un levantamiento total aproximado de 500 m sin tomar en cuenta el nivel del mar en la época de depósito y la compactación.

3. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio regional de la Formación Borbón para una absoluta caracterización geológica de sus sedimentos y la descripción detallada de su papel dentro de la geodinámica ecuatoriana.
2. Buscar afloramientos a lo largo de la Cordillera Costanera y realizar el levantamiento de secciones estratigráficas en estos sectores, así se obtendrá una mayor densidad de datos geológicos característicos de la Formación Borbón y se podrá confirmar la dirección de los aportes y las fuentes.
3. Para optimizar los resultados de datación se debe realizar principalmente análisis de palinomorfos ya que son los microfósiles de mejor conservación en esta formación, además analizar la composición química de las tobas por difracción de rayos X o por espectrometría de masas, con el objetivo de encontrar minerales que permitan realizar una datación absoluta de estos sedimentos.

4. RESUMEN BIBLIOGRÁFICO

1. ALLEN, J. R. (1985), "**Principles of physical sedimentology**". George Allen & Unwin, London.
2. ALLEN, P. A., ALLEN, J. R., (1990), "**Basin Analysis, Principles and Applications**". *Blackwell Science Publisher, Oxford*.
3. BARBERI, F., COLTELLI, M., FERRARA, G., INNOCENTI, F., NAVARRO, J. M. & SANTACROCE, R. (1988) "**Plio-Quaternary Volcanism in Ecuador**". Dipartimento di Scienze della Terra, University of Pisa.
4. BENITEZ, S., (1995) "**Evolución Géodynamique de la province cotière sud-équatorienne au Crétacé Supérieur Tertiaire.**" Tesis doGeológico Alpine, 71. Université Joseph Fourier.
5. BIANUCCI, G., CANTALAMESA, G., LANDINI, W., RAGAINI, L., et Valleri, G. (1993) "**Fossil assemblages from Pliocene of Onzole formation (Esmeraldas, NW Ecuador) and their implications in the panamic bioprovince evolution**".
6. BOGGS, S. JR., (2001) "**Principles of Sedimentology and Stratigraphy**", 3rd Edition. *Printice Hall*.

7. BRISTOW, C. R Y HOFFTETTER, R. (1977) “**Lexique Stratigraphique International V. 5, Amérique Latine. Fasc. 5 a 2, Ecuador (Second Edition)**”. *Centre National de la Recherche Scientifique*.
8. BROOKFIELD, M. E., (2003), “**Principles of Stratigraphy**”. *Blackwell Publishing. Oxford*.
9. CORE LABORATORIES, (1988) “**Stratigraphic and Geochemical analysis Ricaurte 1 well Manabí Bassin Ecuador**”. *Core Laboratories for Texaco Petroleum Company*.
10. DENIAUD, Y., (1998) “**Evolución Tectono-Sedimentaria de las Cuencas Costeras Neógenas del Ecuador**”, Convenio ORSTOM-PETROPRODUCCION.
11. EINSELE, G., (1992), “**Sedimentary basin. Evolution, facies and sediment budget**”. Springer-Verlag, Berlin.
12. FRITZ, W. J., MOORE, J. N., (1988), “**Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology**”. *John Wiley, New York*.
13. JAILLARD, E. (2003) “**Rocas detríticas cretácicas-paleógenas de la Cordillera Occidental del Ecuador (0°-4° 30' S)**. *Estratigrafía,*

sedimentología, significado tectónico y geodinámico". *Convenio IRD-PETROPRODUCCIÓN*. Inédito.

14. JALLIARD, E., BENITEZ, S., et Mascle., G, H., (1997) "**Les déformations paleogènes de la zona d'avant-arc sud-equatorienne en relación avec l'evolution geodynamique**". *Bull. Soc. Geol. France*, 168 pp. 403-412.
15. LEOBLICH, A.R., JR Y TAPPAN, H. (1961). "**Cretaceous planktonic foraminifera. Part 1. Cenomanian. Micropaleontology 7, 257-304**"
16. LEOBLICH, A.R., JR Y TAPPAN, H. (1988) "**Foraminifera general and their classification**". Van Nostrand Reinhold (ed), 2 V.
17. LUZIEUX, L.D.A., HELLER, F., SPIKINGS, R A., VALLEJO, C.F., W. WINKLER (2006) "**Origin and Cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence**". *Department of Mineralogy, University of Geneva, 1205 Geneva, Switzerland*.
18. MICHAUD, F., WITT, C., ROYER, J Y., (2009) "**Influence of the subduction of the Carnegie volcanic ridge on Ecuadorian geology: Reality and fiction**". *The Geological Society of America Memoir 204*.

19. ORDOÑEZ, M., JIMENEZ., N., Y SUÁREZ, J., (2006)
“Micropaleontología Ecuatoriana”- Petroproducción -Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil.

20. POZO RODRÍGUEZ M, GONZALEZ YELAMOS J, GINER ROBLES
(2007) **“Geología Práctica: Introducción al Reconocimiento de Materiales y Análisis de Mapas”**. *Departamento de Química Agrícola, Geológica y Geoquímica. Universidad autónoma de Madrid.*

21. REYES P. & MICHAUD F. (2012). **“Mapa Geológico de la Margen Costera Ecuatoriana (1:500000)”**. *EP PetroEcuador-IRD (Eds). Quito, Ecuador.*

22. SPIKINGS, R. & CROWHURST, P., (2004) **“The relative response of the apatite (U-Th)/He and fission-track systems to the same thermal histories: an example from the Eastern Cordillera, Ecuador”** *2nd Swiss Geoscience Meeting, Lausanne, 2004.*

23. SPIKINGS, R.A., WINKLER, W., Hughes, R. A., HANDLER, R., (2005) **“Thermochronology of allochthonous terranes in Ecuador: Unravelling the accretionary and post -accretionary history of the Northern Andes”**. *Tectonophysics 399 (2005) 195– 220.*

24. SPIKINGS, R.A., WINKLER, W., SEWARD, D., HANDLER, R., (2001) **“Along-strike variations in the thermal and tectonic response of the continental Ecuadorian Andes to the collision with heterogeneous oceanic crust”**. *Earth and Planetary Science Letters* 186 (2001) 57-73.

25. VALLEJO, C., (2007) **“Evolution of the western Cordillera in the Andes of Ecuador (Late Cretaceous-Paleogene)”**. *Swiss Federal Institute of Technology Zürich*.

26. WHITTAKER, E., (1988) **“Bentonic Cenozoic Foraminifera from Ecuador (Coastal Area)”**. *Natural History, Museum British*.

27. WILLIAMS M. D. (1947) **“Informes Geológicos y Geofísicos de la International Ecuadorian Petroleum Co. Concesiones: 1) Daule-Guayas, 2) Ecuapetrol Manabí.”** *Dir. Min. Petrol., Minist. Econ., Quito*.

ANEXO 1

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

1. Análisis Granulométrico de las muestras recolectadas.

Las 53 muestras de sedimentos recolectadas de los cortes Guarumo y La Cadena fueron sometidas a procesos de tamizados a fin de analizar su distribución de tamaños.

Esta prueba se llevó a efecto cerniendo las muestras a través de los tamices enumerados de forma ascendente.

El número del tamiz nos indican las aperturas del tamiz por pulgada lineal. Se utilizó una serie de tamices de acuerdo a las necesidades de la prueba y según la descripción en la escala de Udden- Wenthwort.

El proceso aplicado para este tipo de análisis se describe a continuación:

Análisis de tamices

Materiales

1. Serie de tamices con tapa y bandeja: #18, #35, #60, #120, #200.
2. Bandejas
3. Tamizadora
4. Muestra de 50 gramos de sedimentos libre de humedad.

Procedimiento

Se toma una porción de sedimentos superior a 50 gramos y se la disgrega cuidadosamente para evitar posibles cambios en el tamaño de los gránulos. Para eliminar la humedad se seca la muestra a 250 °C y se toman 50 gramos.

Se hace pasar la muestra a través de los tamices colocados de manera ascendente, es decir primero se ubica el #18, #35, #60, #120, #200 y finalmente la base donde se depositarán los sedimentos de tamaño menor a 0.074 mm. Utilizamos una tamizadora para que la distribución de los detritos a través de los tamices sea eficaz.

Al finalizar la acción de la tamizadora, en cada uno de los tamices se produce una retención de material, esta cantidad es colocada en las bandejas, procurando que no quede nada en el tamiz utilizando para esto la espátula y el cepillo. Luego es pesada y finalmente registrada en la tabla de datos. Se repite este proceso con todas las muestras.

Resultados

Los resultados se colocan en la tabla de datos correspondiente a cada muestra, donde consta el número de tamiz y la cantidad en gramos que se retuvo en el mismo. Se expresan los datos en porcentajes, en porcentajes acumulados y finalmente en porcentajes acumulados de sedimentos que pasan el tamiz. La curva granulométrica está representada en un gráfico semilogarítmico, en cuya escala lineal (ordenada) se representa el porcentaje acumulado de arena que pasó a través de los tamices, y en la escala logarítmica (abscisa), el tamaño del grano de dichos sedimentos.

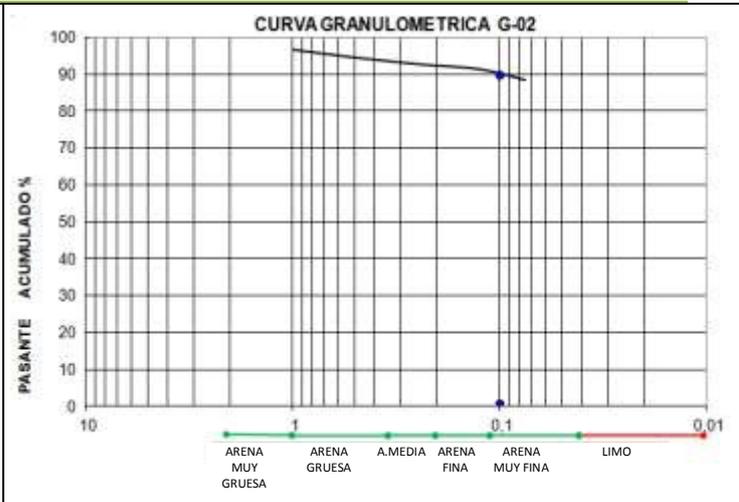
Estos resultados pertenecen específicamente a cada punto geográfico donde se recolectó la muestra.

Para analizar la curva granulométrica resultante se utilizaron fundamentos estadísticos. El segundo cuartil dentro de la gráfica es aquel que divide a todos los elementos de la muestra en dos partes iguales, es decir el 50%.

Otra observación que se debe tomar en cuenta es que mientras más uniforme es el tamaño de los granos, tanto más inclinada es la curva, la línea vertical representa a un polvo perfectamente uniforme, como se puede observar a continuación:

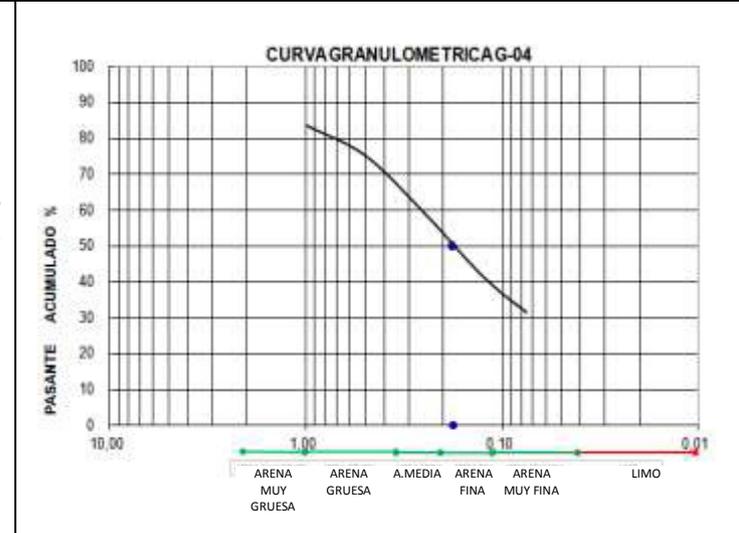
MUESTRA G-02					No. 1	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	1,6	3,2	3,2	96,8	
35	0,5	1,1	2,2	5,4	94,6	
60	0,25	0,9	1,8	7,2	92,8	
120	0,125	0,7	1,4	8,6	91,4	
200	0,075	1,5	3	11,6	88,4	
FONDO		44,2	88,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:
 Aproximadamente el 90% de los sedimentos analizados corresponden a arenas muy finas.
 El 10 % restante se representa por la curva granulométrica que tiende a ser horizontal por lo tanto poco uniforme.



MUESTRA G-04					No.2	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	8,2	16,4	16,4	83,6	
35	0,5	4,2	8,4	24,8	75,2	
60	0,25	8	16	40,8	59,2	
120	0,125	8,9	17,8	58,6	41,4	
200	0,075	5	10	68,6	31,4	
FONDO		15,7	31,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:
 Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden arenas finas.
 La curva tiende a ser vertical, los sedimentos son uniformes moderadamente.



MUESTRA G-05

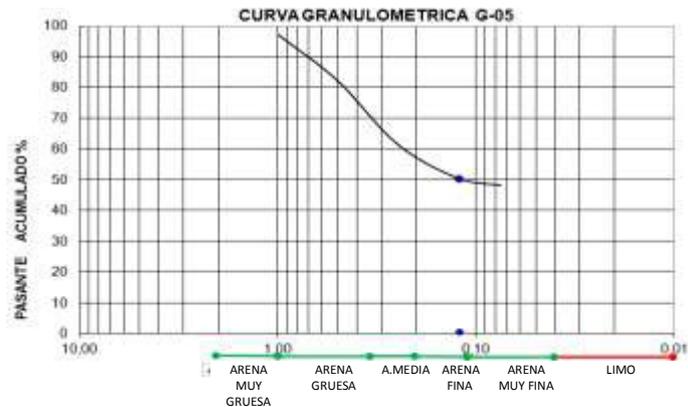
No.3

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	1,4	2,8	2,8	97,2
35	0,5	7,5	15	17,8	82,2
60	0,25	10,3	20,6	38,4	61,6
120	0,125	5,5	11	49,4	50,6
200	0,075	1,2	2,4	51,8	48,2
FONDO		24,1	48,2	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden arenas finas.

La curva no es ni horizontal ni vertical, los sedimentos son uniformes moderadamente.

**MUESTRA G-06**

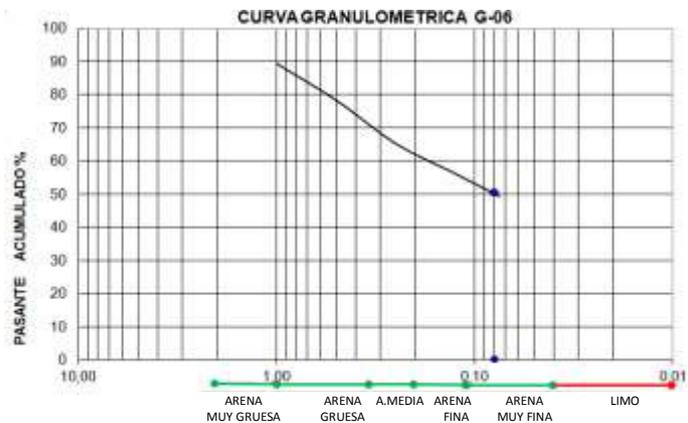
No.4

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	5,4	10,8	10,8	89,2
35	0,5	5,5	11	21,8	78,2
60	0,25	6,5	13	34,8	65,2
120	0,125	4,5	9	43,8	56,2
200	0,075	3,4	6,8	50,6	49,4
FONDO		24,7	49,4	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

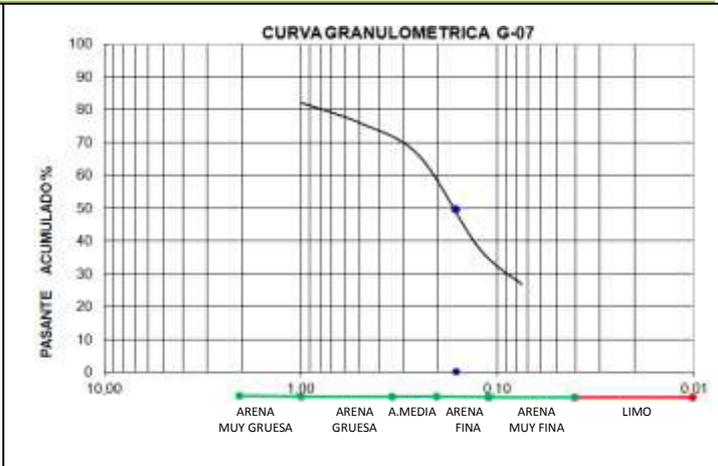
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden arenas muy finas.

La curva no es ni horizontal ni vertical, los sedimentos son uniformes moderadamente.



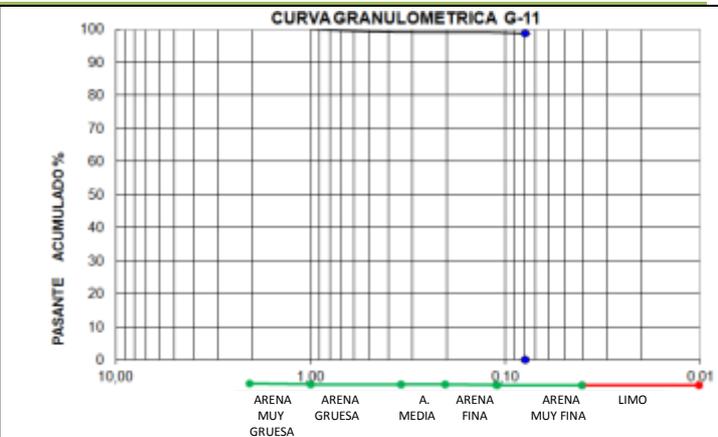
MUESTRA G-07					No.5	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	9	18	18	82	
35	0,5	3,1	6,2	24,2	75,8	
60	0,25	5	10	34,2	65,8	
120	0,125	13,9	27,8	62	38	
200	0,075	5,6	11,2	73,2	26,8	
FONDO		13,4	26,8	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:
 Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden arenas finas.
 La curva tiende a ser horizontal en la parte superior, es decir sedimentos poco uniformes.



MUESTRA G-11					No.6	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0	0	0	100	
35	0,5	0,3	0,6	0,6	99,4	
60	0,25	0,1	0,2	0,8	99,2	
120	0,125	0	0	0,8	99,2	
200	0,075	0,2	0,4	1,2	98,8	
FONDO		49,4	98,8	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

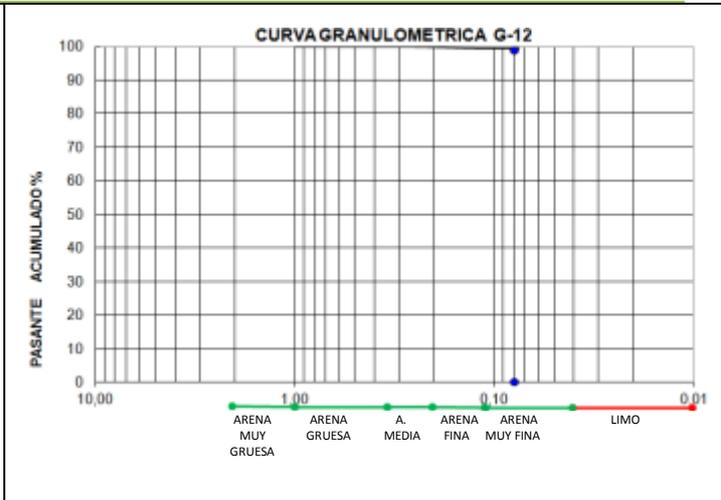
Comentarios:
 Aproximadamente el 99% de los sedimentos corresponden arenas muy finas.



MUESTRA G-12					No.7
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	0	0	0	100
60	0,25	0	0	0	100
120	0,125	0,2	0,4	0,4	99,6
200	0,075	0	0	0,4	99,6
FONDO		49,8	99,6	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

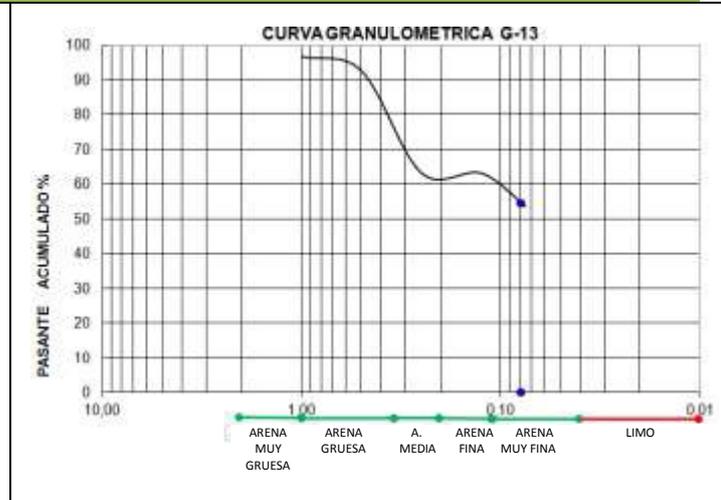
Aproximadamente el 99% de los sedimentos corresponden arenas muy finas.



MUESTRA G-13					No.8
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	1,6	3,2	3,2	96,8
35	0,5	2,1	4,2	7,4	92,6
60	0,25	14,7	29,4	36,8	63,2
120	0,125	0	0	36,8	63,2
200	0,075	4,8	9,6	46,4	53,6
FONDO		26,8	53,6	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 54% de los sedimentos corresponden arenas muy finas y el 46 % restante son areniscas que van de finas a gruesas



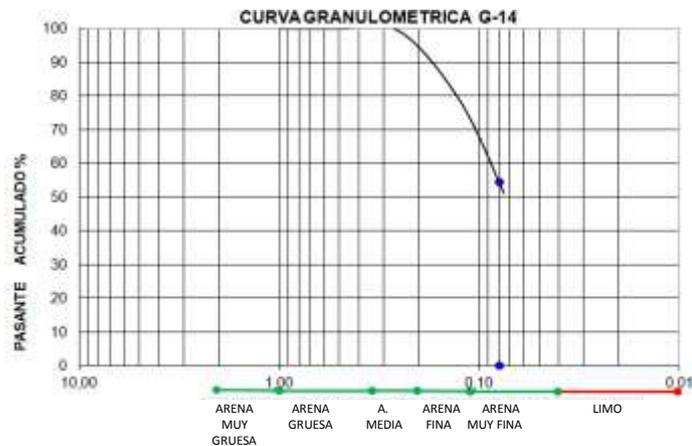
MUESTRA G-14

No.9

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	0	0	0	100
60	0,25	0,4	0,8	0,8	99,2
120	0,125	10,2	20,4	21,2	78,8
200	0,075	13,8	27,6	48,8	51,2
FONDO		25,6	51,2	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 51% de los sedimentos corresponden arenas muy finas y el 46 % restante son areniscas finas uniformes.

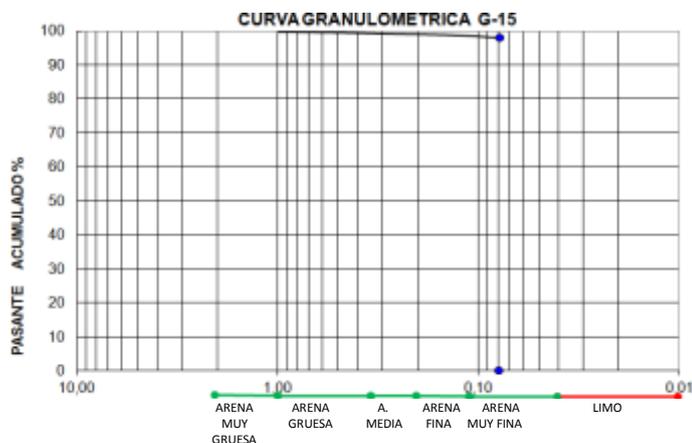
**MUESTRA G-15**

No.10

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0,1	0,2	0,2	99,8
35	0,5	0,1	0,2	0,4	99,6
60	0,25	0,2	0,4	0,8	99,2
120	0,125	0,2	0,4	1,2	98,8
200	0,075	0,4	0,8	2	98
FONDO		49	98	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 99% de los sedimentos corresponden arenas muy finas.



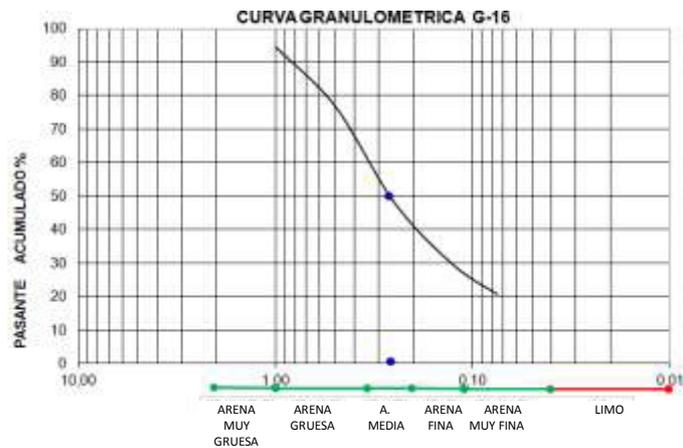
MUESTRA G-16

No.11

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	2,8	5,6	5,6	94,4
35	0,5	8,8	17,6	23,2	76,8
60	0,25	14,4	28,8	52	48
120	0,125	9,3	18,6	70,6	29,4
200	0,075	4,3	8,6	79,2	20,8
FONDO		10,4	20,8	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas medias.

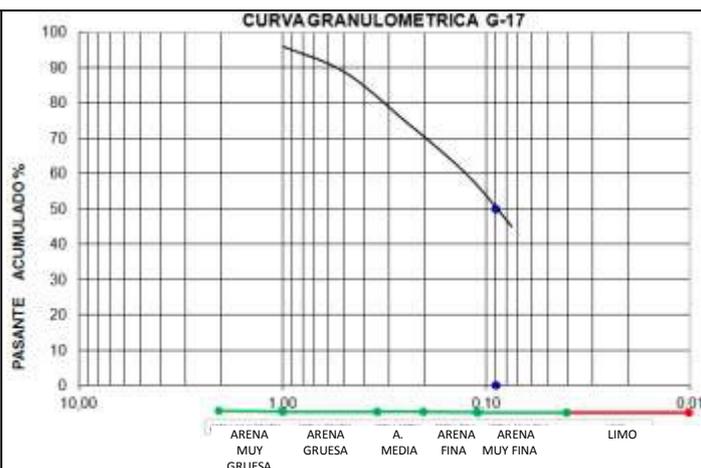
**MUESTRA G-17**

No.12

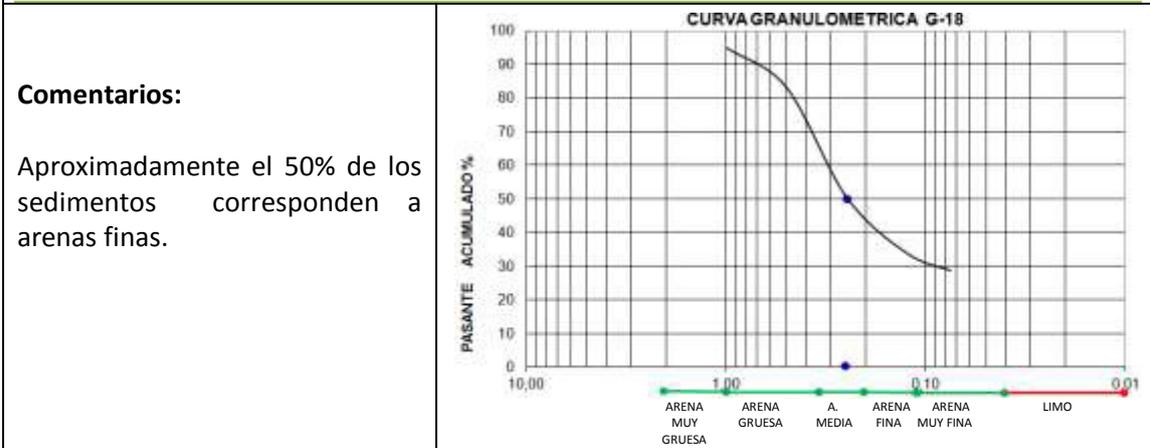
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	2	4	4	96
35	0,5	3,6	7,2	11,2	88,8
60	0,25	7	14	25,2	74,8
120	0,125	7,5	15	40,2	59,8
200	0,075	7,4	14,8	55	45
FONDO		22,5	45	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

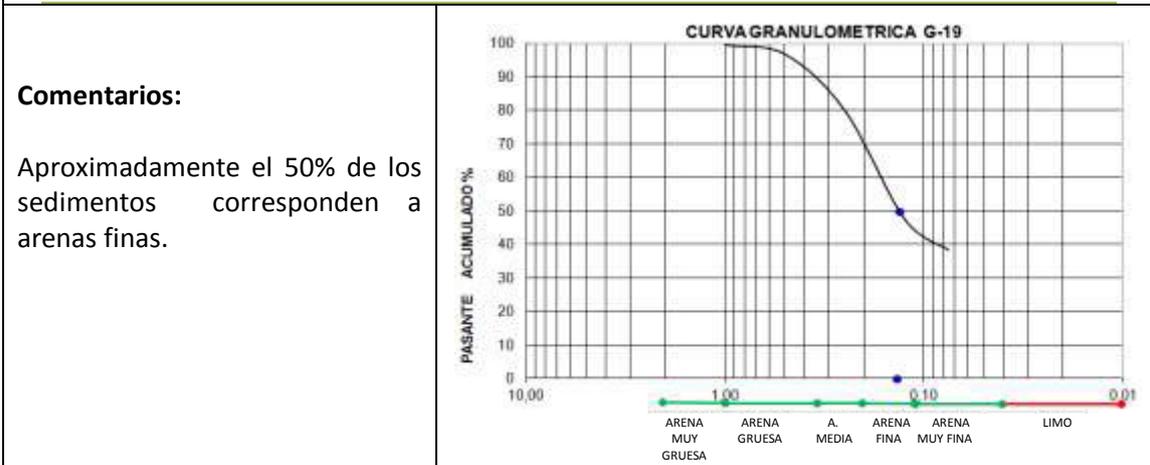
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



MUESTRA G-18					No.13	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	2,5	5	5	95	
35	0,5	5,9	11,8	16,8	83,2	
60	0,25	16,3	32,6	49,4	50,6	
120	0,125	8,3	16,6	66	34	
200	0,075	2,6	5,2	71,2	28,8	
FONDO		14,4	28,8	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



MUESTRA G-19					No.14	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0,2	0,4	0,4	99,6	
35	0,5	1,4	2,8	3,2	96,8	
60	0,25	8,4	16,8	20	80	
120	0,125	16,2	32,4	52,4	47,6	
200	0,075	4,6	9,2	61,6	38,4	
FONDO		19,2	38,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



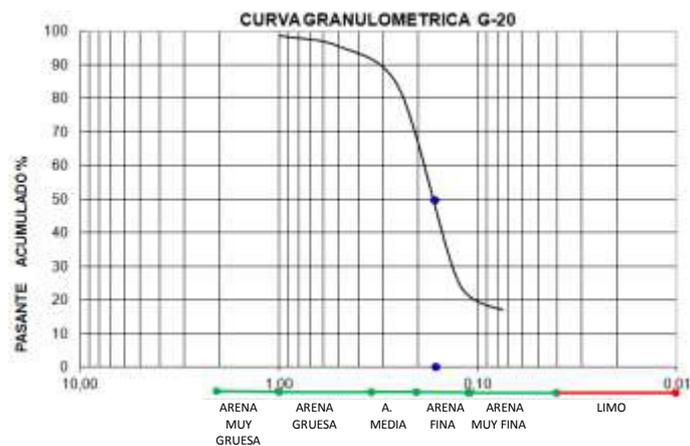
MUESTRA G-20

No.15

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0,2	0,4	0,4	99,6
35	0,5	1,4	2,8	3,2	96,8
60	0,25	8,4	16,8	20	80
120	0,125	16,2	32,4	52,4	47,6
200	0,075	4,6	9,2	61,6	38,4
FONDO		8,5	17	78,6	21,4
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.

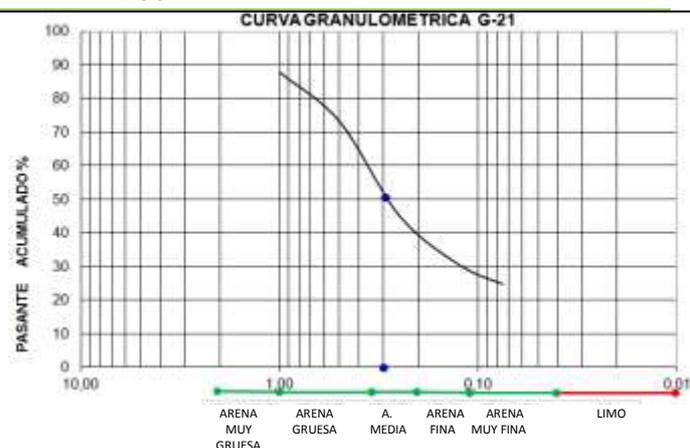
**MUESTRA G-21**

No.16

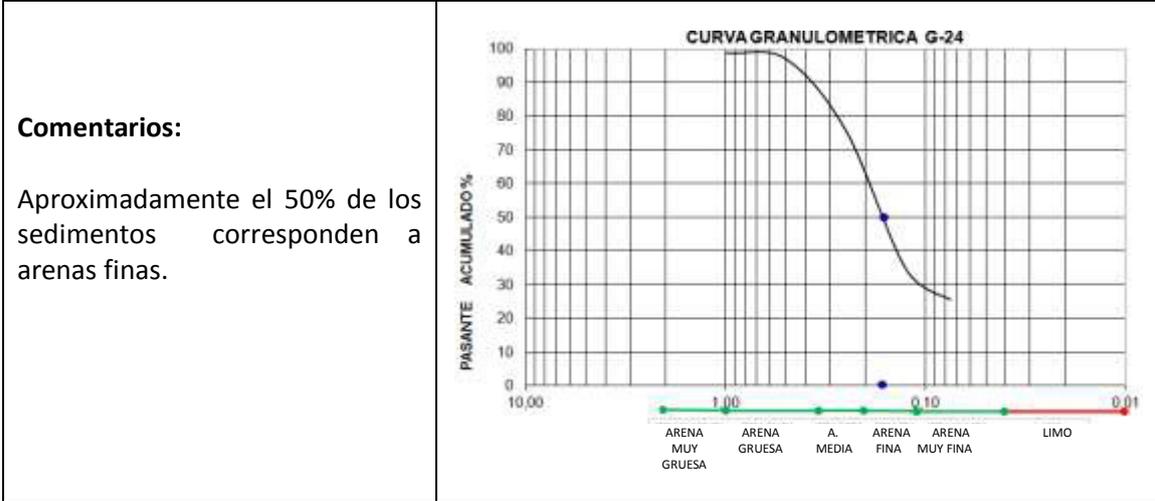
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	6,2	12,4	12,4	87,6
35	0,5	7,3	14,6	27	73
60	0,25	14	28	55	45
120	0,125	7,3	14,6	69,6	30,4
200	0,075	2,9	5,8	75,4	24,6
FONDO		12,3	24,6	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

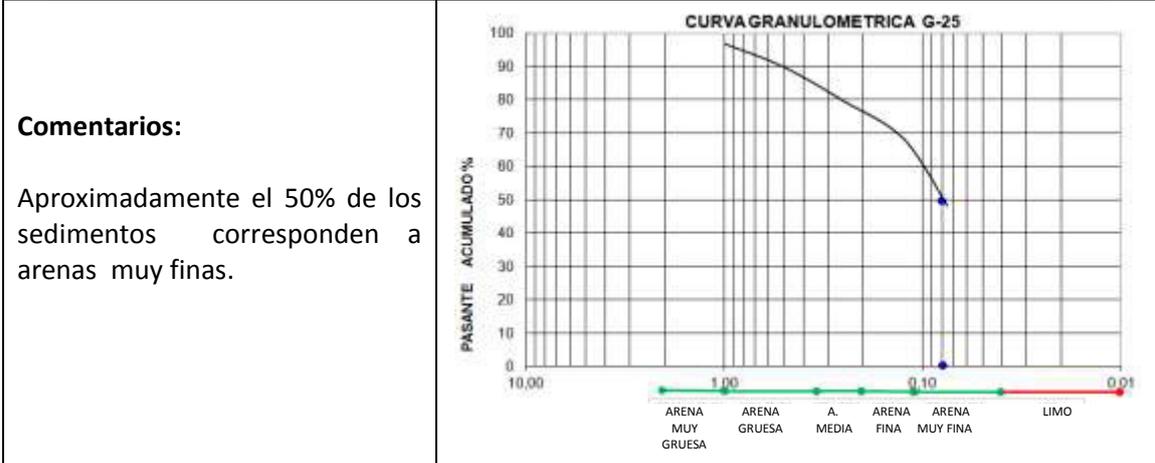
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas media.



MUESTRA G-24					No.17	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0,6	1,2	1,2	98,8	
35	0,5	0,9	1,8	3	97	
60	0,25	10,7	21,4	24,4	75,6	
120	0,125	20,6	41,2	65,6	34,4	
200	0,075	4,5	9	74,6	25,4	
FONDO		12,7	25,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



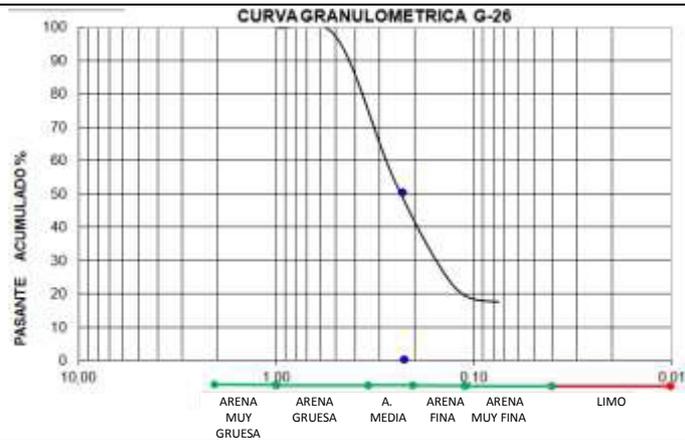
MUESTRA G-25					No.18	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	1,6	3,2	3,2	96,8	
35	0,5	3,5	7	10,2	89,8	
60	0,25	5,1	10,2	20,4	79,6	
120	0,125	5,6	11,2	31,6	68,4	
200	0,075	10,1	20,2	51,8	48,2	
FONDO		24,1	48,2	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



MUESTRA G-26					No.19	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0	0	0	100	
35	0,5	1,4	2,8	2,8	97,2	
60	0,25	21,9	43,8	46,6	53,4	
120	0,125	15,7	31,4	78	22	
200	0,075	2,2	4,4	82,4	17,6	
FONDO		8,8	17,6	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:

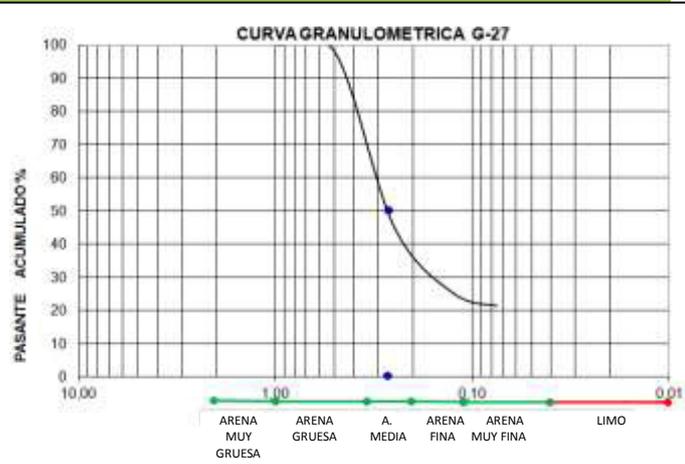
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas media.



MUESTRA G-27					No.20	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0	0	0	100	
35	0,5	1,1	2,2	2,2	97,8	
60	0,25	26,3	52,6	54,8	45,2	
120	0,125	10	20	74,8	25,2	
200	0,075	1,9	3,8	78,6	21,4	
FONDO		10,7	21,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



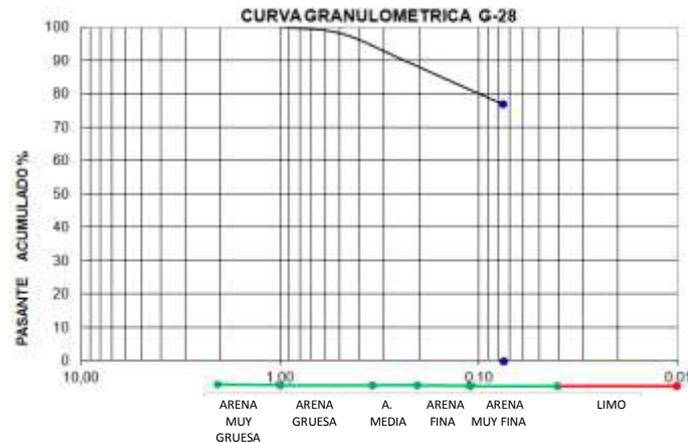
MUESTRA G-28

No.21

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	0,9	1,8	1,8	98,2
60	0,25	3,8	7,6	9,4	90,6
120	0,125	4	8	17,4	82,6
200	0,075	2,9	5,8	23,2	76,8
FONDO		38,4	76,8	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas muy finas.

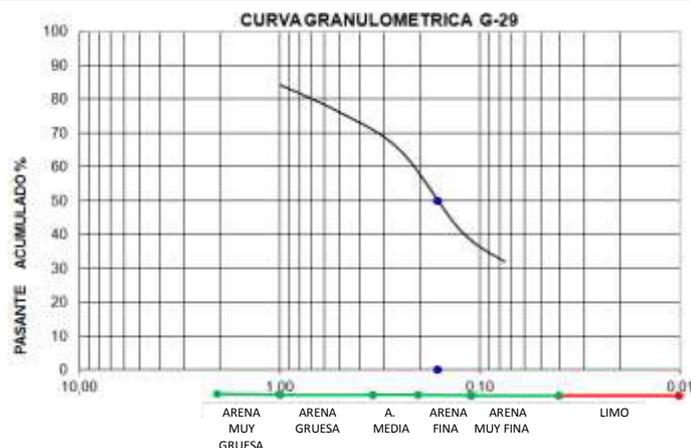
**MUESTRA G-29**

No.22

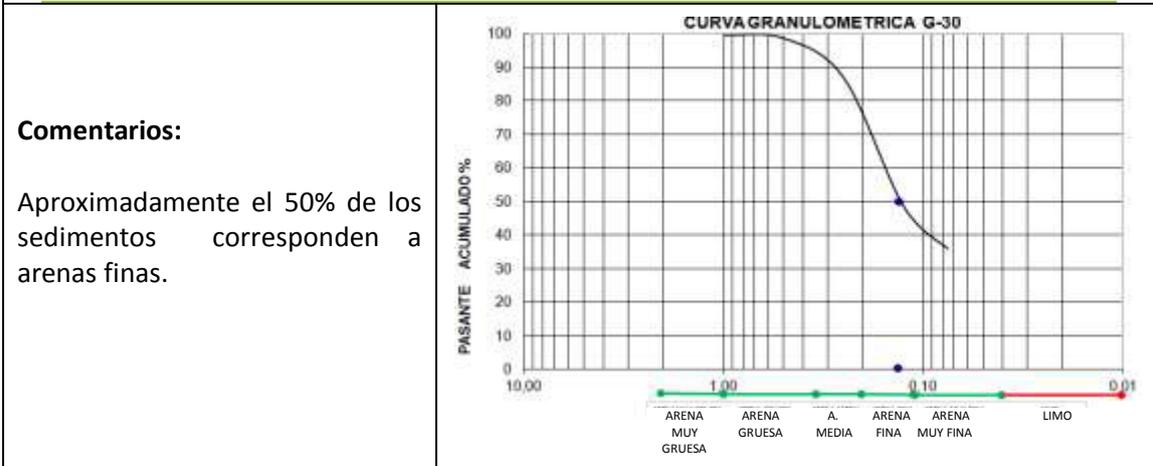
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	7,9	15,8	15,8	84,2
35	0,5	4,1	8,2	24	76
60	0,25	5,6	11,2	35,2	64,8
120	0,125	11,8	23,6	58,8	41,2
200	0,075	4,6	9,2	68	32
FONDO		16	32	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

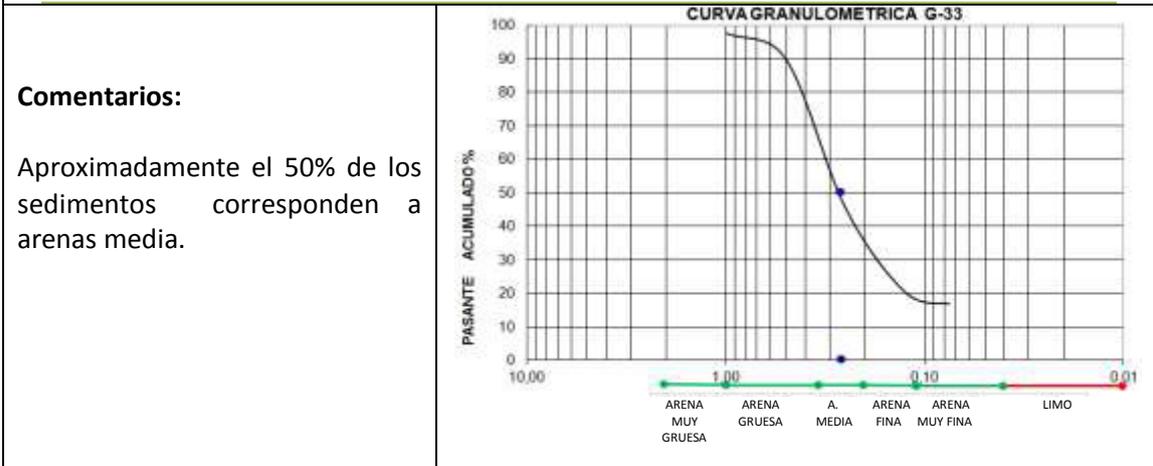
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



MUESTRA G-30					No.23	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0,1	0,2	0,2	99,8	
35	0,5	0,5	1	1,2	98,8	
60	0,25	5,9	11,8	13	87	
120	0,125	19,2	38,4	51,4	48,6	
200	0,075	6,3	12,6	64	36	
FONDO		18	36	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



MUESTRA G-33					No.24	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	1,2	2,4	2,4	97,6	
35	0,5	3,9	7,8	10,2	89,8	
60	0,25	22,3	44,6	54,8	45,2	
120	0,125	12,5	25	79,8	20,2	
200	0,075	1,7	3,4	83,2	16,8	
FONDO		8,4	16,8	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



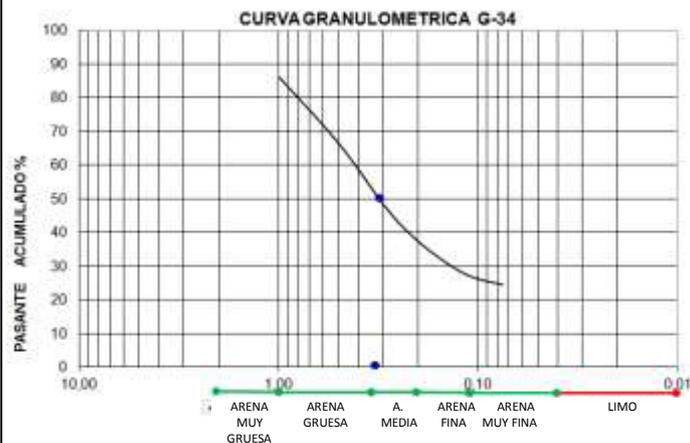
MUESTRA G-34

No.25

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	6,9	13,8	13,8	86,2
35	0,5	9,9	19,8	33,6	66,4
60	0,25	11,8	23,6	57,2	42,8
120	0,125	7,1	14,2	71,4	28,6
200	0,075	2,1	4,2	75,6	24,4
FONDO		12,2	24,4	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas medias.

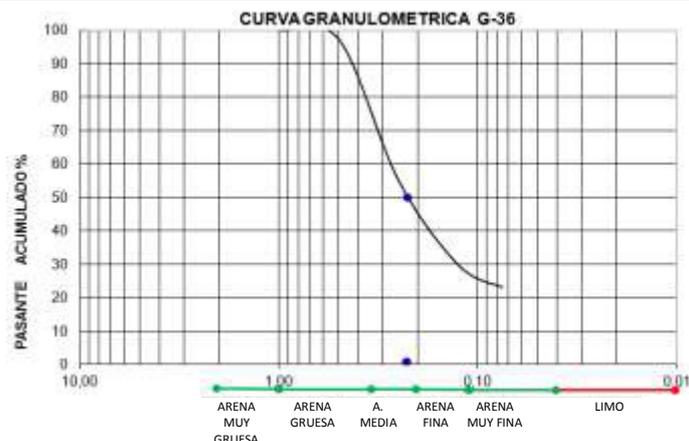
**MUESTRA G-36**

No.26

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	1,4	2,8	2,8	97,2
60	0,25	21,1	42,2	45	55
120	0,125	12,6	25,2	70,2	29,8
200	0,075	3,3	6,6	76,8	23,2
FONDO		11,6	23,2	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



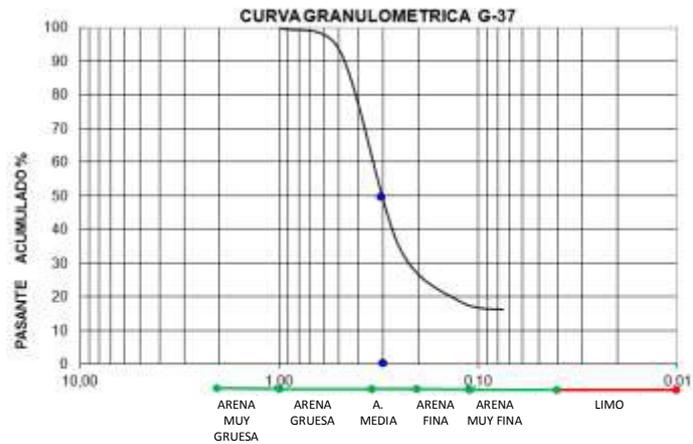
MUESTRA G-37

No.27

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	3,3	6,6	6,6	93,4
60	0,25	29,3	58,6	65,2	34,8
120	0,125	8	16	81,2	18,8
200	0,075	1,3	2,6	83,8	16,2
FONDO		8,1	16,2	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas media.

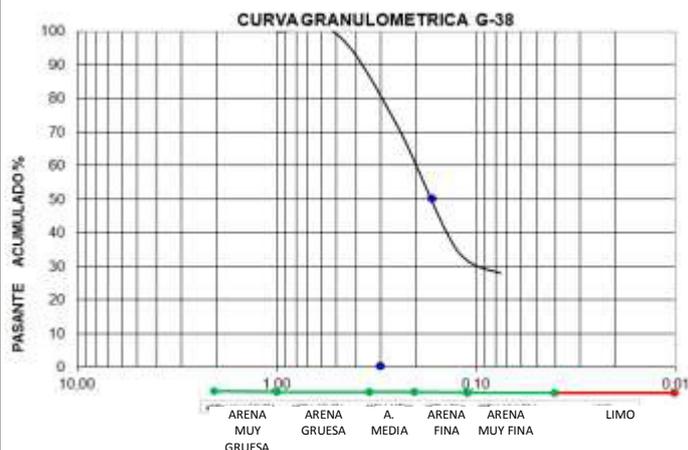
**MUESTRA G-38**

No.28

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	0,4	0,8	0,8	99,2
60	0,25	13,5	27	27,8	72,2
120	0,125	18,6	37,2	65	35
200	0,075	3,5	7	72	28
FONDO		14	28	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



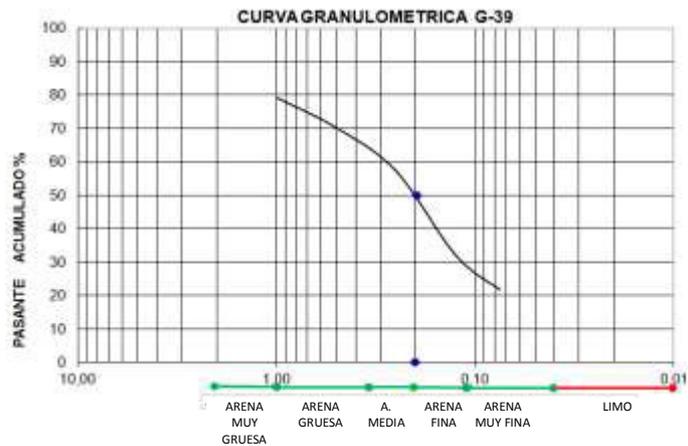
MUESTRA G-39

No.29

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	10,4	20,8	20,8	79,2
35	0,5	4,5	9	29,8	70,2
60	0,25	6,5	13	42,8	57,2
120	0,125	12,6	25,2	68	32
200	0,075	5,1	10,2	78,2	21,8
FONDO		10,9	21,8	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas media.

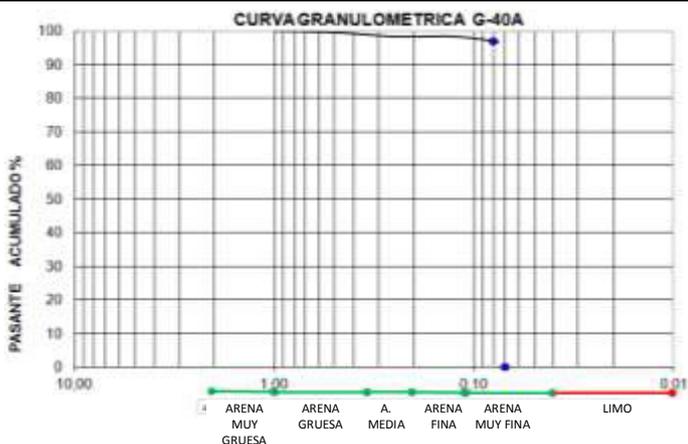
**MUESTRA G-40A**

No.30

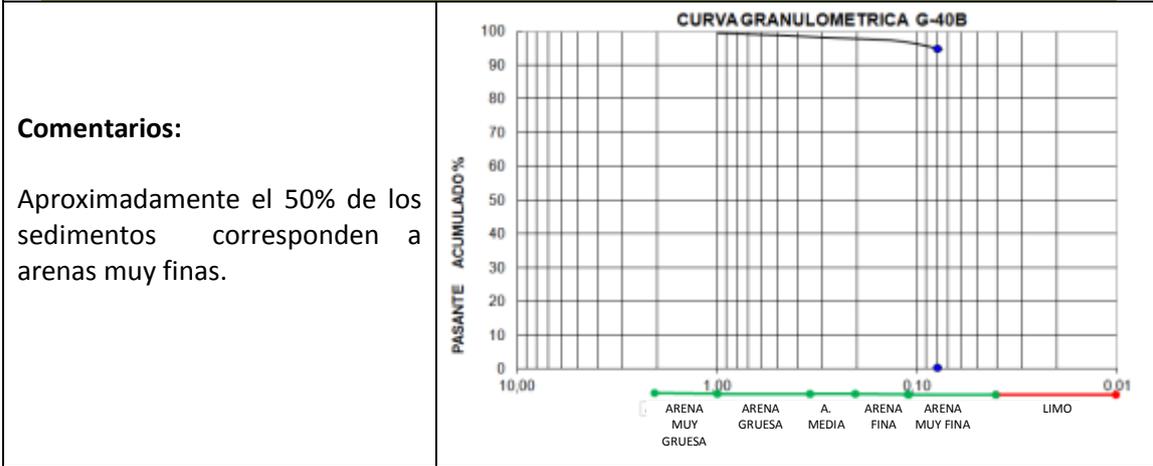
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	0,2	0,4	0,4	99,6
60	0,25	0,6	1,2	1,6	98,4
120	0,125	0	0	1,6	98,4
200	0,075	0,8	1,6	3,2	96,8
FONDO		48,4	96,8	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas muy finas.



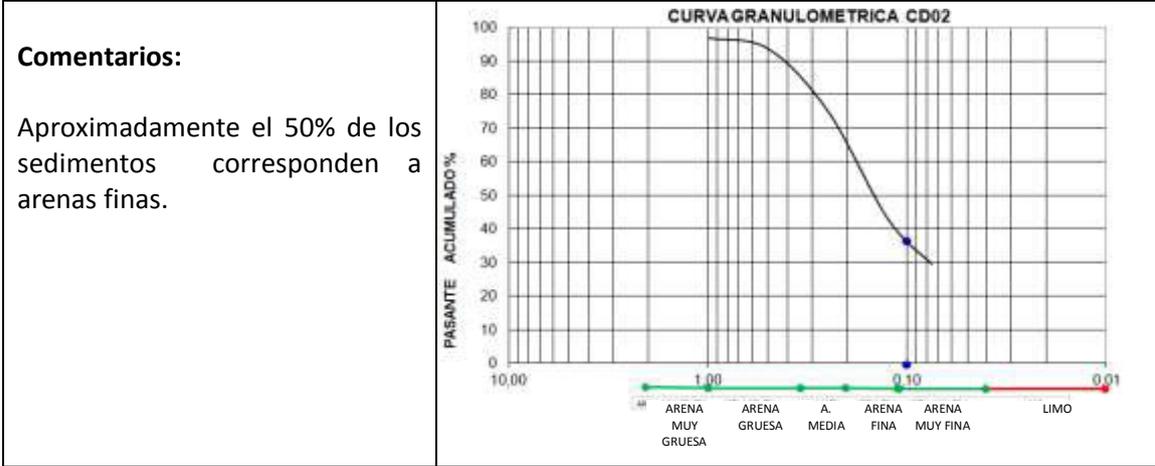
MUESTRA G-40B					No.31	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0,3	0,6	0,6	99,4	
35	0,5	0,3	0,6	1,2	98,8	
60	0,25	0,4	0,8	2	98	
120	0,125	0,4	0,8	2,8	97,2	
200	0,075	1,2	2,4	5,2	94,8	
FONDO		47,4	94,8	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



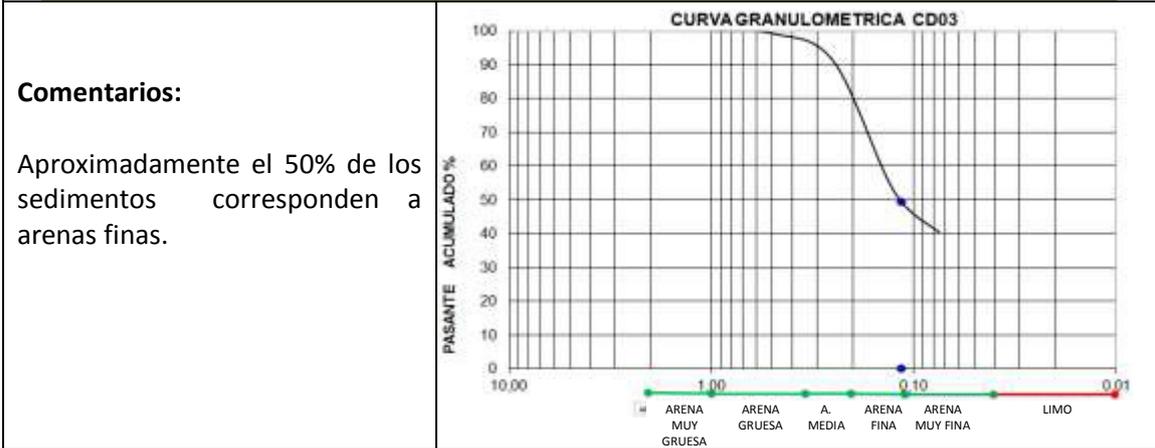
MUESTRA MB-43					No.32	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0	0	0	100	
35	0,5	0,02	0,04	0,04	99,96	
60	0,25	0,2	0,4	0,44	99,56	
120	0,125	0,5	1	1,44	98,56	
200	0,075	1,8	3,6	5,04	94,96	
FONDO		47,48	94,96	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



MUESTRA CD-02					No.33	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	1,6	3,2	3,2	96,8	
35	0,5	1,6	3,2	6,4	93,6	
60	0,25	9,3	18,6	25	75	
120	0,125	16	32	57	43	
200	0,075	6,7	13,4	70,4	29,6	
FONDO		14,8	29,6	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



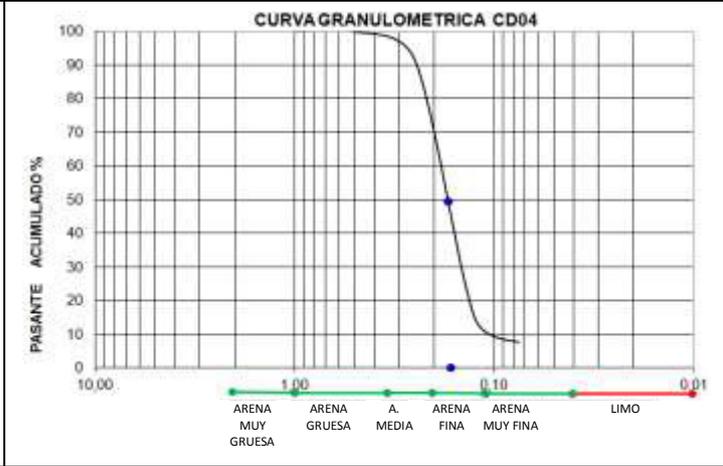
MUESTRA CD-03					No.34	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0	0	0	100	
35	0,5	0,4	0,8	0,8	99,2	
60	0,25	4,1	8,2	9	91	
120	0,125	19,3	38,6	47,6	52,4	
200	0,075	6	12	59,6	40,4	
FONDO		20,2	40,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			



MUESTRA CD-04					No.35	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0	0	0	100	
35	0,5	0,1	0,2	0,2	99,8	
60	0,25	4,2	8,4	8,6	91,4	
120	0,125	38,3	76,6	85,2	14,8	
200	0,075	3,6	7,2	92,4	7,6	
FONDO		3,8	7,6	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:

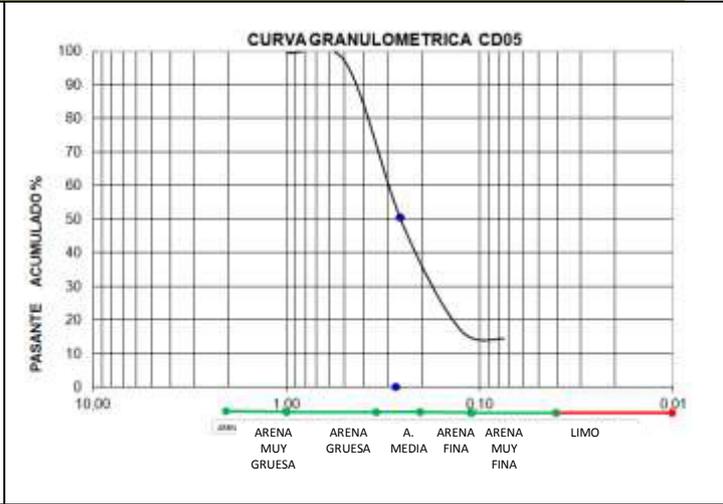
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



MUESTRA CD-05					No.36	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0,2	0,4	0,4	99,6	
35	0,5	1,3	2,6	3	97	
60	0,25	24,4	48,8	51,8	48,2	
120	0,125	15,7	31,4	83,2	16,8	
200	0,075	1,2	2,4	85,6	14,4	
FONDO		7,2	14,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:

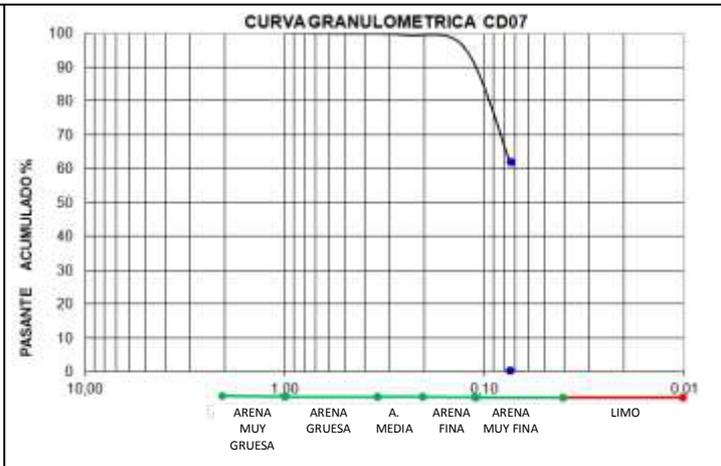
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas media .



MUESTRA CD-07					No.37	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0	0	0	100	
35	0,5	0,1	0,2	0,2	99,8	
60	0,25	0,2	0,4	0,6	99,4	
120	0,125	1,9	3,8	4,4	95,6	
200	0,075	16,6	33,2	37,6	62,4	
FONDO		31,2	62,4	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:

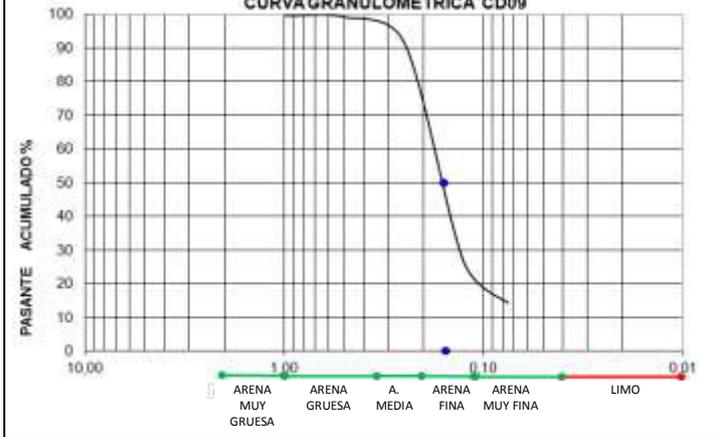
Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas muy finas.



MUESTRA CD-09					No.38	
No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
18	1	0,2	0,4	0,4	99,6	
35	0,5	0,2	0,4	0,8	99,2	
60	0,25	3,8	7,6	8,4	91,6	
120	0,125	32,7	65,4	73,8	26,2	
200	0,075	6	12	85,8	14,2	
FONDO		7,1	14,2	100	0	
P.MUESTRA		50	100			

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



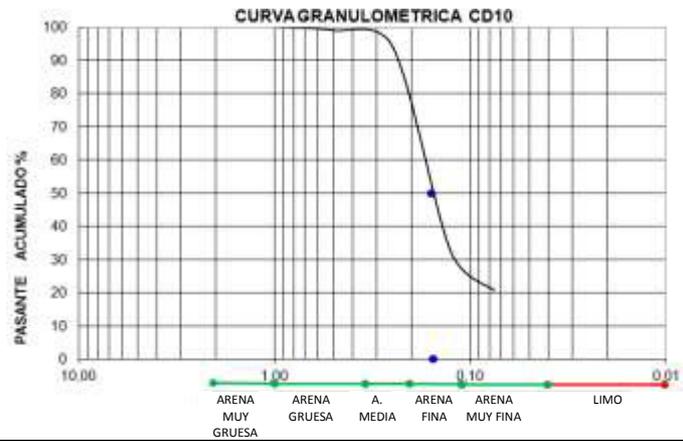
MUESTRA G-10

No.39

No. TAMIZ	MEDIDA (mm)	PESO (g)	% P. PESO	%P. PESO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
18	1	0	0	0	100
35	0,5	0,5	1	1	99
60	0,25	2,4	4,8	5,8	94,2
120	0,125	31	62	67,8	32,2
200	0,075	5,7	11,4	79,2	20,8
FONDO		10,4	20,8	100	0
P.MUESTRA		50	100		

Comentarios:

Aproximadamente el 50% de los sedimentos corresponden a arenas finas.



2. Redondez y Esfericidad de la Formación Borbón

TABLA A.2 Descripción de Redondez y Esfericidad de las muestras.					
CORTE GUARUMO			CORTE LA CADENA		
MTRA	REDONDEZ	ESFERICIDAD	MTRA	REDONDEZ	ESFERICIDAD
G-1	subredondeado-subangular	baja	CD-2	subredondeado-subangular	alta
G-2	subredondeado-subangular	baja	CD-3	subredondeado-subangular	alta
G-3	subredondeado-subangular	baja	CD-4	subredondeado	alta
G-4	subredondeado-subangular	baja	CD-5	subredondeado	alta
G-5	subredondeado-subangular	baja	CD-7	subredondeado	alta
G-6	subredondeado-subangular	baja	CD-9	subredondeado	alta
G-11	Redondeado	alta	CD-10	subredondeado	alta
G-12	Redondeado	alta	MB-43	redondeado	alta
G-13	subredondeado-subangular	alta	MB-44	subredondeado-subangular	baja
G-14	subredondeado	alta			
G-15	redondeado	alta			
G-16	subredondeado-subangular	alta			
G-17	subredondeado-subangular	baja			
G-18	subredondeado-subangular	baja			
G-19	subredondeado-subangular	baja			
G-20	subredondeado-subangular	alta			
G-21	subredondeado-subangular	alta			
G-24	subredondeado-subangular	alta			
G-25	subredondeado-subangular	alta			
G-26	subredondeado-subangular	alta			
G-27	subredondeado-subangular	alta			
G-28	subredondeado-	baja			

	subangular	
G-29	subredondeado-subangular	baja
G-30	subredondeado-subangular	alta
G-33	subredondeado-subangular	alta
G-34	subredondeado-subangular	alta
G-36	subredondeado-subangular	alta
G-37	subredondeado-subangular	alta
G-38	subredondeado-subangular	baja
G-39	subredondeado-subangular	baja
G-40A	redondeado	alta
G-40B	redondeado	alta

3. Método de concentración de la fracción de minerales pesados.

Método de la Batea

Los denominados minerales pesados son aquellos cuyo peso específico es aproximadamente mayor a 3. Se realizó una concentración de estos minerales utilizando el método básico de la batea. La aplicación de este método se realizó tomando 50gr de cada una de las muestras de los sectores Guarumo y La Cadena, se los coloca dentro de una batea de aproximadamente 15 cm de diámetro, luego se la sumerge con los sedimentos en una lavacañas donde aprovechando la fuerza centrípeta se realizan movimientos circulares, dividiéndose de esta manera en sedimentos livianos los cuales son expulsados por fuera de la batea y en sedimentos pesados que se distribuyen hacia el centro. La fracción de sedimentos dentro de la batea concentra los minerales más pesados de la muestra. En algunas muestras no se encontró minerales pesados.

Se seleccionó 12 muestras del sector Guarumo y 4 muestras del sector La Cadena por sus diferentes características texturales. La fracción de minerales pesados se representa en porcentaje en la tabla.

CORTE GUARAUMO	% P.C
G-04	1,88%
G-07	4,11%
G-12	0,94%
G-15	0,79%
G-18	3,64%
G-21	1,97%
G-24	0,36%
G-28	0,79%
G-33	0,52%
G-34	1,00%
G-36	0,90%
G-40A	0,26%
CORTE LA CADENA	% P.C
CD-3	1,17%
CD-4	1,54%
CD-5	1,75%
CD-7	0,37%

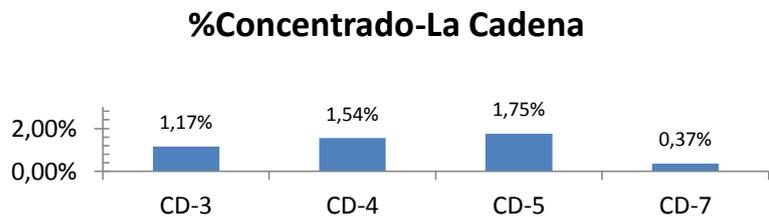
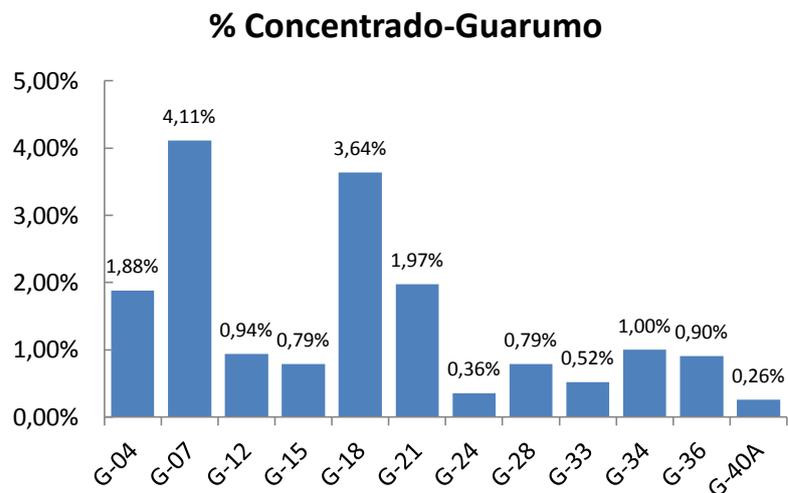


TABLA A.3. Concentración en porcentajes de los minerales pesados de los cortes Guarumo y La Cadena obtenidos a partir de 50 gr de muestra.

Los minerales encontrados en las muestras se identificaron utilizando el microscopio electrónico de barrido (MEB), como se observa en la **Tabla A.5**, el contenido de minerales en cada una de las muestras varía en composición, aunque en una vista global los dos cortes presentan mineralogía muy similar. (Tabla A.4)

CORTE GUARUMO

CORTE LA CADENA

MUESTRA	G 04	G 07	G 12	G 15	G 18	G 21	G 24	G 28	G 33	G 34	G 36	G 40A	MUESTR.	C D 3	CD 4	CD 5	CD 7
MINERAL													MINERAL				
ALMANDINO													ALMANDINO				
AUGITA													AUGITA				
EPIDOTA													CROMITA				
HEMATITA													EPIDOTA				
HEMATITA TITANIO													HEMATITA				
HORNBLENDA													HEMATITA TITANIO				
ILMENITA													HORNBLENDA				
OLIVINO													ILMENITA				
PIRITA													TITANITA				
PIRROTINA													ALTURA(m)	419	419	412	368
ALTURA(m)	430	424	405	404	311	384	384	341	300	298	281	200					

TABLA. A.4. Contenido mineralógico de los cortes Guarumo y La Cadena

4. Análisis Petrográficos

La elaboración de las láminas delgadas se llevó a efecto en el laboratorio de petrografía del CCIG (Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil).

El procedimiento que se describe a continuación es el utilizado convencionalmente para dicho análisis.

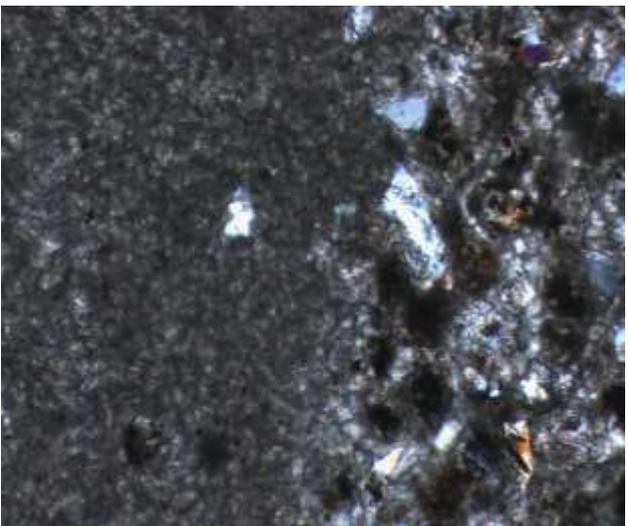
Procedimiento

- a. Cortar un fragmento delgado de la roca que presente dos superficies paralelas.
- b. Pulir una de las superficies paralelas con un polvo abrasivo humedecido en agua. El abrasivo debe ser de tamaño de grano decreciente a medida que se sigue el proceso de pulido; debe iniciarse con uno de un tamaño de grano de 200 μm y debe culminar con un de 40 μm .
- c. Pegar la superficie de la roca pulida a un portaobjetos de vidrio, utilizando bálsamo de Canadá o alguna resina sintética.
- d. Cortar y pulir la otra superficie, desgastando la lámina de roca hasta que sea casi transparente. Hasta obtener un espesor estándar de 0.03 mm. Cubrir la segunda superficie desgastada con un cubreobjetos de vidrio 0,1 mm de espesor, pegándola con la resina utilizada. La lamina esta lista para la observación.

Microfotografías

La descripción y análisis de las láminas se realizaron con el microscopio polarizante Leitz Metalloplan. Se utilizó lentes: P3.5/0.10; P10/0.25; PF25/0.50; PF40/0.65; EF P100/1.25 oil. Las fotos mostradas se

tomaron con el microscopio Zeiss ImagerA1; utilizando el lente Zeiss:
ECNEUFLUAR 10X/0.3 Ph1.

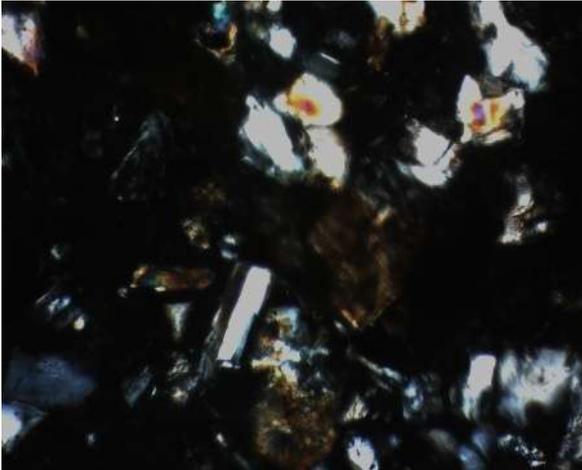
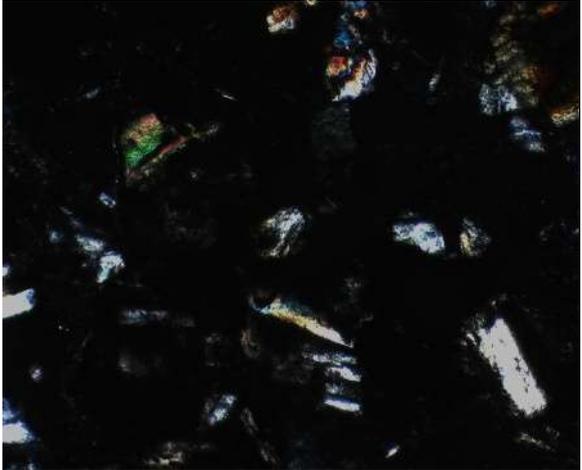
Tabla 3.2 Análisis de láminas petrográficas.				
MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	NICOLES	COORDENADAS
G-01(dique)	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588666 9877930
MICROFOTOGRAFÍAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p>200 μm 200 μm</p>				
<p>Fig1. Se observa el reemplazamiento y recrystalización de los grános minerales de cuarzo y feldspato (derecha), también abundantes plagioclasas dentro de una matriz vítrea en un fragmento de roca volcánica (izquierda).</p>		<p>Fig2. La recrystalización de granos es evidente, el cemento calcáreo recubre los granos minerales.</p>		
COMPOSICION MINERALOGICA (%)		TEXTURA		
<p>MATRIZ: 40% calcárea intergranular.</p> <p>CUARZO: 30% Alotriomorfo, incoloro extinción directa con franjas de alteración.</p> <p>FELDESPATOS: 15%, abundantes en fragmento de roca volcánica. Plagioclasa bitownita. OTROS: 11% moscovita y minerales accesorios, 4% clorita</p>		<p>MATRIZ: micrítica a esparita.</p> <p>CEMENTO: calcáreo.</p> <p>REDONDEZ-ESFERICIDAD: subredondeado-subangular, baja esfericidad.</p> <p>SELECCIÓN: moderadamente seleccionado.</p> <p>MADUREZ: submadura</p>		
		TAMAÑO DE GRANO		
		Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)
		0.6	0.3	0.4

COMENTARIOS

La lámina G-01 presenta un tamaño de grano aproximado (0.4 mm), con una matriz calcárea micrítica, su composición mineralógica heterogénea con fuerte reemplazamiento calcáreo y la presencia de fragmentos de rocas volcánica. En su mayoría la identificación de los cristales se dificulta por el reemplazamiento de algunos granos detríticos originales por calcita. Esto se produce por la formación de una matriz diagenética a partir de componentes inestables del sedimento.

NOMBRE DE LA ROCA: Mudstone con fragmentos volcánicos.

MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	NICOLES	COORDENADAS
G-03(dique)	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588663 9877920
MICROFOTOGRAFÍAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p>200 μm</p> <p>Fig1. Se observa cristales minerales de mayor tamaño en una matriz criptocristalina, con algunos poros. Cementación calcárea.</p>		 <p>200 μm</p> <p>Fig2. Cementación calcárea. Alta birrefringencia.</p>		
COMPOSICION MINERALOGICA (%)		TEXTURA		
MATRIZ: 40% intergranular. CUARZO: 30% Alotriomorfo e Hipidiomorfo incoloro extinción directa. FELDESPATOS: 15%, un poco alterados. Plagioclasa oligoclasa. OTROS: 11% moscovita y minerales accesorios, 4% clorita		MATRIZ: micrítico CEMENTO: calcáreo. REDONDEZ-ESFERICIDAD: subredondeado-subangular, baja esfericidad. SELECCIÓN: moderada selección. MADUREZ: submadura		
		TAMAÑO DE GRANO		
		Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)
		0.4	0.1	0.24
COMENTARIOS				
La lámina G-03 presenta fenocristales de cuarzo y feldespato dentro de una matriz micrítica. La cementación de la roca es abundante y calcárea. Se observa reemplazamiento y recristalización de los granos minerales tal como en la G-01				
NOMBRE DE LA ROCA: Mudstone.				

MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	NICOLES	COORDENADAS
G-06	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588660 9877892
MICROFOTOGRAFÍAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p style="text-align: center;"><u>200 µm</u></p> <p>Fig1. Se observa fenocristales de minerales tales como cuarzos y plagioclasas abundantes. También moscovita, biotita, clorita.</p>		 <p style="text-align: center;"><u>200 µm</u></p> <p>Fig2. Cementación casi nula. Alta birrefringencia de cristales minerales.</p>		
COMPOSICION MINERALOGICA (%)		TEXTURA		
MATRIZ: 35% criptocristalina CUARZO: 20% Hipidiomorfo incoloro extinción directa. FELDESPATOS: 55%, un poco alterados. Plagioclasa labradorita. OTROS: 5% moscovita, biotita clorita y sanidina.		MATRIZ: criptocristalina piroclástica. CEMENTO: 5% REDONDEZ-ESFERICIDAD: subredondeado a subangular, baja esfericidad. SELECCIÓN: bien seleccionado. MADUREZ: madura		
		TAMAÑO DE GRANO		
		Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)
		0.6	0.03	0.13

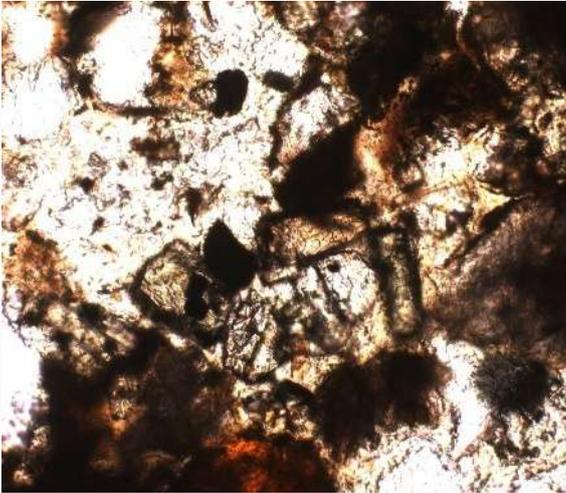
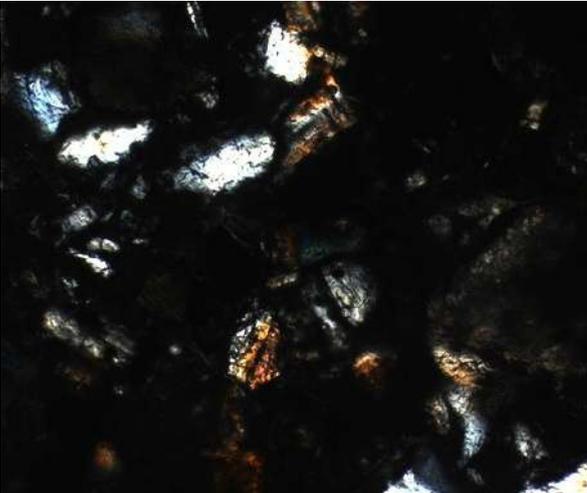
COMENTARIOS

Presenta fenocristales de cuarzo y feldespato dentro de una matriz criptocristalina. La cementación de la roca es inexistente. Los minerales accesorios tienen alta birrefringencia.

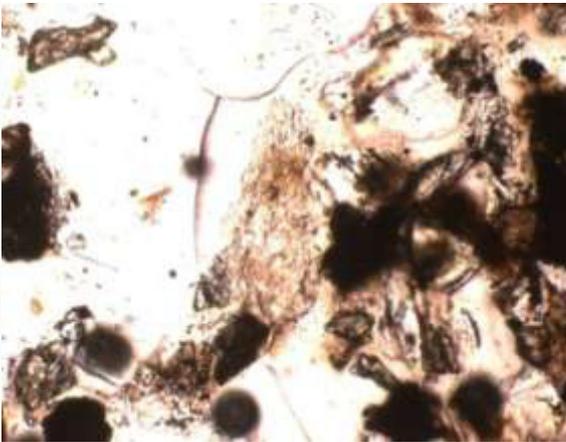
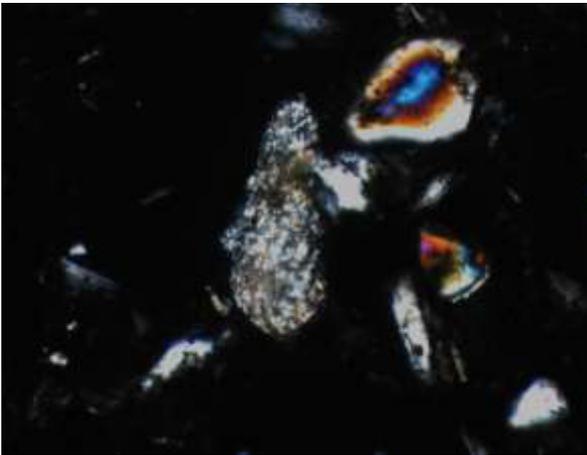
En general su composición mineralógica es heterogénea y su textura piroclástica.

Estas características nos describen a una toba, roca piroclástica producto de volcanismo explosivo constituido por elementos distintos orígenes, formas y tamaños.

NOMBRE DE LA ROCA: Toba lítica.

MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	COORDENADAS	
G-07	Fm. Borbón	Guarumo	17 M 588660 9877892	
MICROFOTOGRAFÍAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p> <p>Fig1.N//. Se observan cristales incoloros (feldespatos y cuarzo) en una matriz posiblemente arcillosa. También algunos minerales opacos en el centro.</p>		 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p> <p>Fig2.Nx. Cementación casi nula. Alta birrefringencia de cristales. Cuarzos recristalizados</p>		
COMPOSICION MINERALOGICA (%)		TEXTURA		
<p>MATRIZ: 35% criptocristalina</p> <p>CUARZO: 20% Hipidiomorfo incoloro extinción directa.</p> <p>FELDESPATOS: 55%, un poco alterados. Plagioclasa oligoclasa.</p> <p>OTROS: 5% moscovita, biotita, epidota y clorita.</p>		<p>MATRIZ: criptocristalina piroclástica.</p> <p>CEMENTO: 15% calcáreo</p> <p>REDONDEZ-ESFERICIDAD: subangular a subredondeado, baja esfericidad.</p> <p>SELECCIÓN: buena clasificación</p> <p>MADUREZ: madura</p>		
		TAMAÑO DE GRANO		
		Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)

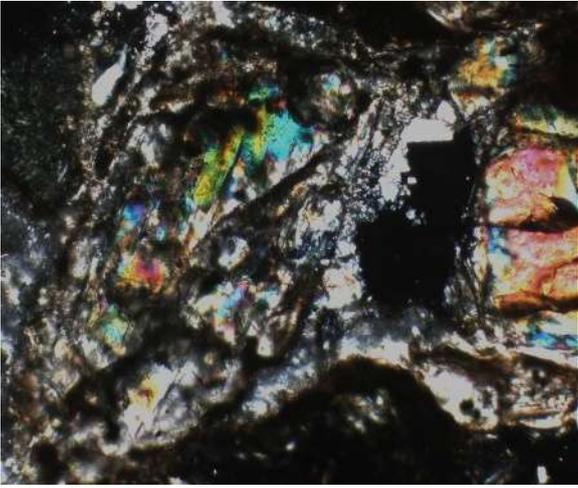
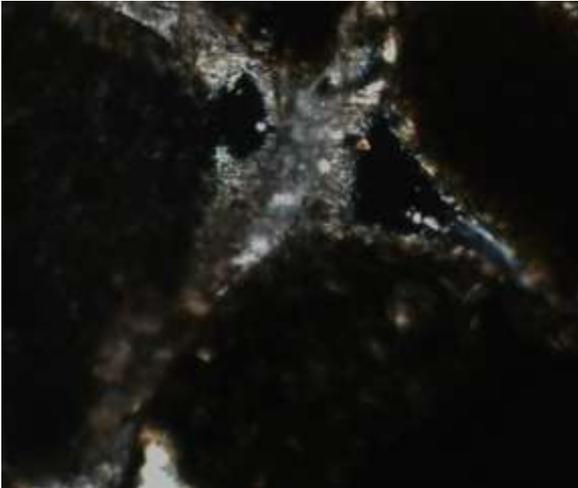
	0.3	0.05	0.16
COMENTARIOS			
<p>Presenta fenocristales de cuarzo y feldespato dentro de una matriz criptocristalina. La cementación de la roca es menor al 1% posiblemente arcillosa. Se distinguen minerales accesorios como biotita alterada a clorita, Feldespatos plagioclasas predominante es la oligoclasa, otros minerales como moscovita, pistacita, epidota también están presentes en porcentajes menores.</p> <p>En general su composición mineralógica es heterogénea y su textura piroclástica.</p>			
NOMBRE DE LA ROCA: Toba lítica.			

MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	COORDENADAS	
G-08	Fm. Borbón	Guarumo	17 M 588664 9877877	
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p> <p>Fig1.N//. Se observan cristales de minerales incoloros (feldespatos y cuarzo) y algunos minerales opacos. Matriz inexistente</p>		 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p> <p>Fig2.Nx. Cementación nula. Alta birrefringencia de cristales. Cuarzos recristalizados</p>		
COMPOSICION MINERALOGICA (%)		TEXTURA		
<p>MATRIZ: 35% criptocristalina</p> <p>CUARZO: 20% Hipidiomorfo incoloro extinción directa.</p> <p>FELDESPATOS: 55%, un poco alterados. Plagioclasa Andesina.</p> <p>OTROS: 5% moscovita, biotita, epidota y clorita.</p>		<p>MATRIZ: criptocristalina piroclástica.</p> <p>CLASIFICACION: moderada clasificación.</p> <p>CEMENTO: 3% calcáreo</p> <p>REDONDEZ-ESFERICIDAD: subredondeado-subangular, baja esfericidad.</p> <p>SELECCIÓN: buena selección.</p> <p>MADUREZ: madura</p>		
		TAMAÑO DE GRANO		
		Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)
		0.3	0.05	0.13

COMENTARIOS

Presenta fenocristales de cuarzo y feldespato dentro de una matriz criptocristalina. Fuertemente recristalizados. La cementación de la roca es menor al 1% posiblemente arcillosa. Se distinguen minerales opacos y minerales accesorios como biotita alterada a clorita, Feldespatos plagioclasas predominante es la andesina, otros minerales como moscovita, pistacita, epidota también están presentes en porcentajes menores.

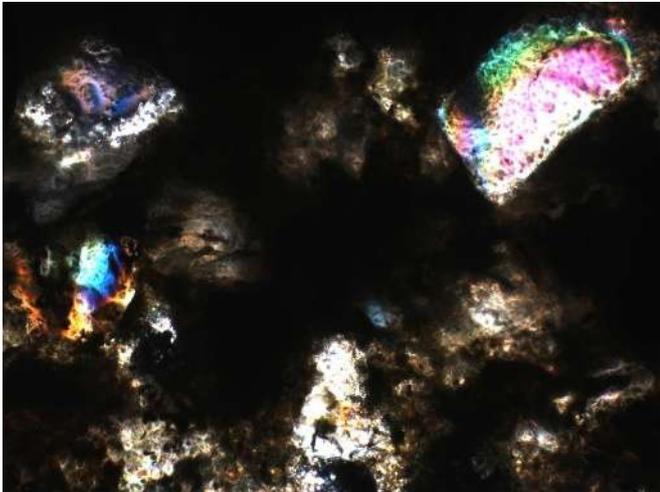
NOMBRE DE LA ROCA: Toba lítica.

MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	NICOLES	COORDENADAS
G-16	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588533 9877807
MICROFOTOGRAFÍAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p><u>200 um</u></p> <p>Se observa fenocristales de minerales tales como cuarzos y plagioclasas abundantes. También moscovita, biotita. La mayoría de los cristales son uniforme en tamaño.</p>		 <p><u>200 um</u></p> <p>Los gránulos tiene un mayor tamaño son más notables. Cementación calcárea. Alta birrefringencia de cristales. Se aprecian algunos fragmentos de rocas.</p>		
COMPOSICION MINERALOGICA (%)		TEXTURA		
<p>MATRIZ: 13% criptocristalina</p> <p>CUARZO: 50% Hipidiomorfo incoloro extinción directa.</p> <p>FELDESPATOS: 27%, un poco alterados. Plagioclasa labradorita</p> <p>OTROS: 10% moscovita, biotita clorita, pistacita.</p>		<p>MATRIZ: criptocristalina.</p> <p>CEMENTO: calcáreo.</p> <p>REDONDEZ-ESFERICIDAD: subredondeado-subangular, alta esfericidad.</p> <p>SELECCION: buena clasificación</p> <p>MADUREZ: madura</p>		
		TAMAÑO DE GRANO		
		Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)
		1	0.1	0.4

COMENTARIOS

Los fenocristales cuarzo y feldespato presentan un tamaño uniforme mayor que los descritos en anteriores láminas, además son redondeados y subangulosos dentro de una matriz criptocristalina. Otros minerales presentes tienen alta birrefringencia. La cementación es calcárea. Presentan fragmentos de rocas volcánicas.

NOMBRE DE LA ROCA: Arenisca calcárea.

MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	NICOLES	COORDENADAS
G-17	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588482 9877806
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
				
COMPOSICION MINERALOGICA (%)		TEXTURA		
MATRIZ: 5% granosoportada CUARZO: 40% Hipidiomorfo incoloro extinción directa. FELDESPATOS: 25%, un poco alterados. Plagioclasa labradorita OTROS: 20% moscovita, biotita clorita, pistacita.		MATRIZ: no matriz CEMENTO: calcárea REDONDEZ-ESFERICIDAD: subredondeado – subanguloso, alta esfericidad. CLASIFICACION: buena clasificación MADUREZ: madura		
		TAMAÑO DE GRANO		
		Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)
		1	0.1	0.3
COMENTARIOS				
Los fenocristales cuarzo y feldespato presentan un tamaño uniforme mayor que los descritos en anteriores láminas, además son redondeados y subangulosos dentro de una matriz calcárea menora al 5%. Otros minerales presentes tienen alta birrefringencia. La cementación es calcítica.				
NOMBRE DE LA ROCA: Litarenitacalcárea.				

MUESTRA	FORMACIÓN	CORTE	NICOLES	COORDENADA S
G-18	Fm. Borbón	Guarumo	Nx	17 M 588455 9877800
MICROFOTOGRAFIAS		LENTE: 10X/0.3 Ph1		
FIGURA1		FIGURA2		
 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p>		 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p>		
FIGURA 3		FIGURA4		
 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p>		 <p style="text-align: center;"><u>200 um</u></p>		
<p>Fig1. Se observa fenocristales de minerales tales como cuarzos y plagioclasas abundantes. También moscovita.</p> <p>Fig 3. Se observa feldespatos incoloros, algunos con maclas de Carlsbad-albita.</p>		<p>Fig2.Fig4. Alta birrefringencia de cristales. Cuarzos con extinción directa. Matriz granosoportada. Cementación calcárea.</p>		

COMPOSICION MINERALOGICA (%)	TEXTURA		
<p>MATRIZ: 15% criptocristalina</p> <p>CUARZO: 20% Hipidiomorfo incoloro extinción directa.</p> <p>FELDESPATOS: 55%, un poco alterados. Plagioclasa labradorita.</p> <p>OTROS: 10% moscovita, biotita.</p>	<p>MATRIZ: micrítico</p> <p>CEMENTO: 0%</p> <p>REDONDEZ-ESFERICIDAD: subredondeado a subangular, baja esfericidad.</p> <p>SELECCIÓN: buena selección.</p> <p>MADUREZ: madura</p>		
	TAMAÑO DE GRANO		
	Max(mm)	Min (mm)	Media (mm)
	0.5	0.1	0.3
COMENTARIOS			
<p>Se observan plagioclasas y cuarzos alterados, levemente recristalizados. Cristales de moscovita y biotita de mayor tamaño. Matriz calcárea</p>			
<p>NOMBRE DE LA ROCA: Litarenita calcárea.</p>			

ANEXO 2

ANÁLISIS MICROPALÉONTOLÓGICOS

a. Preparación de muestras para Bioestratigrafía.

Esta etapa requiere de mucho cuidado ya que es posible que se produzcan contaminaciones por la mala manipulación de instrumentos, además de errores por mala identificación de muestras.

A continuación se describirán las técnicas utilizadas en el CIGG.

1. Técnica de extracción mecánica.

1.1. Para preparar un frottis (slide manchado) para la observación e identificación de nanofósiles calcáreos (cocolitos), se escoge un trozo de pequeño de la muestra de tamaño de la mitad de una arveja y se introduce en un frasco de agua destilada hasta cubrirla ; luego con un agitador de vidrio se presiona la muestra contra las paredes del frasco, tratando de disgregarla. Finalmente se la agita y se la deja quieta por unos 10s con el objetivo de extraer unas cuantas gotas de esta, teniendo la precaución de tomarlas de la sección debajo de la superficie de la solución y no del fondo ya que allí deben estar asentadas las partículas grandes.

1.2. Una vez colocada esta solución en el portaobjetos de vidrio, se le agregan unas gotas de glicerina para evitar la evaporación y se coloca el cubreobjeto de vidrio, con lo cual esta lista la lámina. Para realizar las preparaciones permanentes, a la solución de la muestra

se le agrega un dispersante (cellocize) y después de agitarla se coloca sobre un cubreobjeto unas cuantas gotas de la solución. Este cubreobjeto debe secarse en un plato refractario, evaporando todo el líquido hasta que quede solo una película. Después se colocan sobre el portaobjetos de vidrio dos gotas de un pegamento especial (permout) y encima se coloca el cubreobjetos con la muestra. Todo esto se calienta en una estufa hasta que el pegamento se endurezca. En este punto la lámina esta lista para ser observada al microscopio óptico.

2. El lavado

2.1. Es la técnica más frecuente utilizada para extraer de las rocas deleznales, microfósiles de tamaños superiores a 100 micrómetros. La roca es sumergida en agua pura (cuando hay una gran cantidad de arcilla se lo hará en una solución del 10 al 15% de H_2O_2 de 110 volúmenes, neutralizada por algunas gotas de amoniaco. Al agua pura puede añadirse un poco de carbonato de sodio (detergente) o hervirla durante unos minutos para ayudar a los caparazones de los microfósiles en su proceso limpiador.

2.2 El sedimento disgregado en esta solución es pasado por una serie de tamices dispuestos en una columna. El tamaño de los

granos disminuye progresivamente de arriba hacia abajo, esta operación se realiza lentamente bajo un chorro de agua que atraviesa la columna de tamices. Cuando el líquido sale de la columna está limpio y libre de sedimentos, el lavado está finalizado. Los residuos son recolectados de cada tamiz y secados en bandeja de aluminio refractario. Los tamices son limpiados con un cepillo a fin de suprimir los residuos que queden en las mallas, porque podrían contaminar las muestras que se preparen posteriormente. Luego los tamices son sumergidos en una solución de azul de metileno al 5%, los microfósiles que queden en las mallas son así pintados y reconocidos en lavados posteriores.

3.1 Los microfósiles cuyos tamaños son de decimas de milímetro (foraminíferos, radiolarios, ostrácodos, micromoluscos, etc.), quedaran retenidos en tamices de mallas 200 a 240 (malla por pulg²). Para los esqueletos de radiolarios es aconsejable utilizar el tamiz de malla 350.

3.2 Los residuos secos deben ser colocados en un cubeta de extracción (de preferencia metálica) de fondo oscuro y cuadrulado, para la búsqueda de microfósiles bajo un estereomicroscopio. Los microfósiles localizados son levantados con un pincel fino (001 pelo de camello) al que previamente se ha humedecido, o también con la punta de una aguja enmangada, la que de vez en cuando se

introduce en plastilina. Los microfósiles son colocados en portamicrofósiles de cartón de fondo negro y liso, pegados con goma de tragacanto y ordenados de acuerdo a su taxonomía.

3. Preparación Palinológica

3.1 Se toman 25 a 50 gr. De muestra limpia, reduciéndola al tamaño de 3mm aproximadamente. Se ataca con ácido clorhídrico al 20% aproximadamente durante 2 horas, con la finalidad de disolver los carbonatos. Se lava y se centrifuga varias veces la muestra con agua destilada hasta que el residuo quede libre de ácidos.

3.2 Se traspasa el residuo a un vaso de polipropileno y se lo ataca con ácido fluorhídrico al 70% por 12 horas o más, con el fin de disolver silicatos. Debe tenerse cuidado con la reacción que ciertos casos es fuerte y que se la puede controlar con alcohol o agua.

3.3 Se lava y centrifuga varias veces con agua destilada, con la finalidad de eliminar ácidos, El centrifugado se lo realiza a una velocidad de 1500rpm durante 5 minutos.

3.4 Se realiza la flotación para la separación de la materia orgánica con una solución de bromuro de zinc o cloruro de zinc, cuyo peso

específico no sea mayor a 2. Esta mezcla se vierte en una manguera de tígón que se inserta en “v” en un tubo de ensayo de 100 ml. Se centrifuga a 1500 rpm durante 20 minutos y luego se extrae la parte que se encuentra en suspensión.

3.5 Se lava la muestra que flotó con agua centrifugada a 1500 rpm. Si es necesario a la muestra se la oxida con una solución Schultz (ácido nítrico y clorato de potasio a saturación). El tiempo que el residuo está bajo la influencia de esta solución varía entre 2 a 5 min, pudiendo detenerse la reacción agregando agua.

3.6 Se lava la muestra centrifugada a 1500 rpm. Se trata la muestra durante 4 o 5 minutos con una solución de hidróxido de potasio para eliminar los ácidos húmicos. Se lava centrifugado a 1500 rpm.

3.7 Se agrega a la muestra ácido clorhídrico al 10% completando con agua el tubo de ensayo, luego se centrifuga a 1500 rpm. Durante 5 minutos.

3.8 Se realiza el montaje de la muestra poniendo 1 o 2 gotas en un cubreobjetos y agregado una gota de dispersante (cellosize). Se seca a temperatura no elevada y se fija a un portaobjetos con permount, quedando lista la muestra para ser observada al microscopio.

b. Observación de microfósiles.

Utilización del estereomicroscopio

Un estereomicroscopio o lupa binocular es el aparato óptico más frecuentemente utilizado por los micropaleontólogos para la búsqueda de microfósiles en los residuos de las muestras preparadas así como para las observaciones e identificaciones de datos. En el CIGG para la identificación de foraminíferos, radiolarios ostrácodos oogonios de carofitas, micromoluscos, etc. se utiliza un microscopio estereoscópico WILD M10 el que posee un sistema óptico excelente, adelantos ergonómicos e iluminación episcópica, con aumentos de hasta X100.

Permite realizar observaciones con aumentos de hasta X2500. La luz puede ser transmitida o reflejada. Es utilizado por las observaciones de nanofósiles calcáreos, radiolarios y diatomeas así como de las preparaciones palinológica. Permite el estudio de las estructuras de los caparazones de los microfósiles, así como pormenores de la diagénesis. El estudio de los nanofósiles calcáreos en el CIGG, se lo realiza en un microscopio polarizante Zeiss Imager A1, usando luz transmitida. Las identificaciones rutinarias se hacen generalmente usando magnificaciones de 400 a 1000 veces. Para observaciones al máximo detalle y estudios de nuevas formas, se emplean hasta 2500 aumentos. Se utilizan otros accesorios para el microscopio, tales como un equipo de contraste de fases y luz polarizada, empleándose esta última para

producir patrones de birrefringencia, que hace que los cocolitos sean brillantes al ojo del observador.

Microscopio electrónico

Permite observaciones con el mayor aumento conocido de 30000 a 100000 veces. Es muy útil para los estudios de estructuras submicroscópicas de los caparazones, caracteres morfológicos de los microscopio óptico, pero la luz es sustituida por un haz de electrones. Las lentes ópticas son reemplazadas por las lentes magnéticas que orientan un haz de electrones. El microscopio con que cuenta el CIGG es un microscopio electrónico de barrido (MEB), marca Philips 515 SEM (con EDS) que permite la observación y fotografía tridimensional de los microfósiles.

c. Identificación de los microfósiles.

En el momento de la identificación de los microfósiles, son utilizadas algunas técnicas de trabajo. Un reconocimiento de cada grupo, género o especie, necesita el conocimiento básico de micropaleontología sistemática y utilización de bibliografía.

El microfósil investigado será atribuido a un género o a una especie.

Como regla general, cada especie tiene una denominación latina.

d. Detalles de los análisis micropaleontológicos.

Las muestras analizadas para los distintos análisis bioestratigráficos se enlistan a continuación:

1. **NANOFOSILES CALCAREOS:** No son diagnóstico porque no se encontraron estos organismos en las láminas.

2. **FORAMINIFEROS**

NOMBRE MUESTRAS	
1	G-01
2	G-02
3	G-03
4	G-04
5	G-05
6	G-12
7	G-13
8	G-14
9	G-15
1	
0	G-16
1	
1	G-19
1	G-
2	21CONCR
1	
3	G-21ROCA
1	
4	G-25
1	
5	G-28
1	
6	G-33
1	
7	G-34

 Se encontraron organismos.
 No se encontraron organismos.

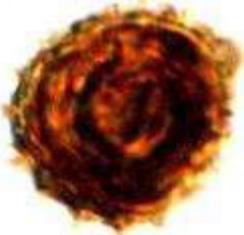
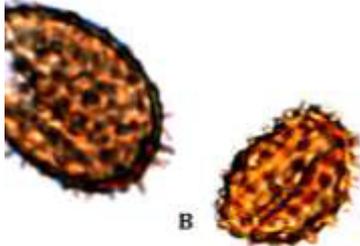
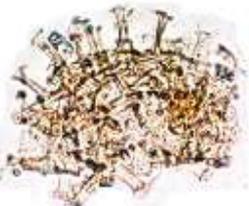
3. **PALINOMORFOS**

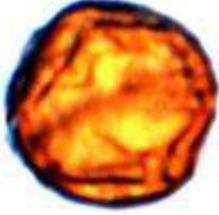
NOMBRE MUESTRAS	
1	G-01
2	G-02
3	G-03
4	G-04
5	G-05
6	G-12
7	G-13
8	G-14
9	G-15
10	G-16
11	G-19
12	G-21CONCR
13	G-21ROCA
14	G-25

 Se encontraron organismos.
 No se encontraron organismos.

A continuación se detallan las características de los microorganismos encontrados en cada muestra: palinomorfos (tabla B1) y foraminíferos (tabla B2 Y B3).

TABLA B1. PALINOMORFOS DE LA FORMACIÓN BORBÓN: SECTOR GUARUMO

MUESTRA G-01		ALTURA 436	
			
Psilaperiporites minimus.	Retitricolporites aff. guianensis.	Hifas de hongos.	
MUESTRA G-02		ALTURA 436	
			
Echitricolporites spinosus.	A.B. Echitricolporites sp.	Gleicheniidites sp.	
DINOFLAGELADOS			
			
Spiniferites pseudofurcatus.	Spiniferites hyperacanthus.	Polisphaeridium sp.	

<p>MUESTRA G-03 Alt:430</p>	<p>MUESTRA G-04 Alt:430</p>	<p>MUESTRA G-05 Alt:430</p>	
			
<p>Hifas de hongos</p>	<p>Psilatricolporites sp.</p>	<p>Hifas de hongos</p>	
<p>MUESTRA G-12</p>		<p>ALTURA 405</p>	
			
<p>Echitricolporites sp.</p>	<p>Echitricolporites spinosus</p>	<p>Gleicheniidites sp.</p>	<p>Hifas de hongos</p>
<p>MUESTRA G-15 Alt:404</p>	<p>MUESTRA G-16 Alt:395</p>		
			
<p>Hifas de hongos</p>	<p>Monoporites sp.</p>	<p>Hifas de hongos</p>	

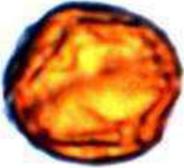
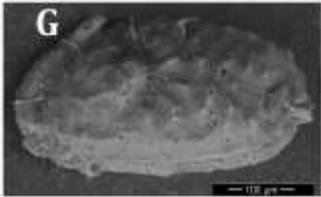
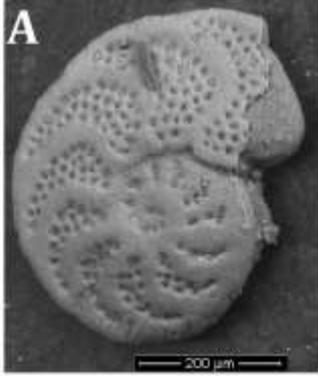
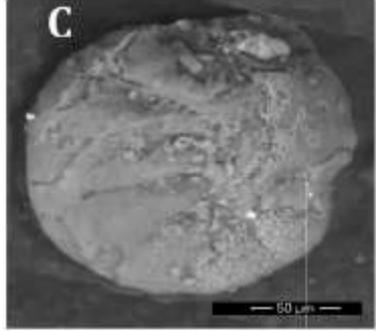
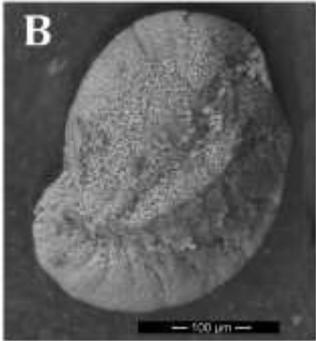
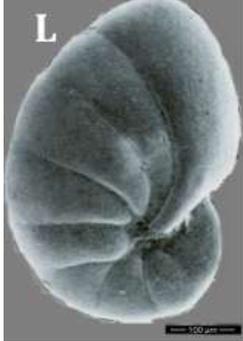
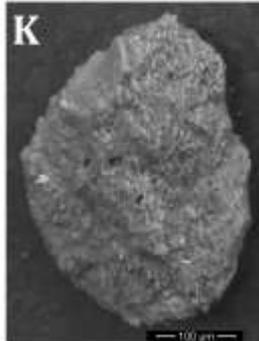
MUESTRA G-19		ALTURA 395	
			
Gleicheniidites sp.	Verrucatusporites sp.	Tricolporites sp.	Hifas de hongos
MUESTRA G-21 CONCRECION		ALTURA 395	
			
Echitricolporites sp	Gleicheniidites sp.	Psilaperiporites minimus	Verrucatusporites sp.
MUESTRA G-21 SEDIMENTO		ALTURA 395	
			
Nijssenosporites fossulatus.		Verrucatusporites usmensis.	
MUESTRA G-25 Alt:353		MUESTRA G-34 Alt:298	
			
Psilatricolporites sp	Retitricolporites sp.	Hifas de hongos	Hifas de hongos

TABLA B2. FORAMINIFEROS DE LA FORMACION BORBÓN: SECTOR GUARUMO			
MUESTRA	ALTURA	MUESTRA	ALTURA
G-02	436	G-04	436
			
Porakrithe cf. soustonensis.	Cibicidoides wuellerstorfi.	Ceratobulimina alazanensis.	
MUESTRA	ALTURA	MUESTRA	ALTURA
G-12	436	G-13	436
			
Pseudononion obductus.	Nonion Grautelouppi.	Mellonis aff. affinis.	

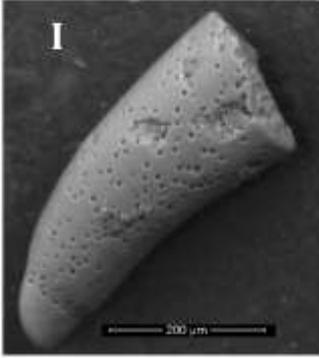
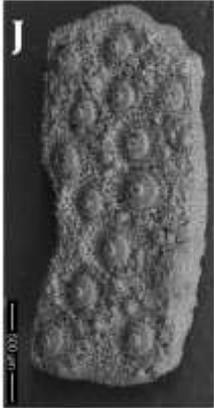
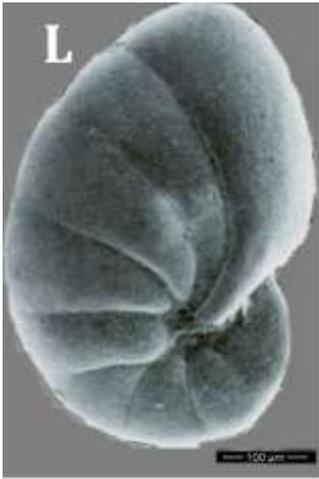
MUESTRA	ALTUR	MUESTRA	ALTURA
G-25	436	G-04	436
			
Didymocyrtis aff. Penúltima		Diente de pez.	Restos carbonaticos.

TABLA B3.FORAMINIFEROS DE LA FORMACION BORBÓN: SECTOR LA CADENA

MUESTRA	ALTURA	MUESTRA	ALTURA
MB-43	371	CD-07	379
FOT. FORAMINIFERO 6		FOT. FORAMINIFERO 7	
			
Nonion Grautelouppi	Cytherella sp.	Quinqueloculina sp.	