

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE QUIMICA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOQUIMICA**



**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LAS FRACCIONES DE ARENA Y  
GRAVA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL GOLFO DE CARIACO,  
ESTADO SUCRE, VENEZUELA.**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la Br. María Antonieta Rodríguez Marín, como requisito para aprobar la asignatura Proyecto Geoquímico II y optar al título de Licenciada en Geoquímica.

Caracas, Septiembre de 2012

## ACTA

Los abajo firmantes, designados por la Universidad Central de Venezuela, como miembros del jurado examinador del Trabajo Especial de Grado titulado: caracterización mineralógica de las fracciones de arena y grava de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela, presentado por la Br. María Antonieta Rodríguez Marín, certificamos que este trabajo cumple con los requisitos exigidos por esta magna casa de estudio para optar al título de licenciada en Geoquímica.

Por el prof. Armando Ramírez

Tutor

†

---

Prof. José Vicente Gutiérrez

---

Prof. Carlos Yanes

Jurado

---

Prof. Eduardo Carrillo

Jurado

## ***DEDICATORIA***

---

*“A mis amados padres y hermanos pilares fundamentales de mi vida y a mi profesor Armando guía y símbolo de amor, humildad y sabiduría”.*

## ***AGRADECIMIENTOS***

---

A mi Dios y mi Virgencita Del Valle que guían mis pasos y me han dado la dicha de lograr mis sueños.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, mi Alma Mater, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de forjar mi futuro y crecer como ser humano. Siempre será la “casa que vence las sombras”.

Al Instituto de Ciencias de la Tierra donde pasé la mayor parte de esta etapa de mi vida, fue como mi segundo hogar, nunca olvidaré aquellos pasillos, escaleras y laboratorios que se convertían en cómplices de mi aprendizaje.

A mis amados padres María y Agustín, y hermanos Toño y Joche, quienes lo han dado todo para que yo sea feliz. Gracias por creer en mí y ser el pilar que sostiene mi vida. Sin su apoyo y amor incondicional no habría podido llegar tan lejos. Los AMO!

A mi tutor y adorado profesor Armando Ramírez (mi negrito), quien fue y será mi ejemplo a seguir en esta vida. Símbolo de amor, inteligencia, sabiduría y muchísima humildad. Gracias por enseñarme que siempre hay que ver el lado bueno de las cosas y que todo lo que se hace con amor sale bien. Siempre estará en mi corazón.

A Rossi quien desde el inicio de esta etapa me ha ayudado a superar obstáculos y a disfrutar las victorias. Gracias por brindarme tu apoyo y tu mano amiga, gracias a ti el camino fue más fácil. Eres lo máximo en guaracha, te adoro.

A mi “comadruita nino” y mi “Pablich” porque fueron y serán mis amigos y hermanos que la vida me envió durante este camino. Siempre los recordaré como mis compañeros de aventuras. A Nay por regalarme su amistad, todo su apoyo y con quien compartí episodios importantísimos de mi carrera, me alegra que el destino nos haya reunido porque juntas pudimos lograr grandes metas.

Al super grupo de Geoquímica de Campo 2011: “Adri, Yaime, Nania, Wal, Joha, Edu, Andresito, Omi, Ross, Mara, Nay, Jans y Francis”, quienes se han convertido en una pequeña familia, juntos hemos compartido cosas que nos han unido como hermanos. Espero tenerlos siempre conmigo, como el profe así lo quiere.

A todos mis compañeros y excelentes amigos geoquímicos entre ellos especialmente: Yelis, Raúl y Victor porque de alguna u otra manera me han apoyado muchísimo y con quienes he compartido muy buenas experiencias.

Al profesor Carlos Yanes por brindarme su apoyo y conocimientos para poder culminar exitosamente este trabajo de investigación, gracias por su dedicación y paciencia.

A todos los profesores que han aportado un grano de arena para fortalecer mi crecimiento en lo personal y profesionalmente, especialmente a mis queridos profesores: Carlos Barrios “Charlie”, José Vicente Gutiérrez, Raiza Fernández, Santiago Marrero, Katya Reátegui, Karla Quintero y Manuel Martínez por enseñarme con cariño, regalarme sus valiosos consejos, dar lo mejor de sí para que seamos los mejores y ser un ejemplo para mi vida.

A mis hermanos y mejores amigos margariteños quienes me reciben con mucho amor cada vez que llego a mi adorada isla, sé que siempre contaré con ustedes.

Al grupo de trabajo del Instituto Oceanográfico de Venezuela, especialmente a los profesores Francisco, Gregorio y Ramón por su colaboración en las salidas de campo y sus importantes aportes al proyecto.

## ***RESUMEN***

---

En el presente trabajo de investigación fue llevado a cabo la caracterización mineralógica de 68 muestras de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco. La metodología empleada consistió en la separación granulométrica de las muestras y el análisis mineralógico visual por medio de una lupa binocular.

El análisis granulométrico indica que el material tipo lodo es el más abundante en el golfo (55,4%), le siguen las arenas (41,0%) y finalmente las gravas (3,6%). El lodo se ubicó generalmente en la zona central y Saco del Golfo, las arenas en la parte occidental y zonas costeras y la grava en muy poco puntos de muestreo de la costa norte, principalmente.

El análisis mineralógico permite concluir que los sedimentos del Golfo de Cariaco están constituidos por minerales, fragmentos de roca y material biogénico (bioclastos). Los minerales identificados fueron: cuarzo (43,4%), yeso (5,2%), muscovita (1,5%), aragonito (1,3%), epidoto (0,1%) y minerales pesados y accesorios como: circón, turmalina, cianita y granate. Los fragmentos de rocas fueron: sedimentarios (areniscas, lutitas, calizas, lignito, limolitas y chert) (1,4%) y metamórficos (esquistos cuarzo-micáceos y epidóticos, filitas y esquistos grafitosos, mármoles y serpentinitas) (1,2%). Los materiales biogénicos (42,5%) son esencialmente fragmentos esqueléticos de organismos calcáreos: moluscos, foraminíferos y restos de corales. Esto es evidencia clara de que las formaciones geológicas de la Península de Araya y de la Serranía del Interior Oriental son las fuentes de aporte de los materiales detríticos y los procesos biológicos, antiguos y recientes, son la fuente del material biogénico.

**INDICE GENERAL**

---

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	1
<b>2. MARCO TEORICO</b>	4
2.1 SEDIMENTOS Y SU CLASIFICACION	4
2.2 METEORIZACION	6
2.2.1 TIPOS DE METEORIZACION	6
2.3 EROSION	9
2.3.1 TIPOS DE EROSION	9
2.4 TEXTURA	10
2.4.1 TAMAÑO	10
2.5 MORFOLOGIA DE LOS SEDIMENTOS	12
2.5.1 FORMA	12
2.5.2 ESFERICIDAD	13
2.5.3 REDONDEZ	15
2.5.4 CARACTERISTICAS SUPERFICIALES	15
2.6 MINERALOGIA DE LOS SEDIMENTOS	16
2.6.1 PROPIEDADES FISICAS DE LOS MINERALES	16
<b>3. ANTECEDENTES</b>	20
3.1 NACIONALES	20
3.2 INTERNACIONALES	22
<b>4. AREA DE ESTUDIO</b>	25
4.1 UBICACION GEOGRAFICA Y FISIOGRAFIA GENERAL	25
4.2 BATIMETRIA Y MORFOLOGIA SUBMARINA	27
<b>5. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO</b>	31
5.1 MARCO GEOLOGICO REGIONAL	31

5.2 MARCO GEOLOGICO LOCAL	31
5.3 GENERALIDADES DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL	36
<b>6. METODOLOGIA</b>	<b>37</b>
6.1 FASE I: COLECTA DE MUESTRAS	37
6.2 FASE 2: TRATAMIENTO FISICO DE LAS MUESTRAS	37
6.2.1 SEPARACION GRANULOMETRICA	37
6.3 FASE 3: CONTEO DE GRANOS E IDENTIFICACION DE MINERALES	40
6.3.1 ANALISIS MINERALOGICO	40
6.4. FASE 4: TRATAMIENTO DE LOS DATOS	41
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>44</b>
7.1 DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS DEL GOLFO DE CARIACO	44
7.2 DESCRIPCION Y ANALISIS MINERALOGICO DE LOS SEDIMENTOS	50
7.2.1 MINERALES LIVIANOS	50
7.2.2 BIOCLASTOS	54
7.2.3 MINERALES PESADOS	56
7.2.4 FRAGMENTOS DE ROCA	57
7.3 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS MINERALES, BIOCLASTOS Y FRAGMENTOS DE ROCA EN EL GOLFO DE CARIACO	59
7.4 ANALISIS DE LAS POSIBLES FUENTES DE APORTE DE LOS SEDIMENTOS DEL GOLFO DE CARIACO	90
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>92</b>

<b>9. RECOMENDACIONES</b>	94
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	95
<b>11. APENDICE</b>	101
<b>11.1 APENDICE 1: COMPOSICION GRANULOMETRICA DE LOS SEDIMENTOS DEL GOLFO DE CARIACO</b>	102
<b>11.2 APENDICE 2: PORCENTAJE DE MINERALES Y FRAGMENTOS DE ROCAS OBTENIDOS A PARTIR DEL ANALISIS VISUAL DE LOS SEDIMENTOS</b>	105

## INDICE DE FIGURAS

---

	<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>Figura 1</b>	Esquema de clasificación de los sedimentos (Modificado de Nichols, 2009)	4
<b>Figura 2</b>	Ciclo de las rocas. (Modificado de Monroe <i>et al.</i> , 2006)	5
<b>Figura 3</b>	Estabilidad de los minerales. (Modificado de Nichols, 2009)	8
<b>Figura 4.</b>	Carta de apreciación visual de la forma (Tomado de Nichols, 2009)	13
<b>Figura 5</b>	Escala de redondez y esfericidad (Modificado de Folk, 1978)	14
<b>Figura 6</b>	Carta visual para la determinación de la esfericidad y redondez (Tomado de Nichols, 2009)	14
<b>Figura 7</b>	Localización geográfica del área de estudio	25
<b>Figura 8</b>	Cursos de aguas que influyen en el sistema hidrográfico del Golfo de Cariaco (Tomado y modificado de Caraballo, 1982a).	27
<b>Figura 9</b>	Interpretación de la traza submarina de la falla de El Pilar en el Golfo de Cariaco (superior) y mapa batimétrico del Golfo de Cariaco (inferior) (Tomado de Audemard, 2007)	28
<b>Figura 10</b>	Mapa geológico de la zona en estudio (Tomando y modificado de Alvarado, 2005)	32
<b>Figura 11</b>	Mapa de localización de las estaciones de muestreo	38
<b>Figura 12</b>	Materiales empleados en la separación granulométrica (tamices y columnas de sedimentación).	39
<b>Figura 11</b>	Lupa binocular Leica Mz 125 y cuarteo y toma de muestras	41
<b>Figura 14</b>	Esquema simplificado de la metodología empleada	43
<b>Figura 15</b>	Distribución de la fracción de lodo (limo + arcillas) en el Golfo de	45

	Cariaco	
<b>Figura 16</b>	Distribución de la fracción de arena muy fina en el Golfo de Cariaco	46
<b>Figura 17</b>	Distribución de la fracción de arena gruesa en el Golfo de Cariaco.	47
<b>Figura 18</b>	Distribución de la fracción de arena media en el Golfo de Cariaco.	48
<b>Figura 19</b>	Distribución de la fracción de arena fina en el Golfo de Cariaco	48
<b>Figura 20</b>	Distribución de la fracción de arena muy gruesa en el Golfo de Cariaco	49
<b>Figura 21</b>	Distribución de la fracción de grava en el Golfo de Cariaco.	50
<b>Figura 22</b>	Abundante cuarzo, fracción de arena gruesa M21 (2x)	51
<b>Figura 23</b>	Cuarzos. Redondeado y sedimentario de la fracción de arena muy fina, M22 (10x) (izquierda) y angular y metamórfico de la fracción de arena muy fina, M27 (10x) (derecha)	52
<b>Figura 24</b>	Yeso en la fracción de arena muy fina, M65 (10x)	53
<b>Figura 25</b>	Muscovita en la fracción de arena muy fina, M38 (izquierda) y M19 (derecha) (10x)	53
<b>Figura 26</b>	Aragonito (acicular) en fracción de arena muy fina, M13 (10x)	54
<b>Figura 27</b>	Bioclastos de la estación M38 (izquierda), M60 (centro) y M30 (derecha), fracción de gravas (1,25x)	55
<b>Figura 28</b>	Bioclastos (globigerinas) en la fracción de arena muy fina, M40 (izquierda) y M30 (derecha) (10x)	55
<b>Figura 29</b>	Epidoto estación M13, fracción de arena muy fina (10X)	56
<b>Figura 30</b>	Fragmentos de rocas arcillo-limosas (gravas), M68 (1,25x) (izquierda) y areniscas grises (gravas), M51 (1,25x) (derecha)	57
<b>Figura 31</b>	Lignito en la fracción de gravas, M68 (1,25x) (izquierda) y chert negro (arena gruesa), M5 (2,5x) (derecha)	57
<b>Figura 32</b>	Fragmentos de esquistos cuarzo-micáceos (gravas) M19 (3,25X)	58

(izquierda), M28 (3,25X) (derecha)

<b>Figura 33</b>	Distribución de cuarzo en la fracción de gravas	60
<b>Figura 34</b>	Distribución de cuarzo en la fracción de arena media	61
<b>Figura 35</b>	Distribución de cuarzo en la fracción de arena muy fina	63
<b>Figura 36</b>	Mapa de distribución espacial del cuarzo en la fracción de arena muy fina	64
<b>Figura 37</b>	Mapa de distribución espacial del promedio ponderado de cuarzo en el sedimento	65
<b>Figura 38</b>	Distribución de cuarzo en el sedimento total analizado	66
<b>Figura 39</b>	Distribución de bioclastos en la fracción de gravas	68
<b>Figura 40</b>	Mapa de distribución espacial de los bioclastos en la fracción de gravas	69
<b>Figura 41</b>	Mapa de distribución espacial de los bioclastos en la fracción de arena muy fina	69
<b>Figura 42</b>	Distribución de bioclastos en la fracción de arena muy fina	70
<b>Figura 43</b>	Mapa de distribución espacial del promedio ponderado de bioclastos en el sedimento	71
<b>Figura 44</b>	Distribución de bioclastos en el sedimento	72
<b>Figura 45</b>	Comportamiento del cuarzo total vs. los bioclastos	73
<b>Figura 46</b>	Distribución espacial del promedio ponderado de yeso en el sedimento	76
<b>Figura 47</b>	Variación yeso en las fracciones granulométricas	76
<b>Figura 48</b>	Distribución de muscovita en la fracción de arena muy fina	78
<b>Figura 49</b>	Distribución espacial de la muscovita en la fracción de arena muy	79

	fina	
<b>Figura 50</b>	Distribución del promedio ponderado de muscovita en el sedimento	80
<b>Figura 51</b>	Distribución espacial del promedio ponderado de muscovita en el sedimento	81
<b>Figura 52</b>	Distribución del aragonito en la fracción de arena muy fina	82
<b>Figura 53</b>	Distribución espacial del aragonito en la arena muy fina	83
<b>Figura 54</b>	Distribución espacial del promedio ponderado de aragonito en el sedimento	83
<b>Figura 55</b>	Distribución del promedio ponderado de aragonito en el sedimento	84
<b>Figura 56</b>	Distribución de los fragmentos de rocas en la fracción de arena gruesa	87
<b>Figura 57</b>	Distribución del promedio ponderado de los fragmentos de rocas en el sedimento	88
<b>Figura 58</b>	Distribución espacial de los minerales pesados en el golfo	89

***INDICE DE TABLAS***

---

	<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>Tabla 1</b>	Distribución del tamaño de grano de los sedimentos por varias escalas (Tomada de Folk, 1978)	11
<b>Tabla 2</b>	Principales propiedades físicas de los minerales comunes en sedimentos detríticos (Tomado de Hulburt y Klein, 2006)	19

## ***1. INTRODUCCION***

---

Los sedimentos son partículas o granos (orgánicos o inorgánicos), originados a partir de la meteorización de las rocas o por otros procesos naturales, tales como precipitación química a partir de una solución o segregados por organismos vivos, los cuales son transportados en suspensión, tracción u otros mecanismos, y depositados en un ambiente adecuado formando capas sobre la superficie terrestre a temperatura ambiente en forma no consolidada. Son clasificados en clásticos y no clásticos. Los sedimentos clásticos son aquellos derivados de rocas preexistentes y transportados por agentes como el agua, el hielo o el viento hasta el sitio de la depositación. Los no clásticos son los formados por la acumulación de restos orgánicos tales como corales, bivalvos y foraminíferos, precipitados químicamente (óxidos, carbonatos y fosfatos) o a partir de la evaporación de aguas (sales) en el mismo sitio de la depositación (Nichols, 2009).

El estudio de los sedimentos (marinos, lacustres, eólicos y fluviales) es un tema de gran importancia, ya que estos otorgan valiosa información que permite reconstruir e interpretar las condiciones en las cuales fueron depositados, los agentes que los transportaron, la fuente de su procedencia; en fin, son portadores de datos que expresan la dinámica de los procesos ocurridos desde su origen hasta su acumulación (Krumbein y Pettijohn, 1938; Folk, 1978; Centeno y Sánchez, 2001; Rodríguez *et al.*, 2005; Andò *et al.*, 2009; Singh, 2009; Alcántara-Carrió *et al.*, 2010; Haritashya *et al.*, 2010; Hossain *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2011).

El Golfo de Cariaco, ubicado en la plataforma nororiental de Venezuela, es una fosa tectónica alargada, orientada en dirección este-oeste; posee aproximadamente 65 km de largo y 15 km en su parte más ancha, con un área de 642 km<sup>2</sup> (Caraballo, 1982b). Además, representa un ambiente idóneo para la acumulación de sedimentos.

La importancia del estudio geoquímico de los sedimentos del Golfo de Cariaco radica en la información que puede aportar desde el punto de vista de la definición o establecimiento de indicadores de procedencia, ya que en esta región afloran diferentes unidades litológicas que

sirven como fuente de aporte a este sistema, tanto en la costa norte como en la sur del golfo. La costa norte está enmarcada entre el conjunto de rocas metamórficas (esquistos cuarzo-micáceos granatíferos, filitas cloríticas, filitas cuarzo-micáceas, esquistos cuarzo-micáceos calcáreos) y rocas sedimentarias (conglomerados, areniscas calcáreas, areniscas cuarzosas y lutitas) que conforman la Península de Araya, mientras que la costa sur entre las rocas sedimentarias (areniscas, limolitas y lutitas) que forman parte de la Serranía del Interior; además, en el extremo este, Saco del Golfo, afloran rocas sedimentarias (intercalaciones de limolitas y lutitas) que aportan sedimentos en esta parte de la zona de estudio (Caraballo, 1982b).

De acuerdo a lo antes mencionado y tomando en cuenta las diferencias litológicas que afloran en la referida región, el estudio de la composición mineralógica de los sedimentos presentes en el Golfo de Cariaco puede ayudar a entender la manera en la que estos sedimentos son redistribuidos por las corrientes marinas en el fondo del golfo y el establecimiento de indicadores geoquímicos para definir sus fuentes de aporte.

En consecuencia, el presente trabajo tiene como objetivo general lo siguiente:

- ❖ Determinar las características mineralógicas de las fracciones de arena y grava de los sedimentos del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Los objetivos específicos a alcanzar son:

- ❖ Determinar la distribución y composición granulométrica de los sedimentos de la zona de estudio.
- ❖ Identificar la composición mineralógica, los fragmentos líticos y de bioclastos de estos sedimentos mediante el análisis óptico de sus componentes a través de una lupa binocular.

- ❖ Cuantificar la proporción de los distintos minerales identificados, así como de los otros componentes del sedimento.
- ❖ Elaborar mapas que expresen la distribución espacial de los minerales identificados en el Golfo de Cariaco.
- ❖ Interpretar la información obtenida en función de las posibles fuentes de aporte de estos minerales, así como de los fragmentos calcáreos y de rocas.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Sedimentos y su clasificación.

La figura 1 muestra un esquema de clasificación genética de los sedimentos. Obsérvese que estos se agrupan en dos tipos: clásticos y no clásticos. Los clásticos están compuestos por partículas derivadas de rocas preexistentes, principalmente por minerales silicatados.

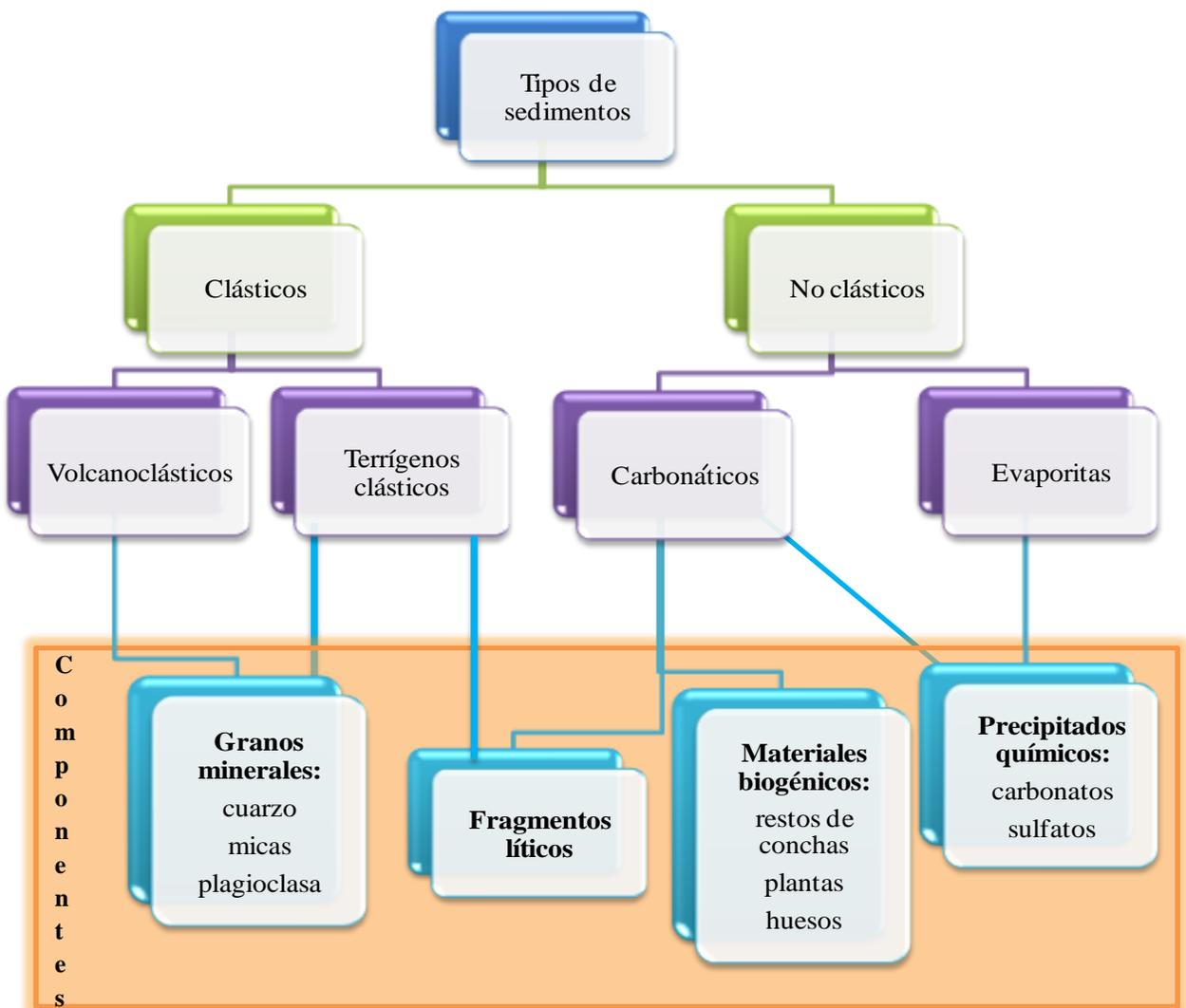
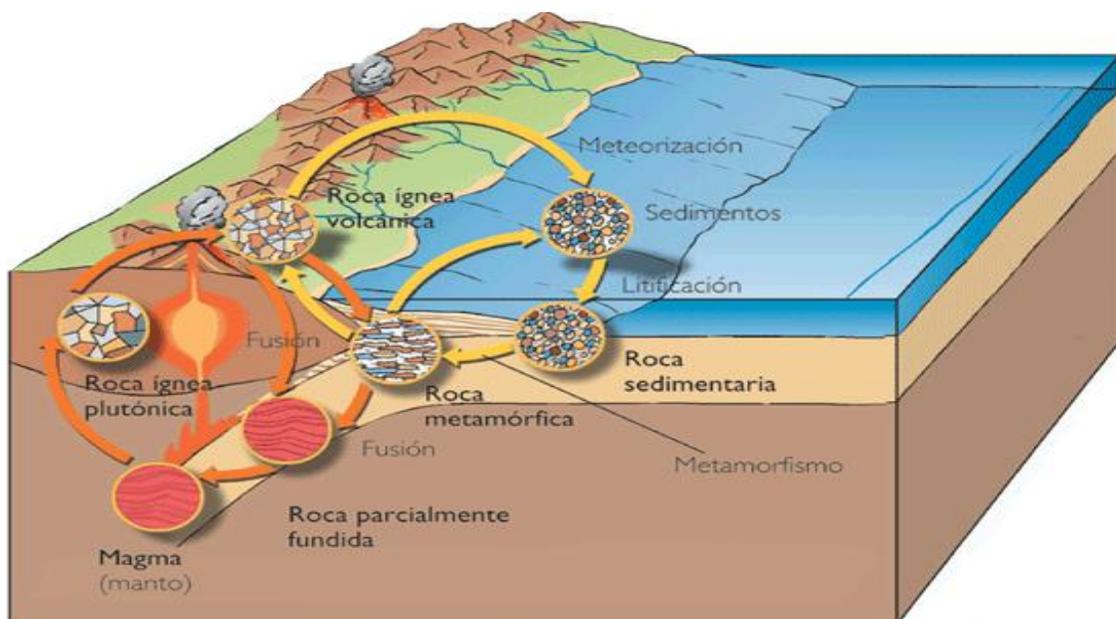


Figura 1. Esquema de clasificación de los sedimentos (Modificado de Nichols, 2009).

Los términos sedimento siliciclástico y sedimento detrítico también son usados para definirlos (Nichols, 2009). Los volcanoclásticos esta constituidos por las partículas o fragmentos de rocas expulsados en las erupciones volcánicas Los no clásticos, mayormente bioclastos de composición carbonática, tienen como fuente principal los fragmentos esqueléticos de organismos marinos. Sin embargo, también pueden estar como precipitados químicos de soluciones sobresaturadas en los iones de calcio y carbonatos, u otras sales formando así los sedimentos evaporíticos cuando las aguas que la contienen son evaporadas (Nichols, 2009).

El punto de partida para la formación de los sedimentos clásticos es el levantamiento y posterior erosión de las rocas preexistentes en una región, ya sean de origen ígneo, metamórfico o sedimentario. Una vez que el cuerpo rocoso es levantado, el proceso de meteorización altera a la roca química y físicamente originando partículas y liberando iones en las aguas superficiales (Nichols, 2009). Luego sigue el proceso de remoción de esos productos de meteorización de la superficie de las rocas, permitiendo el transporte del material. Eventualmente, estas partículas serán depositadas en un ambiente sedimentario terrestre o en el mar. Esta serie de procesos son parte de la secuencia de eventos referidos como el ciclo de las rocas (Fig. 2).



**Figura 2.** Ciclo de las rocas (Modificado de Monroe *et al.*, 2006).

## **2.2 Meteorización.**

Como fue anteriormente indicado, las rocas que son levantadas y expuestas a los agentes de alteración de la superficie terrestre son sometidas a un número de modificaciones físicas y químicas. La meteorización es la suma de esos procesos por lo cuales las rocas son químicamente alteradas o físicamente fragmentadas producto de su exposición a estos agentes, mayormente atmosféricos.

### **2.2.1 Tipos de meteorización.**

#### *- Meteorización física.*

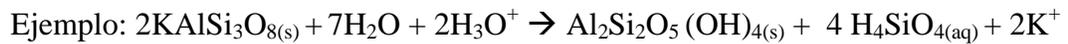
Son procesos que fracturan las rocas y pueden llegar a separar los minerales sin involucrar ninguna reacción química (Iriando, 2007). Dependen de factores como:

- Presencia de planos de debilidad: planos de exfoliación, diaclasas, facturas o estratificación.
- Expansión por descompresión: producto de la eliminación de presión de una roca por medio de la erosión o eliminación de una roca superior.
- Fragmentación por congelamiento: causada por el agua que percola en la roca y es congelada y descongelada constantemente.
- Expansión o contracción térmica: los cambios bruscos de temperatura (nocturno-diurno) permite que la roca al contraerse y expandirse termine fracturándose.
- Actividad biológica (*meteorización biológica*): la acción de los organismos o las plantas (movimientos de organismos o crecimientos de raíces) permite que la roca sea más frágil y finalmente pueda fragmentarse.

- *Meteorización química.*

Este proceso involucra cambios químicos que producen variaciones en la estructura interna de los minerales presentes en la roca, formación de nuevos minerales o la liberación de elementos químicos al medio (Monroe *et al.*, 2006). Principalmente está controlada por reacciones de:

- Hidrólisis: reacción de los minerales con los iones  $H^+$  y  $OH^-$  del agua, es la forma más importante de meteorización que puede ocurrir. Usualmente, el  $H^+$  sustituye a algunos de los componentes de los minerales y los va descomponiendo.



Ortoclasa

Caolinita

- Oxidación: proceso que involucra la reacción entre el oxígeno y los compuestos o elementos que constituyen a los minerales con propiedades químicas que llevan a su oxidación y a la formación de óxidos u oxi-hidróxidos.



Pirita

Goethita

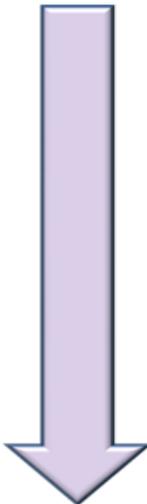
- Solución: es el proceso de solubilización de algunos minerales que contienen cationes con una alta afinidad por el agua como el  $Na^+$  y el  $Ca^{2+}$



Halita

Finalmente, todos los materiales producidos por la meteorización de las rocas son conocidos como productos de meteorización (Fassbender y Bornemisza, 1994). Estos son:

- Minerales resistentes: son aquellos minerales más resistentes a la meteorización. Mantienen la composición original que tenían cuando formaban parte del material parental.
- Minerales secundarios (neoformados): minerales nuevos generados a bajas temperatura como productos de las diferentes reacciones de los agentes de meteorización química sobre los minerales de la roca sometida a alteración. Ejemplo de estos son las arcillas y los oxi-hidróxidos.
- Materia orgánica: constituyen las sustancia orgánicas con alta proporción de carbonos presentes en los suelos o sedimentos, producto de la descomposición de organismos y plantas.
- Especies solubles: especies químicas que son liberadas al medio durante la meteorización química (disolución, oxidación, entre otras).

Estabilidad de los minerales	Velocidad de alteración
Circón	
Cuarzo	
Tumalina	
Magnetita	
Rutilo	
Ilmenita	
Moscovita	
Feldespato K (Ortosa)	
Granate	
Albita	
Anortita	
Apatito	
Glauconita	
Biotita	
Piroxenos	
Anfiboles	
Olivino	Menos estable

**Figura 3.** Estabilidad de los minerales (Modificado de Nichols, 2009).

Uno de los principales parámetros que controla la movilidad de la especie en el ambiente de meteorización y sedimentación es la estabilidad mineral. Esta es el contraste entre las condiciones de formación de la roca (P, T y composición) y las que prevalecen en el ambiente superficial. Este parámetro está inmerso en la serie de estabilidad de Goldich (Fig.3) (Fassbender y Bornemisza, 1994). Esta serie describe el orden en el que los minerales son meteorizados.

### **2.3 Erosión.**

El material ya meteorizado en la superficie terrestre puede ser transportado pendiente abajo por medio de la gravedad, removido mediante el agua, el viento, hielo o trasladado por medio de la combinación de esos procesos (Nichols, 2009).

#### **2.3.1 Tipos de erosión**

- Erosión y transporte por el agua: principalmente afecta por medio de corrientes o gotas de agua. El flujo superficial puede recoger partículas sueltas en la superficie y erosionar el regolito, y además en solución.
- Erosión y transporte a través del viento: el viento es capaz de transportar partículas sueltas de arcilla, limo y arena muy fina a fina sobre la superficie terrestre. El tamaño del material transportado está relacionado con la velocidad de las corrientes de aire.
- Erosión y transporte por hielo: los glaciares en regiones montañosas templadas contribuyen significativamente en la erosión del material parental y el regolito. El hielo puede erosionar la roca mediante dos procesos, la fricción del hielo con el material rocoso (abrasión) o mediante el desprendimiento de materiales sueltos e incorporándolos en las masas de hielo.
- Erosión y transporte por gravedad: en zonas montañosas con pendientes inclinadas y a lo largo de acantilados el movimiento de las partículas pendiente abajo por acción de la gravedad es comúnmente el primer paso en la erosión y transporte del material meteorizado.

El estudio de los sedimentos está relacionado con las condiciones físicas de la depositación, sean glacial, marino, fluvial, entre otros; con el tiempo de formación o de acumulación del depósito

sedimentario y con las proveniencia o el área de denudación que le da origen al material que compone los sedimentos (Krumbein y Pettijohn, 1938; Nichols, 2009).

Todos los depósitos sedimentarios poseen propiedades fundamentales que están ligadas con características de las partículas individuales (Pettijohn *et al.*, 1975). Krumbein & Pettijohn (1938), establecen que estas características fundamentales son la textura, morfología y composición mineralógica de los granos y son muy importantes porque revelan directa o indirectamente muchos de los procesos por los cuales ha pasado el sedimento.

#### **2.4 Textura.**

La textura está relacionada con el tamaño de los componentes del sedimento.

##### **2.4.1 Tamaño.**

El tamaño de grano es una función que depende de la suma de la energía impartida al sedimento, la cual viene dada por la velocidad de la corriente o la turbulencia del medio de transporte (Folk, 1978). Además, esta característica de los sedimentos tiene un gran significado porque es una medida de la eficiencia y competencia de los agentes de transporte y del grado de meteorización del material del cual derivan (Pettijohn, 1972).

Para realizar las medidas de los tamaños de los granos, primeramente es necesario escoger la escala, que según Pettijohn (1972) consiste de una serie de intervalos de clase, con una relación constante entre ellos. La escala más usada es la determinada por Udden-Wentworth en 1922, la cual es una escala logarítmica en la que cada límite representa dos veces el siguiente límite (Folk, 1978). Estas subdivisiones de los tamaños de grano son hechas por dos razones principales. Una es la estandarización de los términos para sistematizar la descripción de los materiales sedimentarios y evitar confusiones de significados. La otra, es que facilita los análisis estadísticos porque esas divisiones conllevan a relaciones simples entre ellos.

Por otra parte, Folk (1978) indica que la escala  $\phi$  (phi), diseñada por Krumbein (1934) (Tabla 1), es mucho más conveniente para representar los datos que los valores expresados en milímetros. Esta es usada en la mayoría de los trabajos.

**Tabla 1.** Distribución del tamaño de grano de los sedimentos por varias escalas, tomada de Folk, 1978.

Malla	mm	Micrómetros	Phi ( $\phi$ )	Clases de Wentworth	
	64	64000	-6	Peñazco	Grava
	16	1600	-4	Guijarro	
5	4	4000	-2	Gránulo	
6	3.36	3360	-1.75		
7	2.83	2830	-1.5		
8	2.38	2300	-1.25		
10	2	2000	-1		
12	1.68	1680	-0.75	Arena muy gruesa	Arena
14	1.41	1410	-0.5		
16	1.19	1190	-0.25		
18	1	1000	0		
20	0.84	840	0.25	Arena gruesa	
25	0.71	710	0.5		
30	0.59	590	0.75		
35	0.50 (1/2)	500	1		
40	0.42	420	1.25		
45	0.35	350	1.5	Arena media	
50	0.3	300	1.75		
60	0.25 (1/4)	250	2		
70	0.21	210	2.25		
80	0.177	177	2.5	Arena fina	
100	0.149	149	2.75		
120	0.125 (1/8)	125	3		
140	0.105	105	3.25		
170	0.088	88	3.5		
200	0.074	74	3.75	Arena muy fina	
230	0.0625 (1/16)	62.5	4		
270	0.053	53	4.25		
325	0.043	43	4.5		
	0.037	37	4.75	Limo grueso	
	0.031 (1/32)	31	5		

	0.0156 (1/64)	15.6	6	Limo medio	Lodo
	0.0078 (1/128)	7.8	7	Limo fino	
	0.0039 (1/256)	3.9	8	Limo muy fino	
	0.002	2	9	Arcillas	
	0.00098	0.98	10		
	0.00049	0.49	11		

### 2.5 Morfología de los sedimentos.

La morfología de las partículas esta relacionada con: forma, esfericidad, redondez y características superficiales.

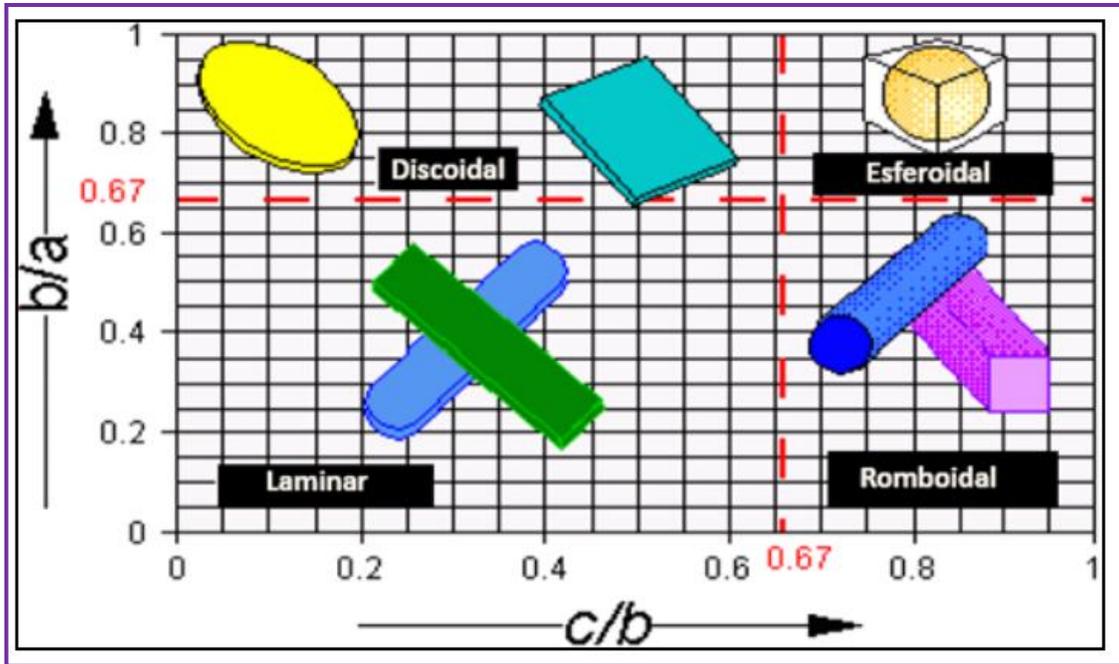
#### 2.5.1 Forma.

Es el aspecto geométrico espacial de los granos y así los granos pueden ser clasificados como compactos o equidimensionales, elongados (o en forma de barra) y laminares, con muchas categorías intermedias. Zingg en 1935 propone una clasificación de la forma de los granos según las relaciones de sus radios axiales definiendo el radio mayor como a, el radio medio b y el radio menor c, así proponen las relaciones b/a y c/b (Fig. 4). De esta manera, la forma del sedimento es obtenida graficando esas relaciones en diagramas establecidos para ello. Esta propiedad refleja el origen, historia y estructura interna de las partículas (Nichols, 2009).

Iriondo (2007) estableció que los factores que afectan la forma son:

- 1.- La forma inicial de las partículas liberadas de la roca fuente.
- 2.- Las particularidades heredadas de la roca fuente (fractura, esquistosidad, clivaje, estratificación, entre otros).

Sin embargo, los factores responsables de las formas de las partículas influyen de manera parcial en el modo de transporte de esos materiales, ya que determina si la partícula rodará o será cargada en suspensión. Además, se da el hecho que durante la caída por gravedad a través de agua, una partícula esférica cae más rápido que una partícula discoidal con el mismo volumen y la misma densidad. En consecuencia, una corriente de agua que cargue con ambos tipos de partículas, sedimentará primero partículas esféricas y luego discoidales (Selley, 2000).



**Figura 4.** Carta de apreciación visual de la forma: radio mayor a, el radio medio b y el radio menor c (Modificado de Nichols, 2009).

### 2.5.2 Esfericidad.

Es una medida de la aproximación de un grano a la forma esférica y se calcula a través de la expresión tomada de Folk (1978):

$$\sqrt[3]{\frac{s^2}{LI}} = \psi_p$$

Una esfera tiene una esfericidad de 1,0; mientras que la mayoría de gravas y arenas poseen 0.6 a 0.7. Esta variable puede ser medida a través de diferentes maneras. Una de ellas consiste en medir las dimensiones de la partícula siendo L, I y S la dimensión más larga, intermedia y corta de la partícula respectivamente. Sin embargo, es común que para estudiar este parámetro sean utilizadas cartas de comparación visual (Fig. 5 y 6) (Folk, 1978).

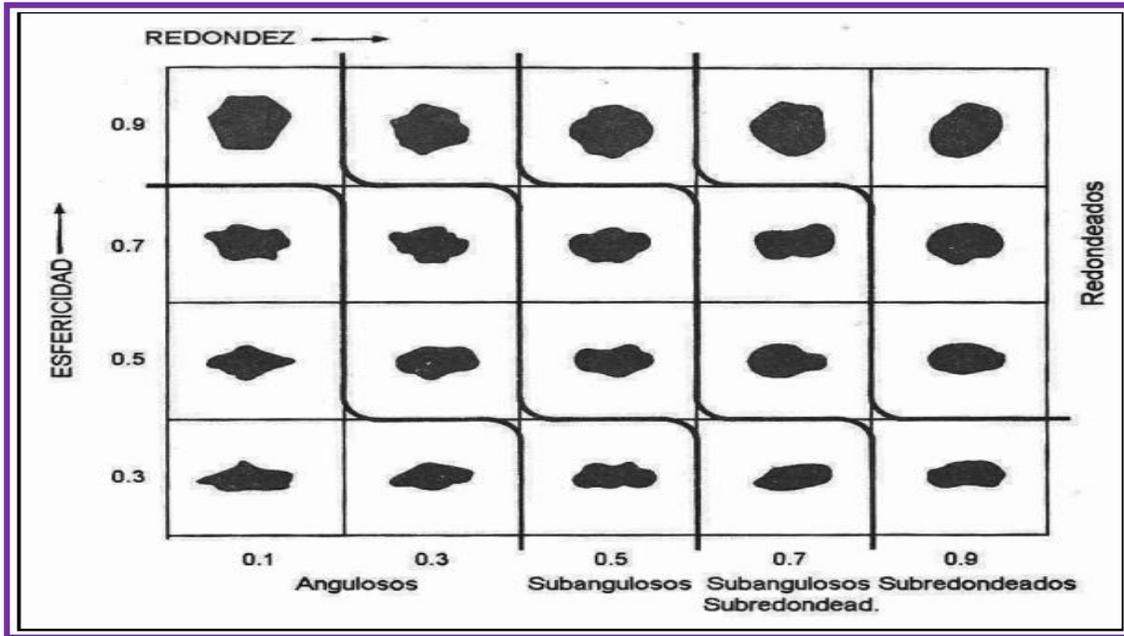


Figura 5. Escala de redondez y esfericidad (Modificado de Folk, 1978).

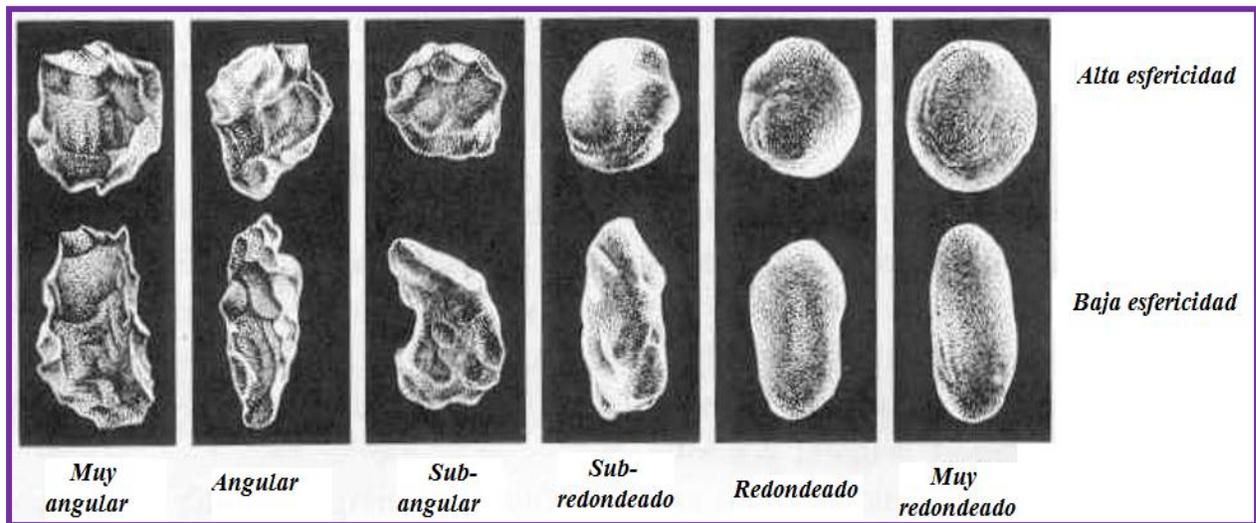


Figura 6. Carta visual para la determinación de la esfericidad y redondez (Tomado de Nichols, 2009).

Los factores que afectan la esfericidad son (Selley, 2000):

- 1.- Volumen original de las partículas.

- 2.- Comportamiento hidráulico del medio.
- 3.- Fragilidad, estratificación, clivaje o fractura.
- 4.- Tamaño de grano y transporte selectivo dependiendo del tamaño.
- 5.- Proximidad de la fuente.

### **2.5.3 Redondez.**

Es una medida de la curvatura de las esquinas del grano, que permite inferir la historia abrasiva de un sedimento. El método más usado para establecer la redondez es el visual y consiste en la comparación de la curvatura de una determinada partícula con la mostrada en una escala de seis grupos principales, las cuales son indicadas en las figuras 5 y 6 de Reineck y Singh (1973).

Los factores que afectan la redondez son:

- 1.- Viscosidad del fluido.
- 2.- Agente de transporte.
- 3.- Velocidad y distancia del transporte del grano.
- 4.- Textura del fondo (guijarrosa o arenosa) y peso, dureza, forma y fisibilidad de las partículas.
- 5.- Proximidad de la fuente.

### **2.5.4 Características superficiales Redondez.**

Son características que quedan impresas en la superficie de las partículas durante la meteorización, erosión y sedimentación y que muchas veces ayuda a determinar el ambiente depositacional del sedimento. Estas características incluyen estriaciones, fracturamiento y pulimento (Nichols, 2009).

Se definen por dos aspectos (Reineck y Singh, 1973):

- Lustre: es aquel determinado por la acción mecánica prolongada de desgaste que resulta de la intervención de solventes naturales, como el agua principalmente y el viento
- Marcas superficiales: producto de la acción del hielo y meteorización.

Estas propiedades morfológicas son indicativas de los estadios iniciales y finales de los granos. Partiendo de un grano de cuarzo en un río, lo primero que le ocurre a ese grano es el pulimiento (características superficiales); luego de que experimenta mucha más abrasión son redondeados; después de un largo periodo de tiempo los granos empiezan a tener una mayor esfericidad y mucho más tarde es reducido su tamaño. Las características superficiales seguidas de la redondez son las principales pistas que ayudan a interpretar los primeros ambientes de depositación de los sedimentos; mientras que la forma y la esfericidad permiten interpretar el ambiente de depositación más temprano en el que fue formado el sedimento (Folk, 1978).

## ***2.6 Mineralogía de los sedimentos.***

El reconocimiento de la variedad de minerales que están presentes en los sedimentos es la clave para identificar el sitio del cual ellos derivan. Un mineral es cualquier sólido inorgánico natural que posee una estructura interna ordenada y una composición química definida. Todas estas características le proporcionan un conjunto único de propiedades físicas a cada mineral. Estas se pueden determinar mediante la observación de los granos.

### ***2.6.1 Propiedades físicas de los minerales.***

Las principales propiedades físicas utilizadas habitualmente para reconocer un mineral son el hábito, el brillo, el color, raya, dureza, clivaje y fractura (Hulburt y Klein, 2006).

- Hábito: es la expresión externa de un mineral que refleja la disposición interna ordenada de los átomos. Ejemplos: prismática, laminar y tabular.
- Brillo: es el aspecto o la calidad de la luz reflejada de la superficie de un mineral. Puede ser metálico o no metálico (vítreo, sedoso, perlado, resinoso).

- Color: es una propiedad que depende de la luz. Es una de las más importantes y está controlada principalmente por la composición química y el ambiente de depositación.
- Clivaje y fractura: es la tendencia de un mineral a romperse a lo largo de planos de enlaces débiles. El más sencillo es el obtenido por las micas. Los minerales que no exhiben clivaje al romperse poseen fractura (irregular, concoidal, astillosa).
- Raya: es el color de un mineral en polvo (coloreada o incolora), es obtenido frotando el mineral con una lámina de porcelana no vidriada.
- Dureza: es la medida de la resistencia de un mineral a la abrasión o al rayado. Para esta propiedad es usada la escala de Mohs que va del mineral más blando con valor 1 (talco) al más duro 10 (diamante).

Los minerales más comunes en los sedimentos terrígenos son los silicatos, los cuales están formados por tetraedros de silicio-oxígeno. Los más abundantes incluyen el cuarzo, el feldespato-K, plagioclasa, muscovita y biotita (Tabla 2). Además, los minerales pesados (densidad  $>2,85 \text{ g.cm}^{-3}$ ) son importantes en el reconocimiento de la proveniencia de los mismos. Los más comunes son circón, turmalina, granate y rutilo (Tabla 2). También son comunes los fragmentos de rocas y los minerales bioquímicos (calcita y dolomita) (Hulburt y Klein, 2006).

Dentro de los minerales más comunes en sedimentos detríticos, están:

- Cuarzo [ $\text{SiO}_2$ ]: es el mineral más común encontrado en los granos de sedimentos. Como mineral primario es el mayor constituyente de las rocas graníticas, ocurre en algunas rocas ígneas de composición intermedia y esta ausente en las rocas ígneas de composición básica. Las rocas metasedimentarias también lo poseen en altas proporciones y en rocas metamórficas derivadas de rocas graníticas.
- Feldespato [ $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ]: la mayoría de las rocas ígneas contienen feldespato como mayor constituyente. Los feldespatos en sí son muy comunes y son liberados en grandes cantidades cuando los granitos, las andesitas y los gabros son meteorizados y erosionados. El grupo de los feldespatos está compuesto por las plagioclasas y el feldespato-K, siendo este último el más común en los sedimentos detríticos.

- Micas [ $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ ]: las dos micas más comunes son la muscovita y la biotita, derivadas de rocas ígneas de composición granítica a intermedia, esquistos y gneises. Estas son relativamente abundantes como sedimentos detríticos, aunque la muscovita es más resistente a la meteorización.
- Granate [ $A_3B_2(SiO_4)_3$ ]: forman fácilmente cristales equidimensionales que son encontrados con más frecuencia en las rocas metamórficas.
- Rutilo [ $TiO_2$ ]: es un mineral accesorio de rocas intrusivas (granitos, sienitas y dioritas) y metamórficas (gneis y esquistos micáceos). Es duro y pesado, por lo que es concentrado con facilidad en las arenas procedentes de la meteorización y puede formar depósitos explotables por la industria.
- Circón [ $ZrSiO_4$ ]: es un mineral primario y accesorio común en toda clase de rocas ígneas, especialmente granitos y granodioritas. Es un mineral primario muy resistente a los procesos de meteorización en la superficie terrestre.
- Turmalina [ $(Na,Ca)(Li,Mg,Al)(Al,Fe,Mn)_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_4$ ]: forma parte de granitos, pegmatitas, filones hidrotermales, esquistos micáceos y gneises. Aparece normalmente asociado con muscovita, cuarzo y albita. Es uno de los minerales pesados más común en los sedimentos detríticos.
- Fragmentos de rocas: partículas formadas por el rompimiento de rocas pre-existentes. Son principalmente encontrados en tamaños arena y grava.
- Carbonatos [ $Ca-Mg(CO_3)$ ]: son extremadamente comunes en rocas sedimentarias, siendo el mayor constituyente de las calizas. Su génesis principal es debida a los procesos sedimentarios y a los procesos biológicos (caparzones de moluscos, corales), pero aparece también como mineral metamórfico en los mármoles.

**Tabla 2.** Principales propiedades físicas de los minerales comunes en sedimentos detríticos (Tomado de Hulburt y Klein, 2006).

<b>Mineral</b>	<b>Habito</b>	<b>Clivaje/fractura</b>	<b>Color</b>	<b>Brillo</b>	<b>Particularidades</b>
<b>Cuarzo</b>	Prismático y masivo	Fractura concoidea	Incoloro, rosado, ahumado	Vítreo	Cristales con estriación
<b>Feldespato -K</b>	Tabular	Dos direcciones a 90°	Incoloro, blanco o rosado	Vítreo	En masas exfoliables o granos irregulares
<b>Plagioclasa</b>	Tabular	Dos direcciones a 90°	Incoloro o blanco	Perlado a vítreo	Pueden verse estrías finas y paralelas (maclas)
<b>Muscovita</b>	Laminar	Una dirección	Pardo claro	Vítreo	Cristales con perfil hexagonal
<b>Biotita</b>	Laminar	Una dirección	Pardo oscuro a negro	Vítreo	Cristales con perfil hexagonal
<b>Turmalina</b>	Prismática	Exfoliación no prominente	Pardo, negro o rosado.	Vítreo a resinoso	Pueden estar en grupos radiales
<b>Rutilo</b>	Prismático	Exfoliación no prominente	Pardo, rojizo a negro	Adamantino a metálico	Frecuentemente aciculares con estrías (maclas)
<b>Granate</b>	Cúbico	Exfoliación no prominente	Castaño a rojo	Vítreo	Usualmente en dodecaedros o trapecoedros
<b>Circón</b>	Prismático	Exfoliación no prominente	Incoloro, verde o castaño	Adamantino	Usualmente en pequeños prismas
<b>Calcita</b>	Romboédrico	3 direcciones	Blanco a incoloro	Vítreo	Presenta maclas

### **3. ANTECEDENTES**

---

A continuación son mostrados varios de los estudios previos realizados en el área de sedimentología y mineralogía que sirven como base para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto.

#### **3.1 Nacionales.**

Tosiani *et al.* (2005) realizaron un estudio mineralógico y textural de los sedimentos recientes frente al delta del Orinoco. Estos autores separaron las muestras en sus fracciones granulométricas de grava, arena y lodo (arcilla + lodo), mediante el método de tamizado en húmedo. Luego lograron identificar, por medio de difracción de Rayos X, que la fracción de limos estaba constituida principalmente de cuarzo y calcita en las regiones más profundas; mientras que la clase de arcilla por caolinita, muscovita y montmorillonita. Las arenas y gravas fueron estudiadas mediante el uso de una lupa binocular, logrando identificar minerales pesados como el circón. Con los resultados obtenidos concluyeron que al aumentar la profundidad, el tamaño de los sedimentos iba decreciendo hasta llegar a tamaño arcilla, típicas de zonas profundas.

Caraballo (1982b) estudió la distribución de 271 muestras de sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, estado Sucre. Las muestras fueron colectadas mediante una draga y separadas las distintas clases de sedimentos a través del método de tamizado en húmedo y pipeteo (230 malla a 4.0 phi). Los límites de tamaño de grano los estableció usando la escala de Wentworth en 1922 (Folk, 1978), y su identificación mediante DRX. Los resultados indicaron que las arenas de conchas son los sedimentos que predominan en la zona occidental, mientras que las arenas limosas, los limos arenosos y limos arcillosos aparecen ocupando los sectores central y oriental. También logró establecer que los minerales presentes en el golfo corresponden a fuentes metamórficas y sedimentarias, destacando en las arenas: cuarzo (>50%), feldespatos (17-22%), biotita, muscovita, clorita (16-19%), andalucita (14-16%), estaurolita (11-17%), circón (1-5%), granate (1-6%), rutilo (1-6%) y turmalina (1-7%).

Garbán (1998) realizó un estudio geoquímico de los sedimentos pesados en el área Santa Bárbara-San Isidro-El Grillero, estado Bolívar con la finalidad de detectar posibles mineralizaciones auríferas y observar la relación que guardan éstas con las distintas litologías presentes en la zona. Los minerales fueron identificados mediante lupa binocular y microscopía petrográfica. En la fracción no magnética los minerales pesados fueron: monacita, circón, biotita, piroxeno, anfíbol, oro y cuarzo; y en los magnéticos predominó la magnetita.

Quintero *et al.* (2006) analizaron 157 muestras de sedimentos marinos del Golfo de Cariaco. Tomaron las muestras por medio de una draga y por buceo, a 20 y 70 metros de la línea de costa y en las playas abrieron 39 calicatas. Las muestras fueron tamizadas en seco y estudiadas morfológicamente mediante el conteo de 200 granos de arena media. Los minerales pesados fueron obtenidos usando bromoformo e identificados en el microscopio petrográfico como hematita >90%, turmalina (1-6%) y circón (1-5%). Los minerales livianos fueron identificados mediante DRX resultando estar conformados por cuarzo (30-90%), feldespatos (3-13%), micas (1-33%), calcita y dolomita (1-5%). Finalmente, indicaron que la fracción dominante es la arena media en la parte sur, la cual disminuye en la zona norte y Saco del Golfo. Los sedimentos están bien clasificados y según la curtosis (leptocúrtica) la proveniencia es de un solo tipo. Además, determinaron que el tamaño de los sedimentos aumenta al alejarse de la línea de costa y son principalmente angulosos.

Rodríguez *et al.* (2005) estudiaron 16 muestras de sedimentos fluviales del río Chama. Estas las separó usando tamizado en seco y los minerales pesados con bromoformo. Los datos fueron representados empleando curvas de frecuencia acumuladas. Sus resultados indicaron que las fracciones de arena media a fina son las predominantes. Además, determinaron la mineralogía mediante microscopía de luz reflejada, identificando la magnetita, hematita, granate, circón, epidoto, andalucita y monacita, en la fracción de arena fina.

Abreu (2007) reconoció los minerales pesados en 64 muestras de sedimentos fluviales del estado Bolívar. Dichos sedimentos fueron preconcentrados en batea y separados granulométricamente. Los minerales pesados fueron separados usando bromoformo y luego agrupados en magnéticos y

no magnéticos. Posteriormente, estos fueron cuantificados tomando un aproximado de 2500 granos. La cuantificación de los minerales fue realizada en algunas fracciones mediante el conteo de 200 granos. Finalmente, los minerales identificados en promedio y en orden de abundancia fueron: circón (85%), rutilo (6%), anatasa (0,2%), ilmenorutilo (5%), monacita (3%), oro (0,9%), concentrándose preferencialmente en las fracciones de arena media y arena fina.

Quevedo (2009) realizó un análisis mineralógico de minerales pesados de sedimentos de la cuenca del río Aro, estado Bolívar, con dos muestras. Estos minerales fueron separados por medio del método hidrodinámico y posteriormente en magnéticos y no magnéticos, de acuerdo a sus propiedades magnéticas. Para su identificación se basó en sus propiedades físicas tales como: color, brillo, hábito, fractura, diafanidad, esfericidad y redondez, utilizando para ello una lupa binocular. Adicionalmente empleó las técnicas de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), para determinar su textura, y DRX para establecer la mineralogía. Los minerales identificados fueron: magnetita, ilmenita, circón, moscovita, rodonita y cuarzo, siendo la ilmenita el más abundante con valores mayores a 90%, concentrándose preferentemente en las fracciones de arena media y arena fina.

### **3.2 Internacionales.**

Abu-Zeid *et al.* (2001) establecieron los atributos texturales y mineralógicos de sedimentos de dunas para establecer su proveniencia. El tamaño de los granos fue obtenido mediante el tamizado, mientras que la mineralogía se basó en el análisis petrográfico de 300 granos de minerales. La superficie de estos granos fue estudiada por intermedio de la técnica de microscopía electrónica de barrido. La mineralogía identificada consistió principalmente de livianos: cuarzo (50-70%), chert (5-6%), feldespato-K (0,5-1%) y pesados: piroxeno, turmalina, granate, rutilo, epidoto, monazita, circón, hornblenda y estaurolita en concentraciones de 1-4%. Sus resultados fueron interpretados como sedimentos de dunas más antiguas provenientes de rocas metamórficas e ígneas.

Moral *et al.* (2005) llevaron a cabo el estudio de la superficie textural de 110 muestras de sedimentos, además de su mineralogía y morfología para el estudio de proveniencia, tomando en cuenta, principalmente, las propiedades de minerales pesados como granate, andalucita, turmalina, estaurolita, rutilo y circón.

Dill (2007) estudió la morfología y sedimentología de muestras de minerales pesados en sedimentos, empleando las fracciones de 63-300 micrómetros (método de tamizado), y posteriormente identificándolas mediante un microscopio petrográfico (conteo de 200 y 300 granos). Adicionalmente, usó microscopía electrónica de barrido y fluorescencia de RX para determinar los aspectos geoquímicos. El orden de abundancia obtenido fue: granate, circón y rutilo.

Singh (2009) estudió muestras de sedimentos desde el punto de vista mineralógico y geoquímico. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas para separar las partículas mayores a 2 mm. Los minerales pesados (separados con bromoformo) y livianos fueron determinados por medio de DRX. Con esta técnica lograron identificar en orden de abundancia cuarzo, plagioclasa, feldespato-K, muscovita, biotita, clorita, turmalina, granate y circón.

Alcántara-Carrió *et al.* (2010) lograron determinar el área fuente de sedimentos eólicos mediante el estudio de su distribución espacial y composición mineralógica (DRX). La granulometría estuvo basada en el método de tamizado en seco y húmedo. La mineralogía fue determinada por medio de un microscopio petrográfico (conteo de puntos) y DRX. Las muestras estaban constituidas principalmente por carbonatos y en menor proporción por cuarzo, feldespatos, micas, olivino y magnetita, respectivamente.

Zahid y Barbeau (2010) fijaron la proveniencia de unos sedimentos usando la distribución y propiedades físicas de los minerales pesados presentes en estos (granate, estaurolita, circón, apatito, hornblenda, biotita, epidoto, piroxeno y clorita). Ellos trabajaron con las fracciones menores a 125  $\mu\text{m}$  (método de tamizado), separando los minerales pesados mediante tetrabromoetano y los identificaron por medio de un microscopio petrográfico (conteo de 300 granos). Mientras que la morfología fue obtenida mediante un análisis con microscopía electrónica de

barrido. Por medio de las asociaciones de los minerales identificados determinaron que la fuente son rocas metamórficas e ígneas que afloran en las cercanías del área de estudio.

Morton *et al.* (2011) estudiaron los minerales pesados presentes en 1 muestra de arenisca. La muestra de roca fue disgregada y luego tamizada en medio húmedo para eliminar las arcillas. Las fracciones de 63-125  $\mu\text{m}$  fueron separadas en minerales livianos y pesados usando bromoformo. Los minerales pesados fueron colocados en secciones finas sobre bálsamo de Canadá y analizados mediante un microscopio petrográfico por medio del conteo de 200 granos para determinar sus propiedades y la distribución granulométrica; luego los separaron y usaron microscopía de barrido para determinar la morfología y composición química. La identificación realizada en orden de abundancia fue: circón, turmalina, rutilo y granate.

Martins *et al.* (2011) estudiaron las características geoquímicas y la distribución espacial de 142 muestras de sedimentos. La granulometría fue determinada por medio del tamizado en húmedo para eliminar el lodo y tamizado en seco para separar las fracciones de arena y grava, los parámetros fueron tomados de la escala Wentworth (1922). Los óxidos y elementos principales fueron identificados a través de la técnica de fluorescencia de RX. Basándose en las distribuciones granulométricas y las correlaciones bivariadas de los óxidos, pudieron establecer los factores que intervienen en la depositación de los sedimentos y la fuente de proveniencia de los mismos.

Hossain *et al.* (2011) estudiaron la mineralogía y la geoquímica de 60 muestras de sedimentos. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas para eliminar las partículas mayores a 2 mm. La mineralogía fue estudiada usando un microscopio petrográfico (método de 600 puntos). Usando las propiedades de los minerales lograron identificar cuarzo, feldespato-K, plagioclasas, micas, epidoto, fragmentos líticos y granate. Para realizar la interpretación de la proveniencia de los minerales usaron el triangulo cuarzo-feldespato-fragmentos líticos y correlaciones bivariadas de los óxidos determinados en los sedimentos.

#### 4. AREA DE ESTUDIO

##### 4.1 Ubicación geográfica y fisiografía general.

El Golfo de Cariaco está ubicado en la región nororiental de Venezuela (Fig. 7), específicamente en el estado Sucre, entre los  $10^{\circ} 36' 00''$  -  $10^{\circ} 26' 20''$  de Latitud Norte y los  $64^{\circ} 36' 00''$  y  $63^{\circ} 38' 20''$  Longitud Oeste (Caraballo, 1982a). El golfo se comunica con el mar Caribe a través de una boca que tiene un ancho aproximado que varía entre 5 y 5,5 km. Sus dimensiones de largo y ancho son aproximadamente de 62 km y de 15 km, respectivamente, con una profundidad promedio de 50 m y una máxima de 90 m. Las formaciones orográficas que constituyen el borde costero del Golfo de Cariaco son de naturaleza geológica diferente (Caraballo, 1982a).

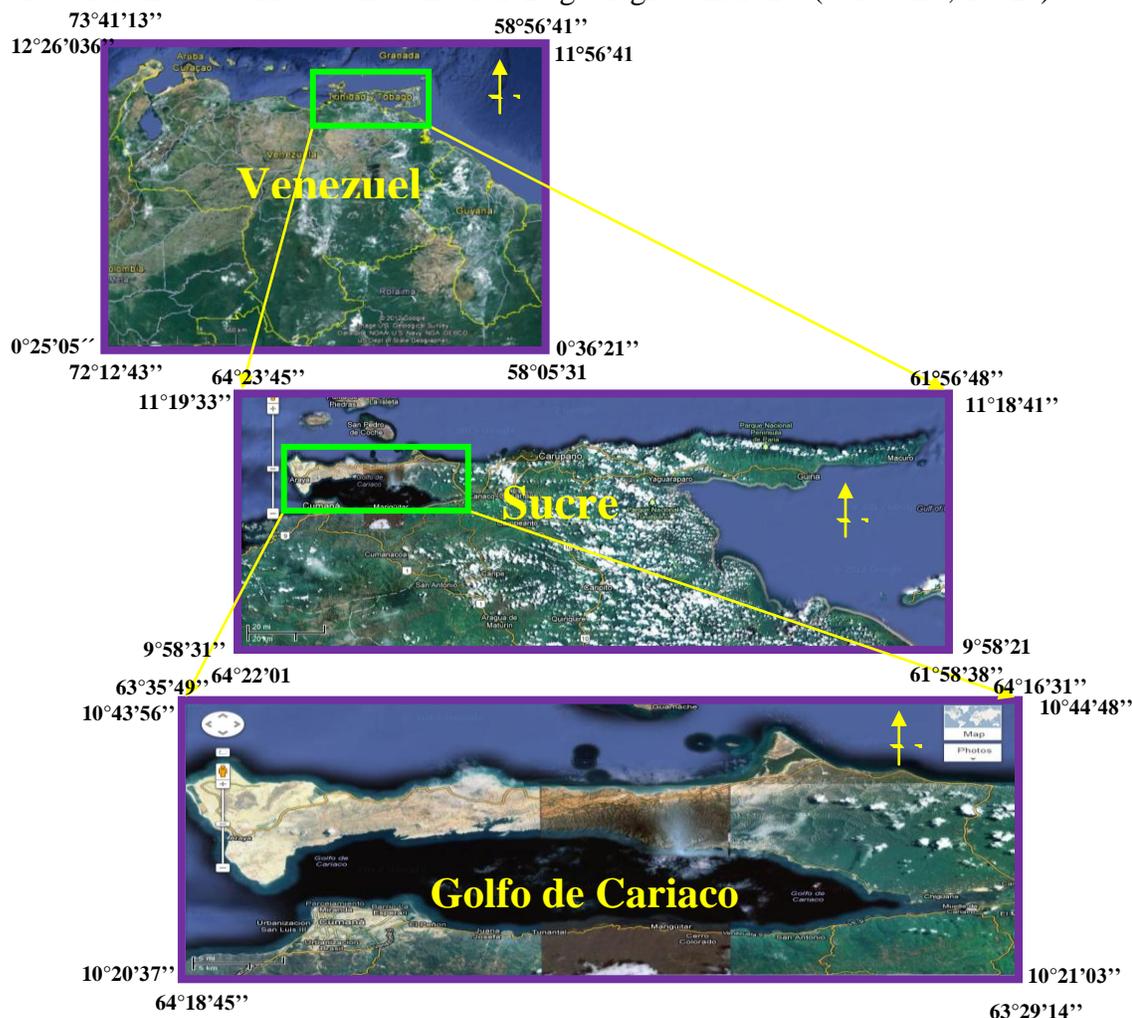


Figura 7. Localización geográfica del área de estudio.

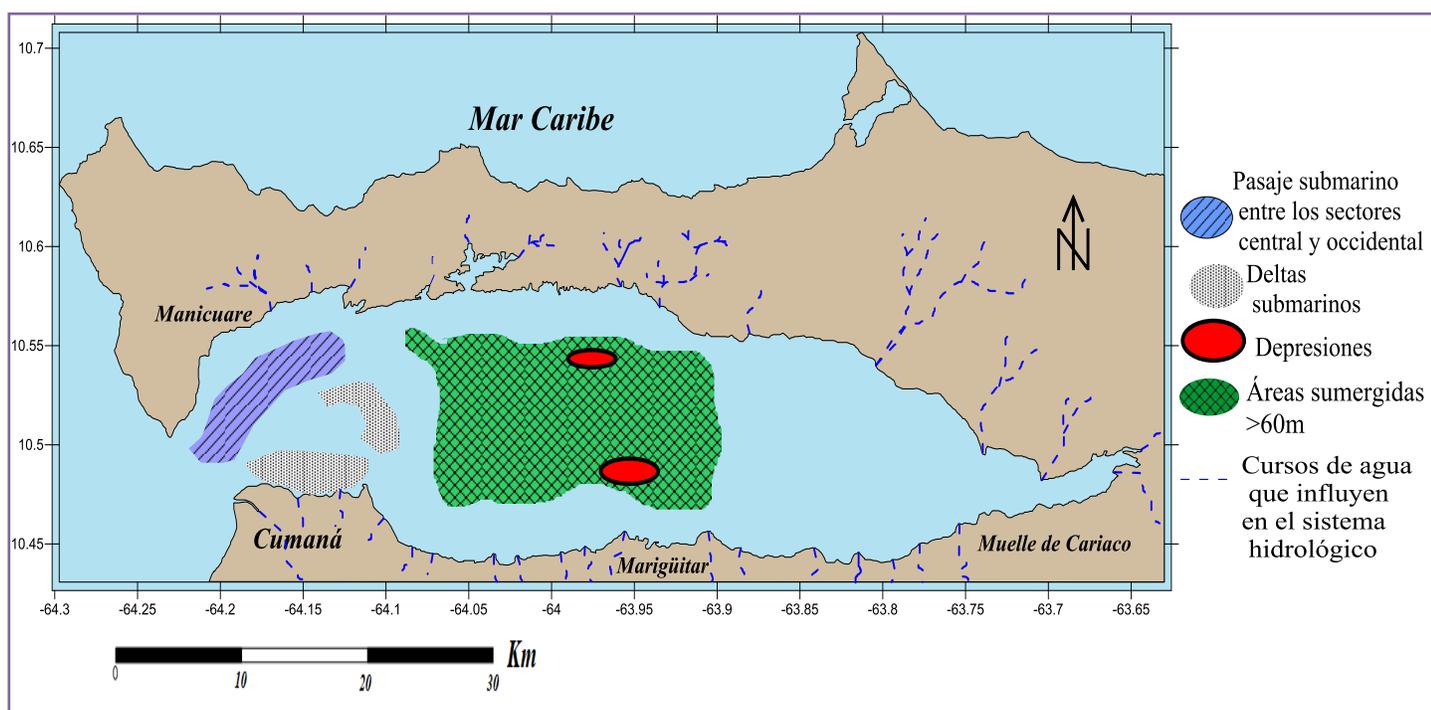
La Península de Araya, situada al norte del golfo, es parte de la espina dorsal que se prolonga hasta la Península de Paria y recibe el nombre de Serranía de Paria (Martínez, 2002). Está considerada como una cadena simple alineada constantemente en dirección este-oeste (Caraballo, 1982a). Esta consiste de una serranía central con elevaciones de hasta 600 m (Schubert, 1972). Hacia la parte más occidental de la península las alturas son cercanas a los 100 m, caracterizada por colinas redondeadas y con laderas suaves producto de la meteorización de los esquistos de la Formación Manicuare (Vignali, 1965).

En la zona más al este, los relieves montañosos son más pronunciados forman filas y picos agudos, con valles largos, rectilíneos y angostos, producto de la erosión de las rocas resistentes de la Formación Carúpano (Schubert, 1972). En ésta zona las pendientes que predominan son bastante pronunciadas (45%), tanto en las montañas bajas como en las colinas, Dichas pendientes llegan a ser superiores al 60% (Alvarado, 2005) en las zonas con paredes rocosas que se hundan en el golfo y que están expuestas continuamente a la acción marina (Schubert, 1972). Más hacia el este se encuentran pendientes muy suaves, casi planas, como consecuencia de los procesos erosivos que afectan a los sedimentos de la Formación Chiguana (Caraballo, 1982a).

Mientras que la costa sur del golfo forma parte del Macizo Oriental, que es una formación de origen sedimentario, el relieve predominante lo constituye en gran parte las rocas de la Formación Taguarumo, con elevaciones de hasta 600 m, con escarpados inclinados que van desde El peñón hasta las cercanías de la zona de San Antonio del Golfo (Caraballo, 1982a). En el sector más occidental influye el conjunto de sedimentos fuertemente tectonizados y plegados que constituyen los llamados Cerros de Caigüire. Estas son colinas con alturas máximas de 160 m y alineadas en sentido este-oeste.

En la costa sur del Golfo de Cariaco desembocan 34 cursos de agua, los cuales representan los mayores caudales fluviales; mientras que en la costa norte lo hacen 45 (Fig. 8), pero con caudales reducidos y de muy corto recorrido (Caraballo, 1982b). De todos ellos los ríos Manzanares, Cariaco y Carinicuaó son los que aportan las mayores cantidades de sedimentos al golfo (Caraballo, 1982a).

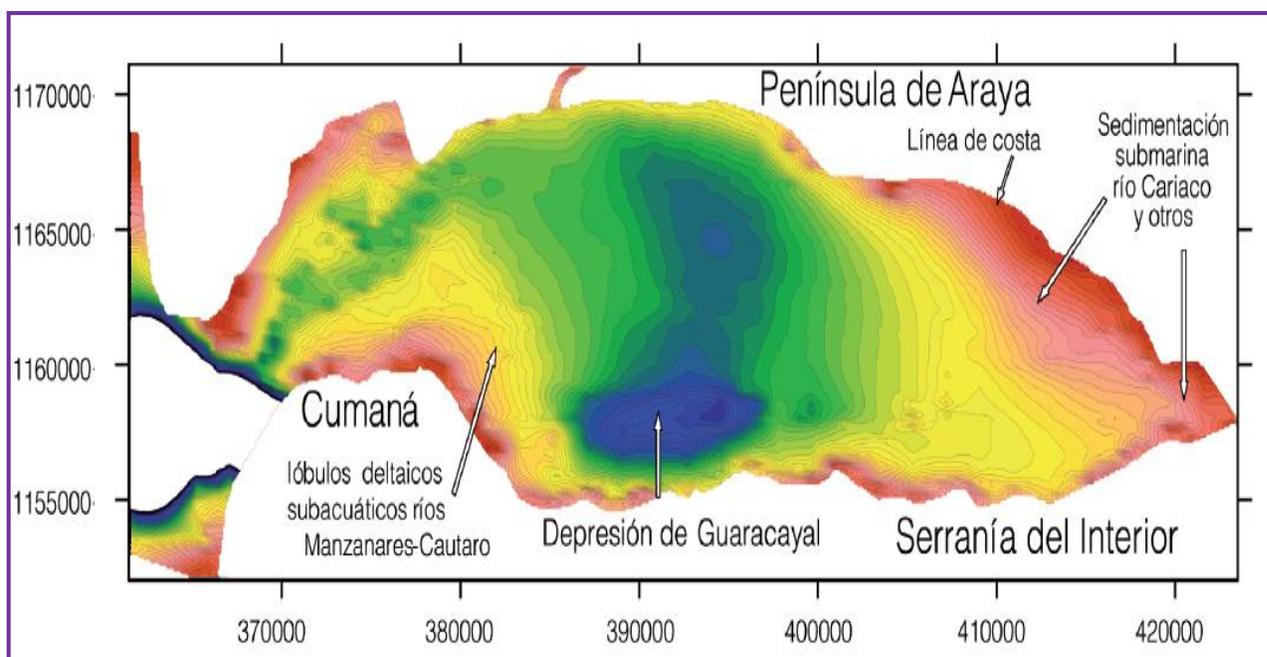
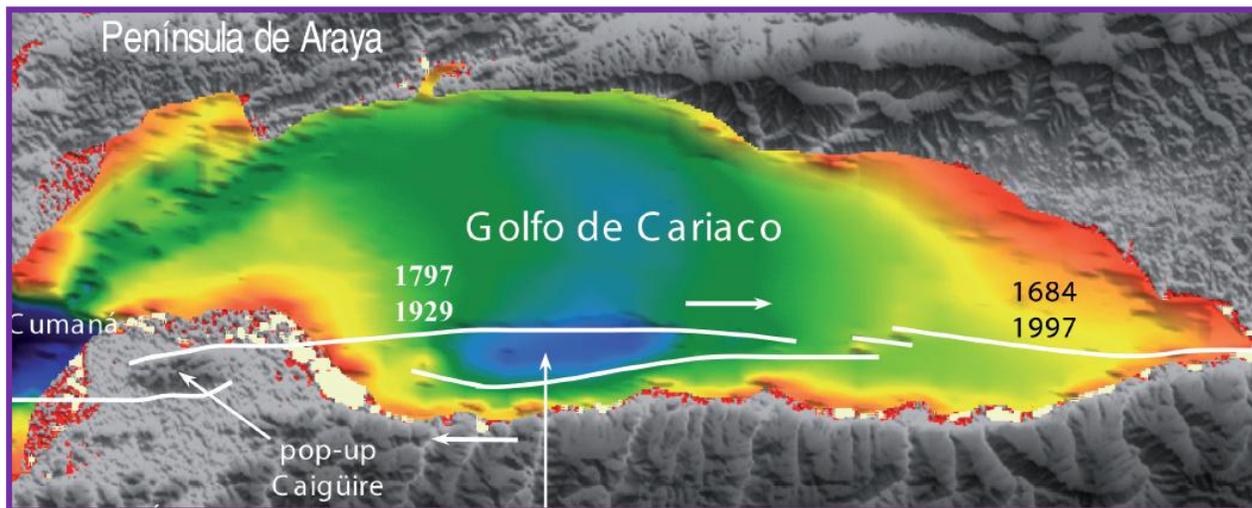
Las precipitaciones son algo superiores a los 250 mm, mientras que en la Península de Araya estas son aún inferiores. Las temperaturas oscilan entre 26 y 27 °C y son consideradas bajas para esta zona, debido al efecto suavizador de los vientos alisios del NE cuyas velocidades están comprendidas entre de 2 a 5 m/seg (Quintero *et al.*, 2006).



**Figura 8.** Cursos de aguas que influyen en el sistema hidrográfico del Golfo de Cariaco (Tomado y modificado de Caraballo, 1982a).

#### 4.2 Batimetría y morfología submarina

El detalle batimétrico permite establecer que la topografía submarina es de control estructural, en particular, a lo largo de sus costas donde están localizadas las trazas de la falla de El Pilar y de Cariaco (Audemard *et al.*, 2007) (Fig. 9).



**Figura 9.** Interpretación de la traza submarina de la falla de El Pilar en el Golfo de Cariaco (superior) y mapa batimétrico del Golfo de Cariaco (inferior) (Tomado de Audemard, 2007).

En la zona occidental desde la entrada del golfo hasta la línea imaginaria que une punta Salazar (Norte) y punta Delgada (Sur) pueden señalarse una especie de cañón o valle submarino que alcanza entre 80 y 150 m de profundidad. Según Caraballo (1982a) esta es la vía por donde

penetran las corrientes que provienen de la depresión de la Fosa de Cariaco. Sin embargo, el autor indica que en esta zona no son dadas las condiciones para que sean acumulados sedimentos debido a las corrientes que las arrastran hacia el centro del golfo. Este cañón podría estar controlado estructuralmente por trazas de la Falla de El Pilar o por alguna otra estructura proveniente de la Península de Araya. En esta zona la acumulación de sedimentos está muy limitada por las corrientes que los trasladan hacia el centro del golfo. Inmediatamente al valle submarino está localizada una zona de depresiones y levantamientos del relieve del fondo; con profundidades de 60 m y más, que constituye parte del canal de escape de las aguas encerradas en esta amplia depresión. En la zona norte pudo notarse la presencia de una pequeña colina submarina producto del hundimiento del saliente rocoso de Punta Salazar (Caraballo, 1982a).

La zona central está caracterizada por un fondo relativamente plano con profundidades en promedio de 60 m. Resalta dentro del detalle batimétrico de esta zona valores máximos de profundidades entre 90 y 95 m pertenecientes a la depresión de Guaracayal (Caraballo, 1982a). Esta depresión orientada en dirección este-oeste, asemeja a una cuenca en tracción generada por trazas de la falla dextral de El Pilar (Audemard *et al.*, 2007). Mientras que más al Norte están localizadas otras 2 depresiones más pequeñas; una de ellas es llamada depresión Cerro Abajo. Otro rasgo geomórfico de importancia lo constituye el extenso delta submarino Punta Delgada. Este delta da origen a una barrera natural que impide el intercambio total de las masas de agua de las zonas occidental y central del Golfo de Cariaco y responsable en parte, de una zona anóxica en la zona centro sur (Caraballo, 1982a).

Un aspecto geomorfológico importante son las pendientes abruptas casi verticales de las costas norte y sur que atestiguan los sitios precisos por donde pasan trazas de fallas que afectan al Golfo de Cariaco. Es por esta razón que no existe una plataforma litoral donde pueda haber acumulación de sedimentos. Sin embargo, y a diferencia de la costa sur, en la costa norte la inexistencia de grandes elevaciones montañosas que aporten considerables volúmenes de

sedimentos y los pocos cursos de aguas importantes, hace que la acumulación de sedimentos sea muy incipiente (Caraballo, 1982a).

La zona oriental posee las menores profundidades 55 m que disminuyen hacia el área nororiental. Posee un fondo suave, regular y de moderada inclinación que parece reflejar una amplia plataforma de sedimentación por donde discurrían muchos ríos y quebradas que aportaban buena porción de los sedimentos del golfo. Caraballo (1982a), indica que en el fondo fueron detectados levantamientos submarinos alineados en sentido de la falla de El Pilar.

En general la morfología submarina del golfo esta totalmente controlada tectónicamente (*Audemard et al.*, 2007). En esta zona existe un gran canal submarino con pendiente hacia el oeste, igualmente este eje principal sigue la dirección de la falla de El Pilar. Asimismo, la dirección predominante de los drenajes que comunican la zona occidental y central tienen dirección E-W, coincidiendo con la dirección del sistema de fallas de El Pilar y la falla de Cariaco, lo que señala la notable influencia tectónica en el sistema de drenajes y el aspecto asimétrico del fondo del Golfo de Cariaco (Caraballo, 1982a).

## **5. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO.**

---

### **5.1 Marco geológico regional.**

El Golfo de Cariaco está inmerso en el gran sistema montañoso de la Cordillera del Caribe. Según González de Juana (1980), esta abarca desde Barquisimeto hasta el extremo más occidental de la Península de Paria. La Cordillera del Caribe, a su vez, esta dividida en dos regiones, una ubicada en la región occidental y llamada Sistema Orográfico Central (Cordillera de la Costa al norte y Serranía del Interior Central al sur) y otra en la parte oriental conformada por la Serranía del Litoral Oriental o Cordillera Araya-Paria en la parte norte y la Serranía del Interior Oriental en la zona sur. Es en esta última zona donde está ubicada el área de estudio.

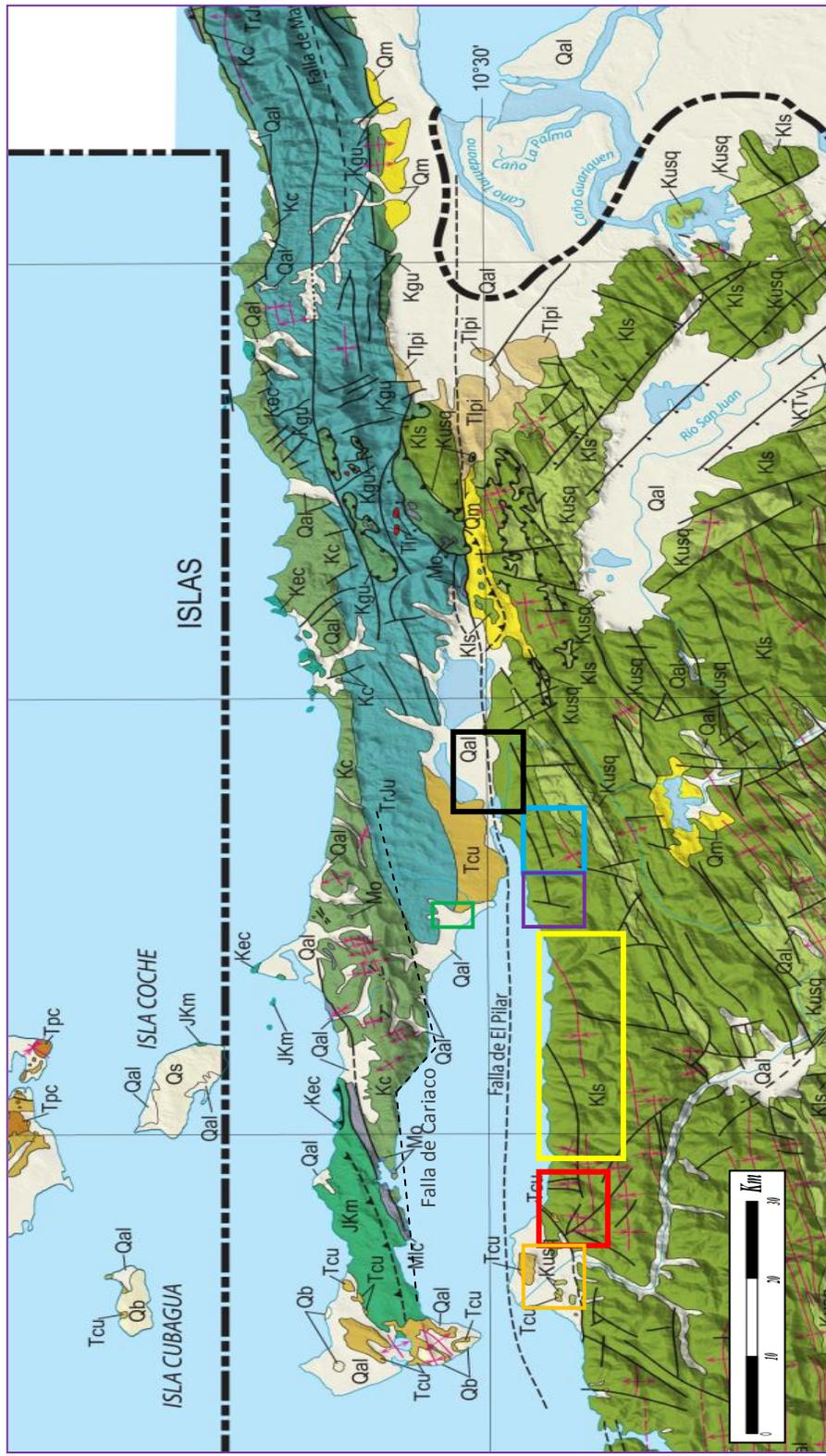
La Cordillera Araya-Paria, comienza en el extremo occidental de la Península de Paria y termina en el extremo oriental de esta. Esta cordillera es dividida en tres zonas: la Península de Araya, el estribo de Casanay-Carúpano y la Península de Paria.

La costa septentrional de la Cordillera Araya-Paria, está conformado por un acantilado casi continuo, mientras que en la zona sur, costa norte del Golfo de Cariaco, posee hasta un 70% de acantilados bajos. Esta caracterizada por rocas metamórficas principalmente que comienzan desde la población de Manicuaire.

La Serranía del Interior Oriental parte desde Unare al oeste hasta el río San Juan al este, y está conformada por macizos que alcanzan los 2900 m de altura y de donde nacen ríos como el Manzanares que desemboca en el Golfo de Cariaco. Su relieve de valles y filas está controlado por las litologías del área que suelen ser rocas resistentes intercaladas con rocas poco competentes como areniscas, calizas y lutitas (González de Juana, 1980).

### **5.2 Marco geológico local.**

Dentro del marco geológico general, el Golfo de Cariaco está localizado entre el conjunto de rocas metamórficas y sedimentarias de la costa norte que conforman la Península de Araya y las sedimentarias de la Serranía del Interior de la costa sur (Caraballo, 1982b) (Fig. 10.)



Leyenda:

- |            |                                       |             |                                           |
|------------|---------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| <b>JKm</b> | Fm. Manicuaire (Jurásico a cretácico) | <b>TrJu</b> | Fms. Uquire y Mauro (Triásico a Jurásico) |
| <b>MLc</b> | Fm. Laguna chica (Mesozoico)          |             | Fm. Cumaná                                |
| <b>KLS</b> | Sucre (Cretácico temprano)            |             | Fm. Coche                                 |
| <b>Tcu</b> | Fm. Cubagua (Mioceno)                 |             | Fm. Cagüire                               |
|            |                                       |             | Fm. Chiguana                              |
|            |                                       |             | Fm. Frontado                              |
|            |                                       |             | Fm. Valle Grande                          |
|            |                                       |             | Fm. Taguarumo                             |

**Figura 10.** Mapa geológico de la zona en estudio (Tomando y modificado de Alvarado, 2005).

Schubert en 1972 estableció que las rocas metamórficas presentes en la Península de Araya eran las pertenecientes a las formaciones Manicuare, Laguna Chica, Carúpano y Tunapui. La Formación Manicuare está representada por un conjunto de esquistos cuarzo-micáceos, frecuentemente granatíferos o epidóticos, con intercalaciones de cuarcitas, mármol y abundantes vetas de cuarzo.

Según el citado autor, estas rocas están presentes en una franja gruesa que va desde el poblado de Manicuare hasta Chacopata en la zona occidental de la península. La topografía de esta zona está caracterizada por cerros redondeados con cimas constituidas por vetas y bloques de cuarzo (Vignali, 1965; Schubert, 1972; González de Juana, 1980; Caraballo, 1982b; Alvarado, 2005).

Los esquistos y cuarcitas son los más abundantes llegando a un 70% de la formación, mientras que el resto de rocas suman el faltante 30%. La zona sur de esta formación, que aflora hacia el Golfo de Cariaco, está predominada por esquistos cuarzo-micáceos con pocas intercalaciones de cuarcitas. Esta formación está en contacto de falla con la Formación Laguna Chica (Schubert, 1972; Alvarado, 2005).

Los esquistos cuarzo-micáceos están conformados principalmente por cuarzo y muscovita el resto con porcentajes variables o accesorios de plagioclasa, clorita, epidoto, cianita, granate, turmalina y grafito. El cuarzo es encontrado en granos algo esféricos y angulares/sub-angulares. El tamaño promedio de los granos va de 0,1 a 0,5 mm (Schubert, 1972; Alvarado, 2005).

Alvarado (2005) indica que las cuarcitas pertenecientes a esta formación son generalmente grisáceas con tamaños de granos que van desde 0,1 a un máximo de 1 mm. Puede contener inclusiones de mica muscovita y el cuarzo es comúnmente angular/sub-angular con evidencias de recristalización, bordes suturados, estructuras de mortero y cataclásticas (Schubert, 1972).

En cuanto al mármol, posee principalmente calcita y accesorios de cuarzo y muscovita. El tamaño de los granos no sobrepasa 0,1 mm. Las vetas de cuarzo son tabulares y de cuarzo blanco (lechoso) (Schubert, 1972).

Más hacia el este de la costa norte del Golfo de Cariaco afloran las rocas pertenecientes a la Formación Laguna Chica, compuesta casi en su totalidad por filitas cloríticas (99%). El resto son cuarcitas y esquistos cloríticos Schubert (1972).

Schubert (1972) y Alvarado (2005), indican que las filitas están compuestas principalmente por cuarzo, clorita y muscovita, con accesorios de calcita y óxidos. El tamaño de los granos es menor a 0,1 mm. El cuarzo es sub-angular principalmente y con abundantes evidencias de recristalización. Por otra parte, las cuarcitas poseen cuarzos sub-angulares/sub-redondeados con tamaños menores a 0,1 mm, con estructuras cataclásticas e inclusiones de mica muscovita. Esta formación esta en contacto de falla con la Formación Carúpano hacia el este.

La Formación Carúpano está compuesta por una secuencia de esquistos cuarzo-micáceos calcáreos, esquistos filíticos cuarzo-cloríticos y calizas negras grafitosas. Cubre una ancha faja que atraviesa la Península de Araya desde Saucedo hasta Punta Salazar (Alvarado, 2005). Las filitas y esquistos carbonaticas conforman casi el 80% de la unidad. Puede contener hasta un 60% de cuarzo, 20% de muscovita y cantidad varias de clorita, epidoto y accesorios. Los tamaños de granos generalmente no son mayores a 0,1 mm, pero pueden llegar hasta 0,5 mm (Alvarado, 2005). En esta formación están incluidos pequeños fragmentos de rocas serpentinizadas muy cerca de los contactos de falla de la formación Laguna chica.

Más hacia el este de la península, aparece la Formación Tunapui (Schubert, 1972), que comprende principalmente esquistos cuarzo-micáceos cloríticos, filitas grafitosas y cuarcitas. Los esquistos ocupan la mayor parte de esta formación y están conformados por 70% de cuarzo y 30% de muscovita (Alvarado, 2005).

Con respecto a las rocas sedimentarias que afloran en la península, Vignali (1965) explica que son principalmente las rocas pertenecientes a la Formación Cubagua, el Miembro Cerro Negro de la Formación Cubagua, ubicado en la parte más occidental de la península, es el que está en contacto directo con el Golfo de Cariaco. Este aporta sedimentos pertenecientes a rocas sedimentarias del tipo: areniscas, margas, lutitas y limolitas.

Por su parte, la Formación Coche, situada al este de la península, corresponde a conglomerados de cuarzo lechoso, areniscas y lutitas (Alvarado, 2005).

En la costa del Saco del Golfo, pueden encontrarse afloramientos pertenecientes a rocas sedimentarias que conforman la Formación Chiguana, principalmente está conformada por intercalaciones de rocas de granos muy finos como limos, arcillas o arenas muy finas (Caraballo, 1982b).

En la parte norte de la Serranía del Interior Oriental que esta en contacto con el golfo, afloran rocas netamente sedimentarias que forman parte de las formaciones Taguarumo, Valle Grande, Caigüire, Frontado y Cumaná principalmente.

La Formación Taguarumo es la que tiene la mayor extensión en la costa norte del golfo y está conformada por rocas tipo arenisca, caliza de colores claros, lutitas gris oscuro a negro y limolitas principalmente. Las areniscas son principalmente de grano muy fino a medio y generalmente todas las rocas son micáceas (Guillaume *et al.*, 1969).

Ascanio (1972) indica que en la zona de Cumaná, la Formación Cumaná aporta al golfo, sedimentos que provienen de los procesos erosivos de capas gravas, intercalaciones de arcillas y margas, arenas muy finas, coquinas, arcillas grises y lentes de arena.

Por su parte, un poco al este de esta zona, aparecen los conocidos Cerros de Caigüire, constituidos por intercalaciones de margas fosílicas, gravas arenosas, areniscas de grano fino grises, chert negro, arcillas y limos grises. Los minerales son generalmente de grano fino y sub-redondeados (Ascanio, 1972).

Las formaciones Frontado y Valle Grande están localizadas en el extremo este de la costa sur del golfo. Se caracterizan por la presencia de arenas limosas, calizas grises, lodolitas calcáreas, rocas arcillosas, fragmentos de chert y conglomerados mal escogidos (Alvarado, 2005).

### ***5.3 Generalidades de la geología estructural local.***

La zona de estudio está ubicada entre dos dominios diferentes: uno alóctono al norte y otro autóctono al sur. La cordillera metamórfica (alóctona) está en contacto con la cordillera sedimentaria (autóctona) o Serranía del Interior Oriental, a través de un sistema de fallas dentro de la que figuran la falla de El Pilar y de Cariaco (Alvarado, 2005) (Fig. 10).

En general, el área que ocupa el Golfo de Cariaco o graven de Humbolt está delimitada al sur por la falla de El Pilar y el bloque de la Serranía del Interior Oriental y por el norte con la falla de Cariaco y las rocas que conforman la Cordillera Araya-Paria (Caraballo, 1982a). En la zona norte, la falla de Cariaco genera rasgo morfológico más importante que es el descenso inmediato y casi vertical de las paredes rocosas (escarpe de falla) hasta el fondo del golfo.

Por otro lado, la falla de El Pilar, tiene una influencia muy marcada en el fondo marino del golfo, generando una depresión pequeña y alargada (depresión de Guaracayal) en el borde sur y numerosos escarpes de fallas muy conspicuos en el lecho marino (Audemard, 2007).

## **6. METODOLOGIA**

---

Para la realización de esta investigación el trabajo metodológico fue dividido en 4 fases: colecta de muestras, tratamiento físico de las muestras, conteo de granos e identificación de minerales y tratamiento estadístico de los datos. El esquema simplificado de la metodología empleada se muestra en la figura 14.

### **6.1 FASE I: Colecta de muestras.**

El muestreo de los sedimentos fue realizado por el personal del Instituto Oceanográfico de Venezuela a bordo del buque oceanográfico Guaiquerí. Las muestras fueron captadas en 68 estaciones ubicadas en todo el Golfo de Cariaco (Fig.11). Esto se hizo por medio de una draga tipo Petersen, con un área de apertura de 0,101 m<sup>2</sup>, durante una campaña organizada en el mes de octubre del 2010. Dicha campaña estuvo enmarcada en el Proyecto Estudio Integral del Golfo de Cariaco (PEIGC). Los sedimentos recolectados del lecho marino fueron homogeneizados y cuarteados hasta conseguir aproximadamente 5 kg de muestra; luego almacenados en bolsas plásticas previamente rotuladas y refrigeradas hasta su tratamiento en el laboratorio. Finalmente, las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Geoquímica Ambiental del Instituto de Ciencias de la Tierra-UCV.

### **6.2 FASE 2: Tratamiento físico de las muestras.**

Esta fase consistió en la separación de los componentes de las muestras en sus fracciones granulométricas, usando el método de tamizado y la determinación de la composición de los minerales y fragmentos de rocas presentes en el sedimento mediante el uso de una lupa binocular.

#### **6.2.1 Separación granulométrica.**

Las muestras totales de sedimentos fueron separadas granulométricamente mediante el método de tamizado en húmedo (Tosiani, 2005). Previo al proceso de separación granulométrica, las muestras fueron descongeladas, y colocadas a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas, y luego pesadas en húmedo.

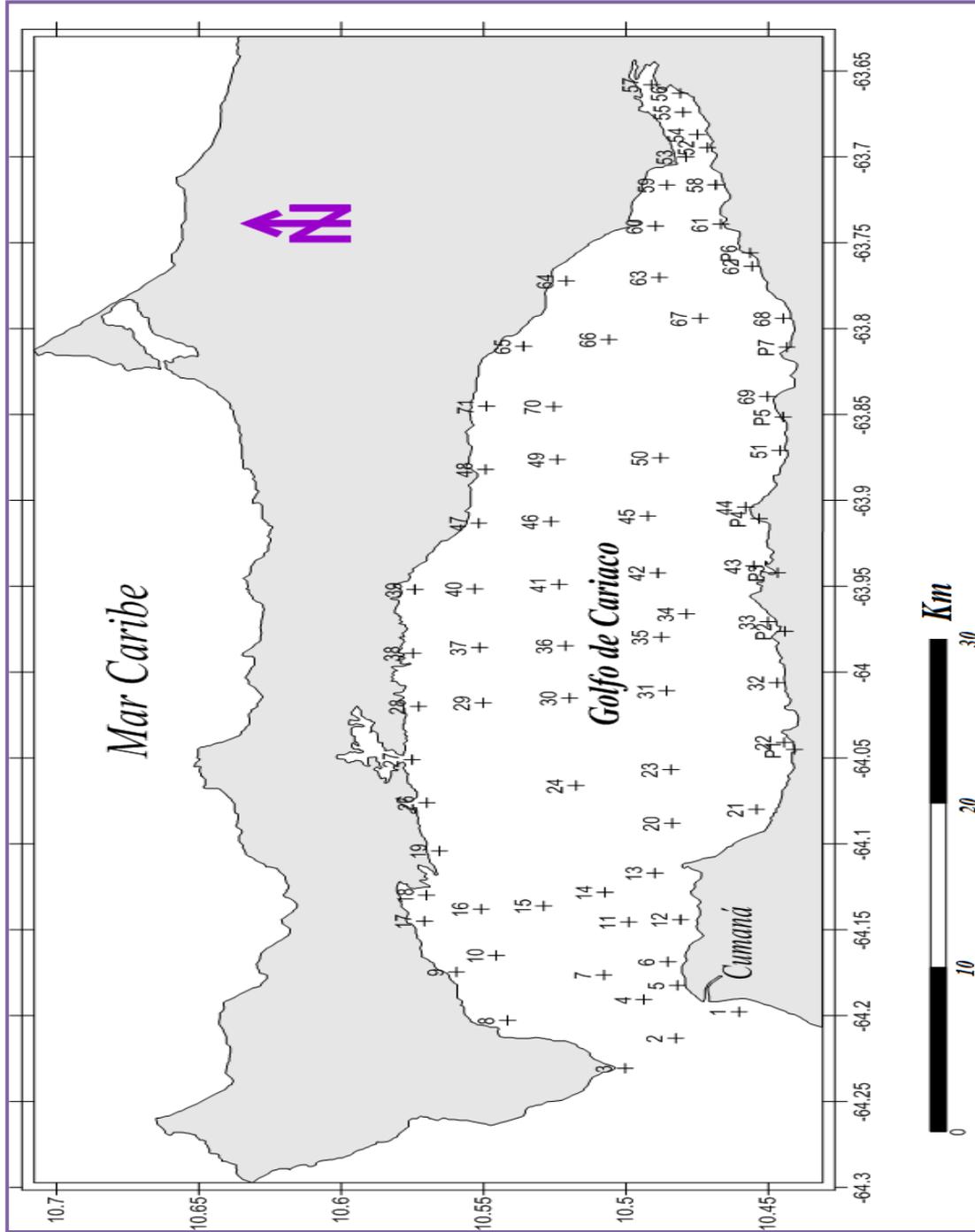


Figura 11. Mapa de localización de las estaciones de muestreo.

Para el tamizado en húmedo, se empleó una mínima cantidad de agua, de manera que su volumen no excediera los 1000 mL. Los tamices utilizados fueron de acero inoxidable, con un tamaño de malla de 10, 18, 40, 60, 120, 230 y 325 (Fig.12). De esta manera pudieron separarse las fracciones de gravas (>2 mm), arena muy gruesa (1-2 mm), arena gruesa (0,5-1 mm), arena media (0,25-0,5 mm), arena fina (0,125-0,25 mm), arena muy fina (0,0625-0,125 mm) de los limos y arcillas (>0,0625 mm); estos últimos se mantuvieron en suspensión dentro de la fase acuosa.

Para separar el lodo, en sus componentes limo y arcilla, la fracción de lodo fue sometida a un proceso de asentamiento, por 24 horas, en tubos de vidrio de 7,5 cm de diámetro y 1,5 m de largo (Fig.12). Finalmente, cada una de las fracciones obtenidas fueron secadas en una estufa a una temperatura constante de 55°C; posteriormente cada fracción fue pesada en una balanza analítica y luego almacenadas en bolsas plásticas limpias y debidamente rotuladas.

El porcentaje en peso de cada fracción granulométrica fue calculado mediante la siguiente expresión:

$$\text{Fracción granulométrica (\%)} = \frac{\text{Peso seco de cada fracción (g)}}{\text{Peso seco de muestra total (g)}} \times 100$$



**Figura 12.** Materiales empleados en la separación granulométrica (tamices y columnas de sedimentación).

### **6.3 FASE 3: Conteo de granos e identificación de minerales**

#### **6.3.1 Análisis mineralógico**

Las muestras correspondientes a las fracciones de gravas (>2 mm), arena muy gruesa (1-2 mm), arena gruesa (0,5-1 mm), arena media (0,25-0,5 mm), arena fina (0,125-0,25 mm) y arena muy fina (0,0625-0,125 mm) fueron homogeneizadas y cuarteadas por medio de una espátula, hasta obtener alrededor de 1000 granos de cada una. A partir de esa cantidad fueron tomadas, al azar, alícuotas de aproximadamente 500-600 granos (Abreu, 2007; Quevedo, 2009).

Los granos fueron colocados en una cápsula de Pietri y analizados bajo una lupa binocular (Garbán, 1998; Tosiani, 2005; Abreu, 2007; Quevedo, 2009) marca Leica Mz 125, con diferentes aumentos, empleando luz transmitida. Este microscopio contó con una linterna binocular marca Leica, modelo CLS 100x, con 6 intensidades de luz, de color blanco, que permitió reflejar la luz en la superficie mineral en cualquier dirección.

Para lograr identificar los minerales y fragmentos de rocas presentes en los sedimentos, éstos fueron separados y agrupados según sus similitudes de color, hábito, fractura, clivaje, brillo o textura; y luego comparados con fotografías encontradas en el atlas fotográfico de minerales publicado por Pierre (1978). Posteriormente, cada grupo de mineral o fragmento de roca identificado fue cuantificado, con la ayuda de una aguja fina, hasta alcanzar un total aproximado de 600 granos (Abreu, 2007; Quevedo, 2009). Además, para todos los minerales y fragmentos de rocas fueron estudiadas características como redondez y esfericidad por medio del análisis visual usando la escala planteada por Folk (1978). Los minerales y fragmentos de rocas identificados fueron fotografiados con una cámara Kodak y archivados digitalmente.

Posteriormente, fue calculado el porcentaje de esos minerales con respecto al total de granos cuantificados en cada fracción mediante la ecuación:

$$\text{Minerales (\%)} = \frac{\text{Número de granos de cada mineral}}{\text{Número total de granos cuantificados}} \times 100$$

El porcentaje de los minerales y la proporción granulométrica de cada fracción estudiada fue usado para calcular el valor ponderado de cada uno de los minerales y fragmentos de rocas identificados en el sedimento mediante la fórmula:

$$Mt = (\sum [F1 * M1 + \dots Fn * Mn]) / (\sum [F1 + \dots Fn])$$

Mt= valor ponderado de cada mineral en el sedimento.

Fn= masa de cada fracción del sedimento.

Mn= porcentaje de cada mineral en la fracción granulométrica.

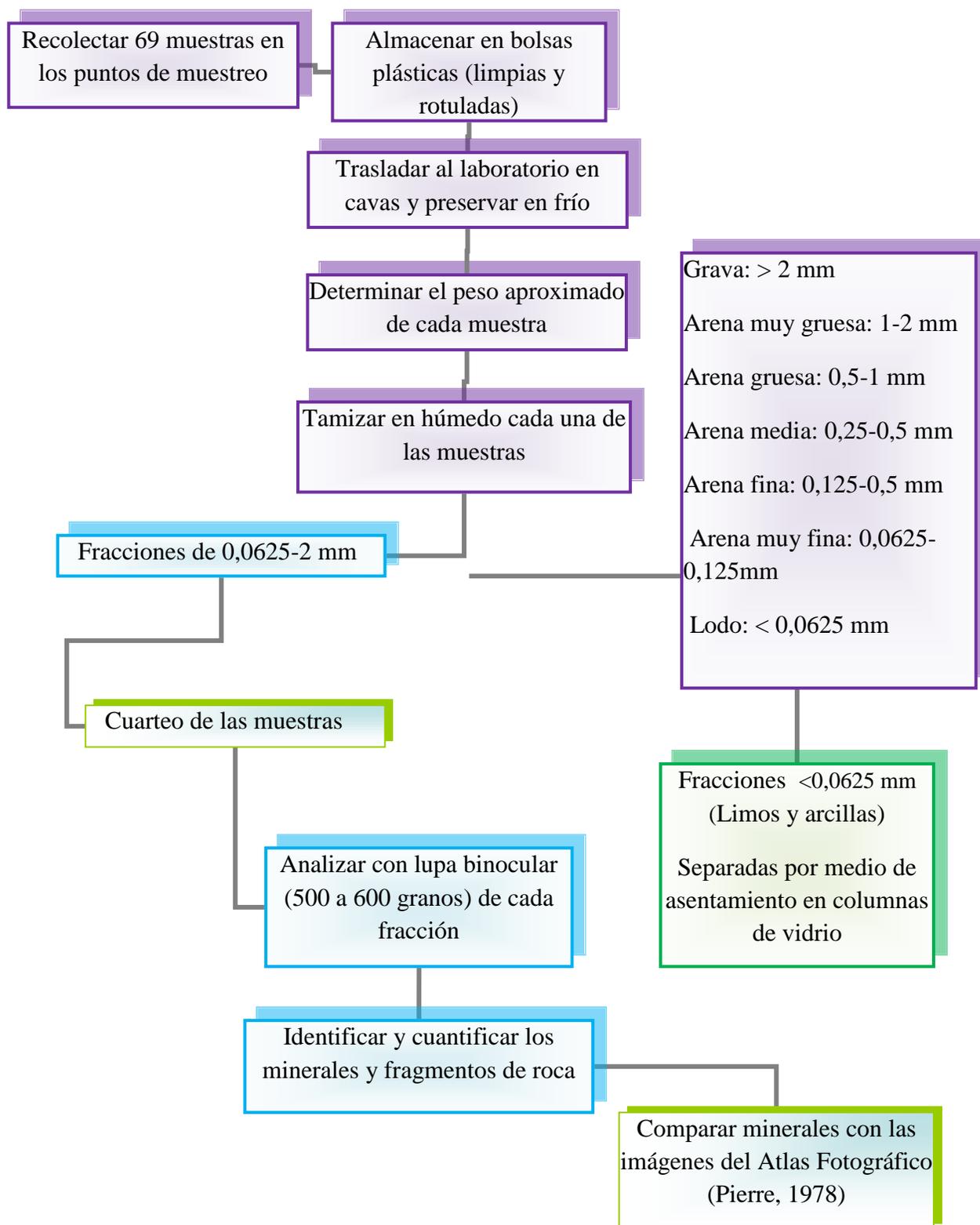


**Figura 13.** Lupa binocular Leica Mz125 (izquierda) y cuarteo y toma de muestras (derecha).

#### **6.4. FASE 4: Tratamiento de los datos.**

Los datos obtenidos de la separación granulométrica y la identificación mineralógica fueron representados en gráficos y tablas por medio del programa Microsoft Office Excel 2010. Con los datos de la composición mineralógica fueron construidos mapas que muestran la distribución

espacial de estos por estación y por fracción granulométrica a través de la utilización del programa de mapeo Surfer 10.



**Figura 14.** Esquema simplificado de la metodología empleada.

## **7. RESULTADOS Y DISCUSION**

---

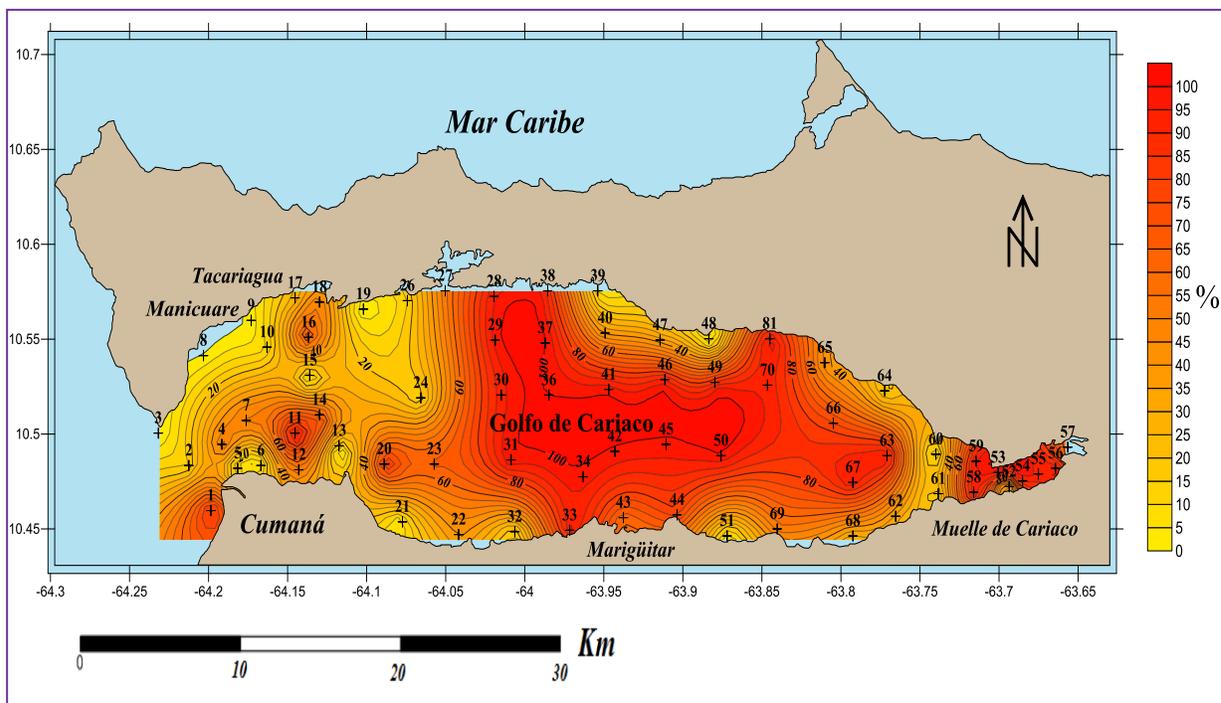
En este capítulo son presentados los resultados obtenidos e interpretados de los mismos, en términos de la composición granulométrica y mineralógica de los sedimentos analizados, la distribución de ellos en los distintos tamaños de granos y en el área de estudio, así como de las probables fuentes de aportes de los sedimentos. Los mapas y gráficos que son mostrados en este capítulo fueron realizados a partir de los datos, contenidos en tablas, que son presentadas en el apéndice.

### **7.1 Distribución de los sedimentos del Golfo de Cariaco.**

La distribución granulométrica de los sedimentos del golfo está determinada por la fracción más abundante en cada punto de muestreo. Para esto fueron usadas las clases de tamaño establecida por Wentworth (1922), las cuales fueron mostradas en la tabla 1, y empleadas para elaborar la tabla del apéndice 1 que contiene los datos de la distribución granulométrica de los sedimentos de toda la zona de estudio.

En el apéndice 1 puede verse que el tamaño de grano promedio que predomina en el Golfo de Cariaco es lodo (limos + arcillas), con una proporción porcentual de 55,4% del sedimento, le siguen las arenas (41,0 %) y por último la grava (3,6 %).

La figura 15 muestra que la fracción de lodo ocupa más de la mitad del espacio físico del área de estudio. Los valores más altos fueron registrados en la zona central, oriental y en unas pequeñas áreas cercanas a la desembocadura del río Manzanares. La presencia del material fino en la zona central está relacionado con las áreas de mayor profundidad o depresión central del golfo, que son las de menor energía, y con la cercanía de fuentes de material fino como los ríos Manzanares al oeste y Cariaco al este (Caraballo, 1987b).



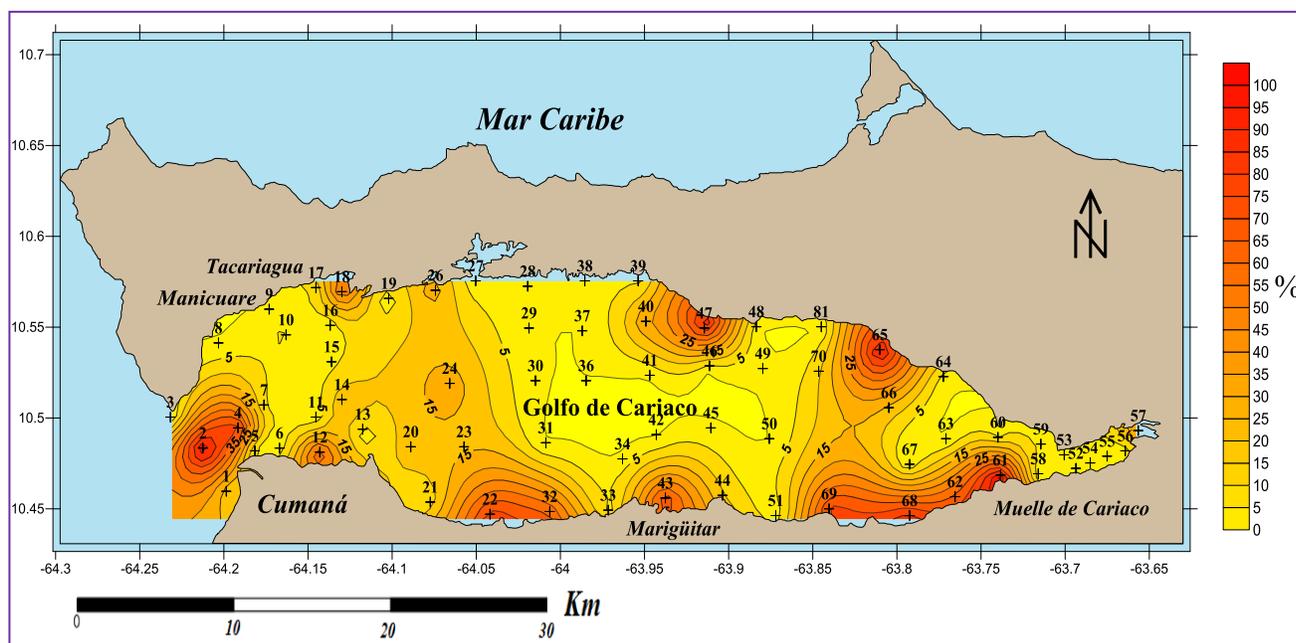
**Figura 15.** Distribución de la fracción de lodo (limo + arcillas) en el Golfo de Cariaco.

La arena alcanza un valor máximo de 67,3 % y un valor mínimo cercano al 0% del sedimento analizado (Apéndice 1). Los valores más altos de esta clase pudieron observarse en la zona más occidental del Golfo de Cariaco, cerca de la entrada y salida de las aguas del mar Caribe y del río Manzanares, así como en ciertas zonas costeras de la zona oriental cercanas a la población de Marigüitar.

En relación a la distribución de cada tipo de arena, el apéndice 1 indica que las arenas muy finas son las que presentan el porcentaje promedio más alto (11,9%), seguida de la arena gruesa (8,8%), la arena media (8,1%) y arena fina (7,6%) y finalmente la arena muy gruesa (4,5%) de los sedimentos captados en toda la región.

La figura 16 muestra la distribución de las arenas muy finas en el golfo. Este material presentó el valor máximo de 56,8% del sedimento, en la estación 61, localizada en el sector El Saco del Golfo. Sin embargo, los valores mayormente altos se ubican principalmente cerca de la

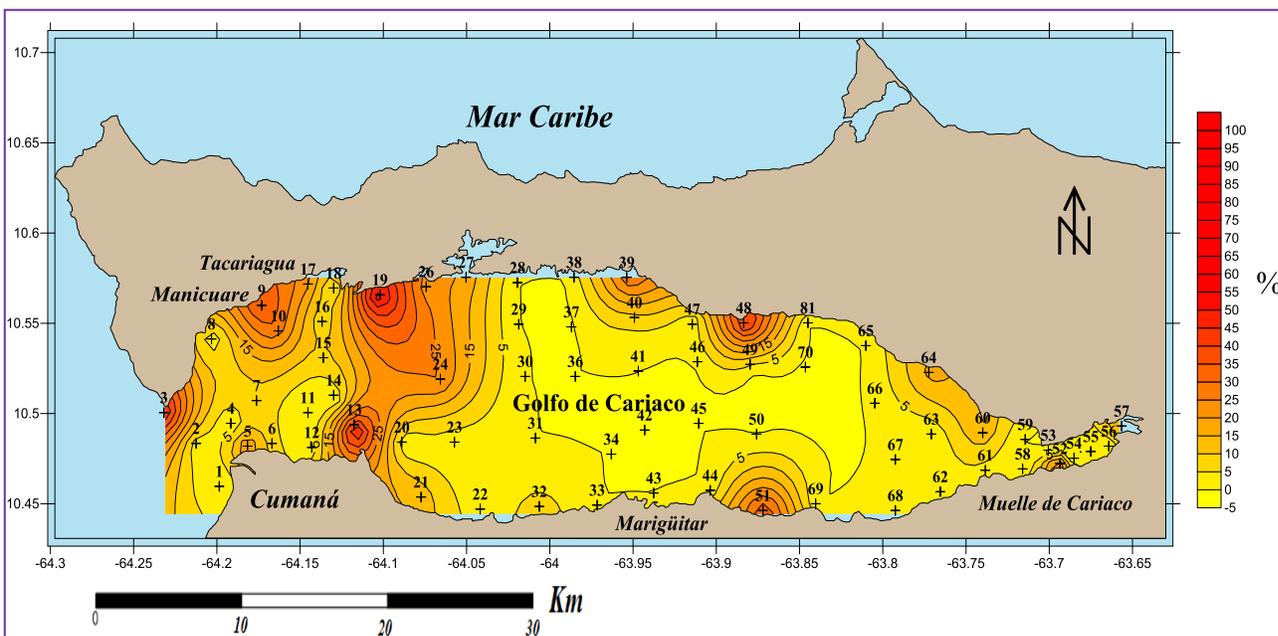
desembocadura del río Manzanares al oeste, en el antiguo delta submarino del río Manzanares (anteriormente río Cautaro) más al este de la boca actual de este río. También en la zona oeste de la depresión central y en algunas zonas costeras al este del golfo. La presencia de sedimentos con una alta proporción de arena fina en muchos sitios de las zonas costeras se atribuye a los aportes de los ríos y quebradas que drenan sus aguas hacia la cuenca del golfo. En otros sitios del golfo, esta clase de sedimento está relacionado con zonas profundas, donde las corrientes submarinas pueden redistribuirlo (Caraballo, 1987b).



**Figura 16.** Distribución de la fracción de arena muy fina en el Golfo de Cariaco.

La arena gruesa, al igual que la arena muy fina, presenta los mayores valores porcentuales en la zona más occidental del golfo y en algunas zonas de la costa norte (Fig. 17). La tabla del apéndice 1, muestra que el valor más alto de esta clase fue de 54,2 %, en la estación 19, cerca de Punta Angoleta al este de la población Mero, pero también se presentaron valores relativamente altos en la desembocadura de varios ríos de la costa norte, debido mayormente al gran aporte de fragmentos líticos provenientes de la erosión de las formaciones geológicas expuestas en esta zona. Además, en el área occidental se encuentran algunas estaciones que presentan valores

relativamente altos de esta clase de arena asociado con los restos de fragmentos esqueléticos y conchas marinas allí depositadas (terrazas marinas y zonas coralinas) (Caraballo, 1987b).



**Figura 17.** Distribución de la fracción de arena gruesa en el Golfo de Cariaco.

Las arenas medias y finas (Fig. 18 y 19), también muestran una clara tendencia a acumularse preferiblemente en la zona occidental del área de estudio. La arena media presentó un valor máximo que alcanzó el 67,4% del sedimento, en la estación 8, cerca de la población de Manicuare; mientras que la arena fina (61,0 %) lo presentó en la estación 6, influenciada por el río Manzanares, pero ambas en la región que conforma la entrada de las aguas que alimentan al golfo.

Como fue mencionado anteriormente, la mayor acumulación de estas clases de arena se debe al aporte de sedimentos fluviales, posiblemente a la magnitud de las corrientes marinas y a la presencia de bioclastos.

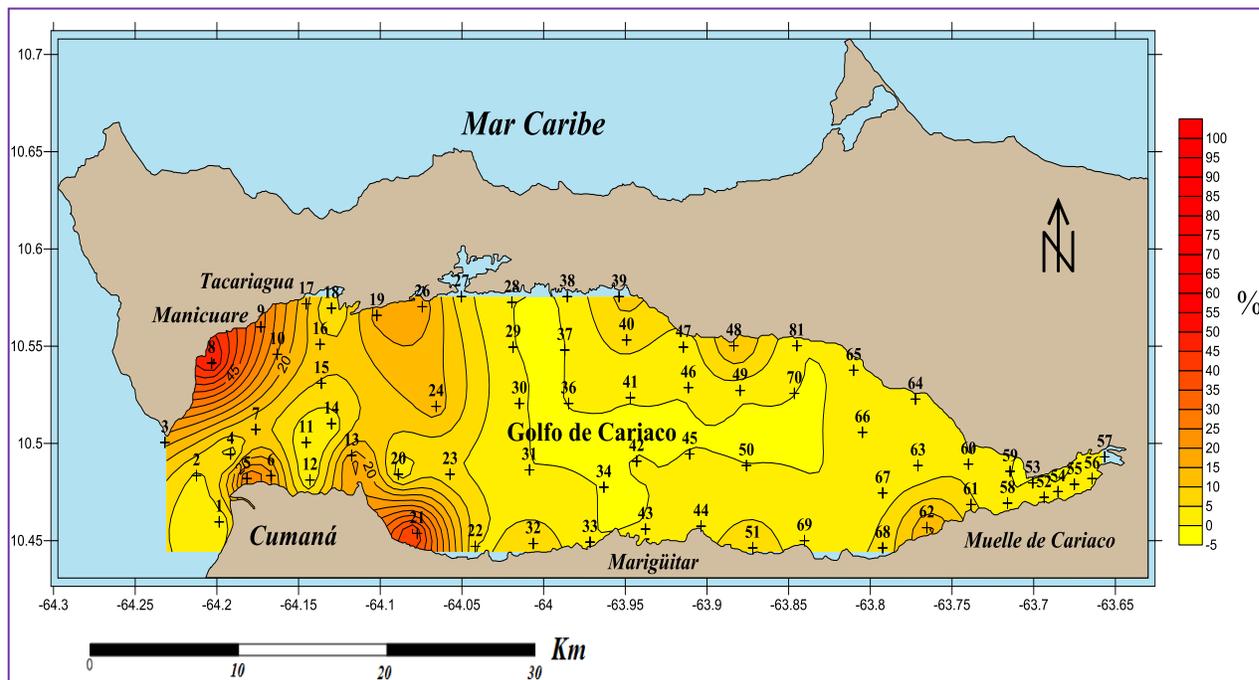


Figura 18. Distribución de la fracción de arena media en el Golfo de Cariaco.

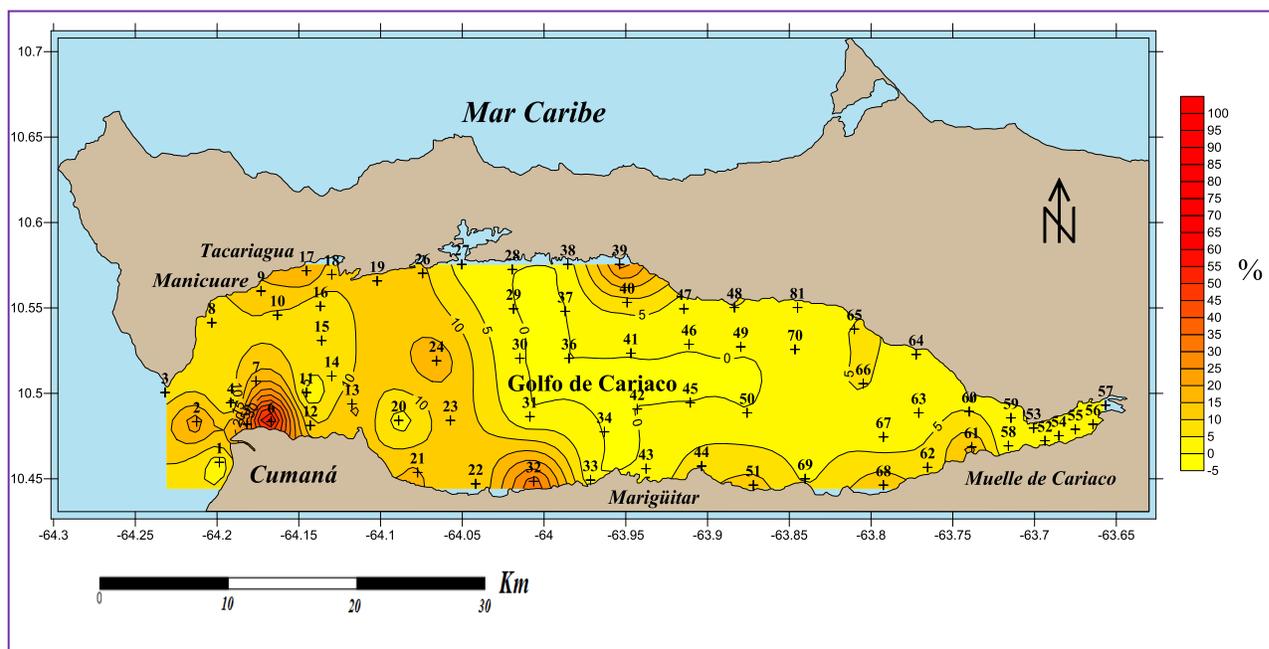
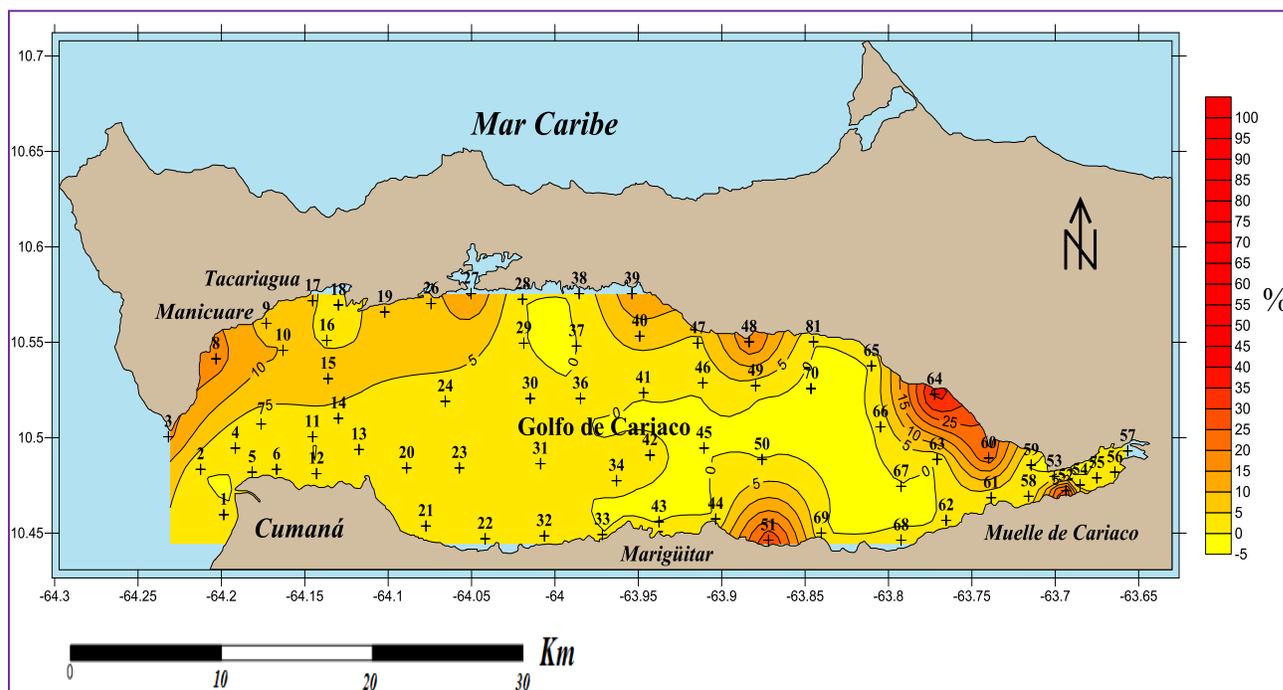


Figura 19. Distribución de la fracción de arena fina en el Golfo de Cariaco.

Finalmente, la arena muy gruesa muestra la misma tendencia de las otras clases de arena; es decir ubicarse en algunas áreas costeras cercanas a la desembocadura de ríos y quebradas. El valor máximo (38,1%) se ubicó en la estación 64, entre las poblaciones de Los Cachicatos y Guacarapo (Fig. 20).

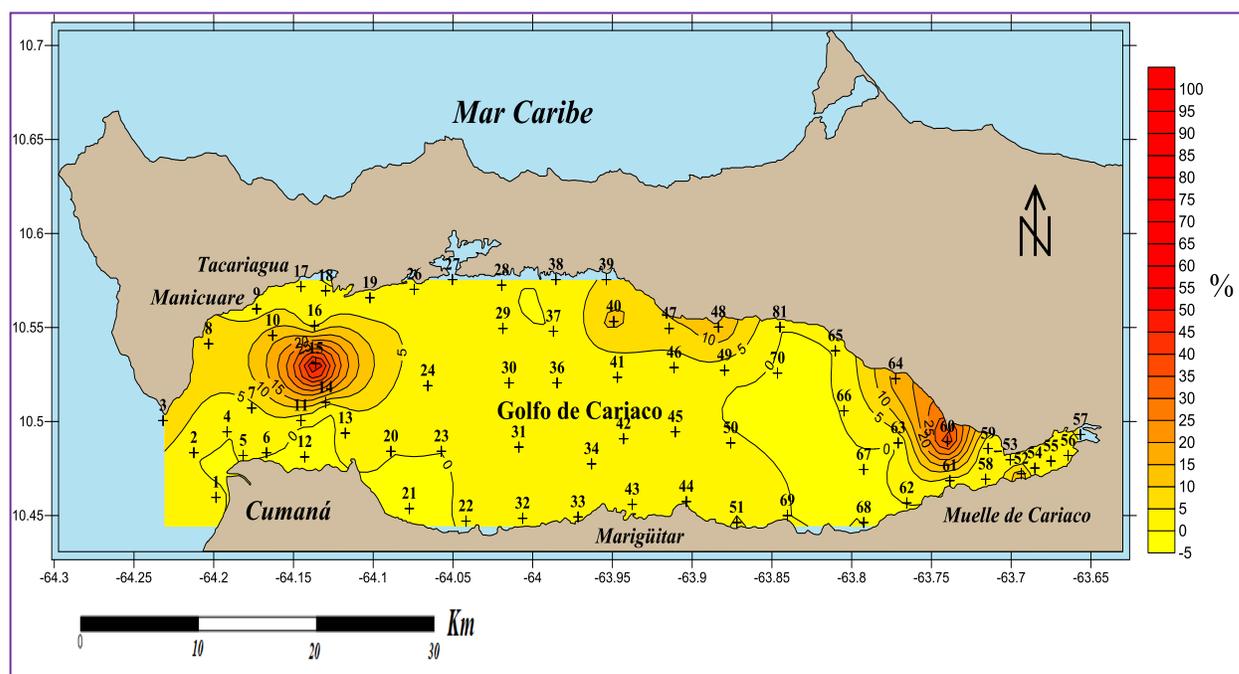


**Figura 20.** Distribución de la fracción de la arena muy gruesa en el Golfo de Cariaco.

Por otra parte, las gravas son relativamente escasas en la mayoría de los puntos de muestreo y en los que pudo ser localizado, se obtuvieron valores que, por lo general, no superaban el 20%, salvo en la estación 15 y 60 donde fueron registrados valores de 54,8 y 40,5 % respectivamente (Apéndice 1). Caraballo (1987b) indica que las bajas concentraciones de este material están relacionadas con el bajo aporte de sedimentos alóctonos con este tamaño de grano y a la acción de mecanismos hidráulicos de que contribuyen a su abrasión y a la disminución de su tamaño inicial.

En la figura 21 puede verse que los valores más altos de grava están ubicados en la zona occidental y en una pequeña área costera de la zona oriental. La mayor abundancia de grava en

las cercanías de la entrada del golfo es consecuencia de los mismos factores que fueron atribuidos a la distribución de las arenas; es decir al efecto de las corrientes y de restos de material arrecifal y de otros tipos de organismos que forman parte de las paleo-terrazas de esta región (Caraballo, 1987c).



**Figura 21.** Distribución de la fracción de gravas en el Golfo de Cariaco.

### **7.2 Descripción y análisis mineralógico de los sedimentos.**

El análisis mineralógico permitió determinar que el Golfo de Cariaco está constituido por una escasa variedad de minerales (Apéndice 2). En este apartado serán descritas las características más resaltantes de los materiales identificados en los sedimentos del golfo.

#### **7.2.1 Minerales livianos.**

Los minerales livianos presentan porcentaje altos de concentración en el Golfo de Cariaco. Entre estos destacan, en orden de abundancia: cuarzo, yeso, muscovita, carbonato (aragonito) y grafito.

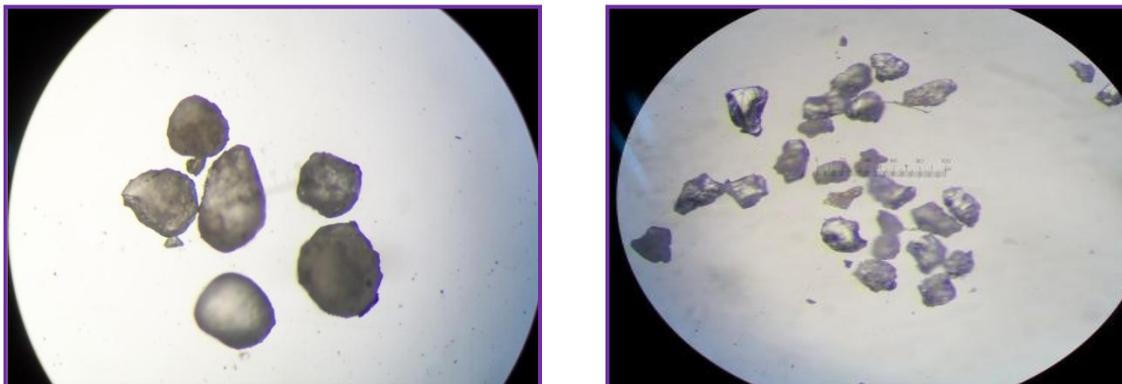
Cuarzo [SiO<sub>2</sub>].

Los granos de cuarzo fueron identificados en variedad de formas y tamaños. Este pudo ser identificado tanto con hábito prismático perfecto, recristalizado, con inclusiones, brillo vítreo y caras planas, como en hábito masivo o granular sin caras desarrolladas, y fracturadas. La mayoría de los granos de cuarzo resultaron ser incoloros pero también pudieron encontrarse granos de cuarzo con aspecto blanquecino y recubierto por capas de óxidos negros y rojizos (Fig. 22). Además, pudieron identificarse algunos minerales de cuarzo que posiblemente formaron parte de vetas de cuarzo. Estos mostraban una hábito tabular, con un brillo mate y de cuarzo lechoso.



**Figura 22.** Abundante cuarzo, fracción de arena gruesa M21 (2x).

En cuanto a parámetros como redondez y esfericidad, el cuarzo pudo ser identificado de varias formas dependiendo de la zona geográfica donde fuese ubicado. Los granos de cuarzo identificados en los puntos de muestreo cercanos a la costa norte presentaron mayor grado de angularidad, variando de angular a sub-angular; por otro lado, los minerales de cuarzo identificados en la zona del Saco del Golfo y la costa sur mostraban una mayor redondez hallándose granos que van de redondeados a sub-redondeados. Además, los granos identificados en la costa norte resultaron ser de esfericidad media mientras que en los hallados en la costa sur era primordialmente alta (Fig. 23). Este hecho es similar a lo encontrado por Quintero (2006) acerca de los valores de redondez de los granos en ambas costas.

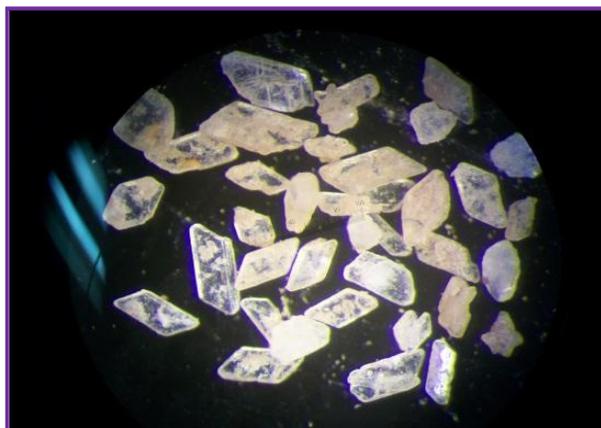


**Figura 23.** Cuarzos. Redondeado y sedimentario de la fracción de arena muy fina, M22 (10x) (izquierda) y angular y metamórfico de la fracción de arena muy fina, M27 (10x) (derecha).

En general, los minerales de cuarzo identificados en la costa norte mostraban una tendencia general a ser metamórficos, pudiendo verse claramente los granos muy recrystalizados con caras planas dando un hábito prismático perfecto, incoloro, inclusiones de minerales laminares como moscovita, estructuras de mortero y granos muy fracturados. Por su parte, en la costa sur y Saco del Golfo los granos mostraron evidencias de una fuente sedimentaria porque presentaban pocos indicios de recrystalización, su apariencia blanquecina, no poseían inclusiones minerales, muy pocas caras planas y su preferencia era a ser más redondeados y en ocasiones fueron identificados con recubrimientos de óxidos de hierro. No obstante, en la costa sur fueron hallados cuarzos con características metamórficas, pero en menor proporción con respecto al cuarzo sedimentario.

Yeso [ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ].

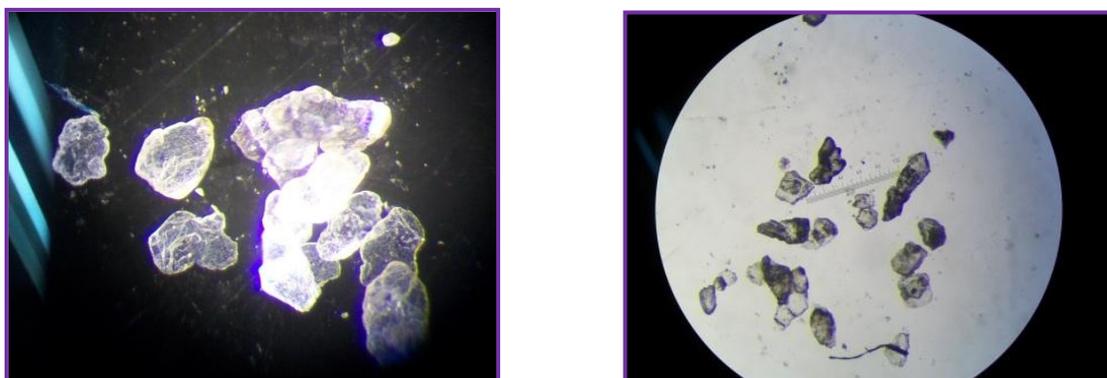
Este mineral fue identificado en una gran variedad de formas (Fig. 24) y en lugares muy particulares del fondo marino de la región. Su reconocimiento fue basado en el hábito fibroso, a veces laminar, color blanquecino-amarillento; su única dirección de clivaje y muy baja dureza. En general los granos de yeso mostraban caras planas y sin desgaste en sus vértices; sin ningún indicio de haber estado sometidos a efectos de retrabajo que afectaran su redondez o esfericidad.



**Figura 24.** Yeso en la fracción de arena muy fina, M65 (10x).

Muscovita  $[KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2]$ .

Esta mica fue identificada por su hábito laminar característico y color pardo claro (Fig. 25), tanto en la zona norte como en la parte sur del Golfo de Cariaco. También, pudo reconocerse este mineral como inclusiones en fragmentos líticos de rocas sedimentarias y metamórficas. La tendencia morfológica de la muscovita era de presentar formas que van de angulares a sub-angulares en los sedimentos.

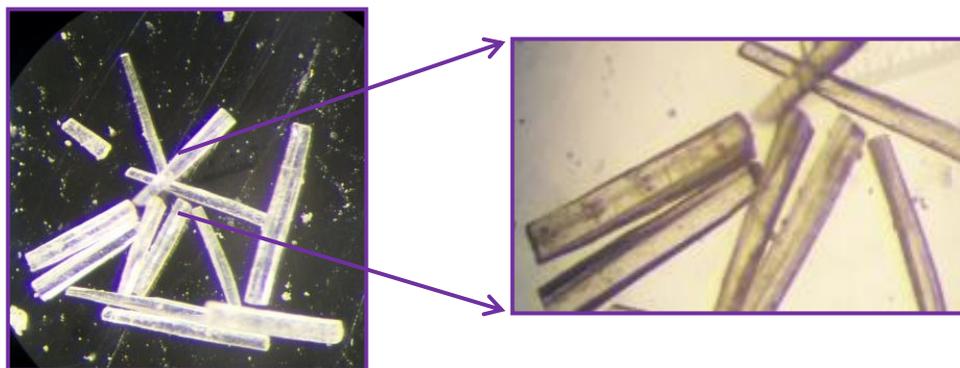


**Figura 25.** Muscovita en la fracción de arena muy fina, M38 (izquierda) y M19 (derecha) (10x).

Aragonito  $[Ca (CO_3)]$ .

Este carbonato fue hallado en variadas proporciones en el fondo marino del Golfo de Cariaco. Su identificación fue posible tomando en cuenta su hábito acicular característico, por ser incoloro y tener un brillo vítreo, además de su efervescencia en presencia de HCl (Fig. 26). Al igual que el

yeso, este mineral mostraba caras planas sin desgaste por erosión y generalmente se encontraban en agregados de agujas de aragonito y fracturados.



**Figura 26.** Aragonito (acicular) en fracción de arena muy fina, M13 (10x).

### Grafito [C]

Este mineral fue identificado en muy baja proporción en el golfo. Se reconoció por su color negro y brillo característico. Además, muchas veces fue observado como parte de fragmentos de roca de esquistos-grafitosos, pero debido a esta ocurrencia, en este caso no fue cuantificado. En cuanto a su morfología, generalmente era angular y con una baja esfericidad, posiblemente debido a la cercanía de la fuente.

### **7.2.2 Bioclastos**

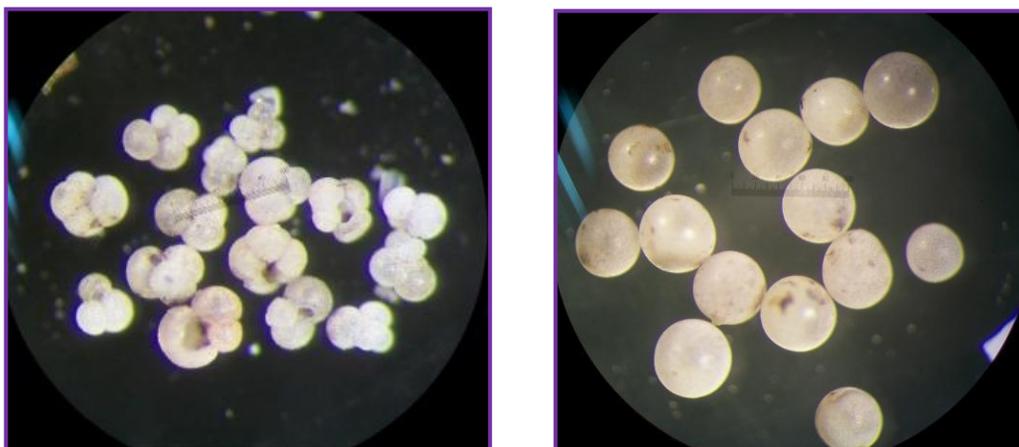
Estos fragmentos cubren casi la totalidad del fondo marino del Golfo de Cariaco. Los mismos fueron identificados en todos los puntos de muestreo, pero con variaciones en cuanto a su ubicación. Los bioclastos estaban conformados principalmente por fragmentos de material calcáreo esquelético de moluscos, conchas de foraminíferos, gasterópodos y restos de corales (Fig. 27). Generalmente, se encontraban enteros los caparazones de estos organismos (Fig. 27), pero en otros casos sólo podían reconocerse restos de los fragmentos esqueléticos. Los fragmentos coralinos también eran fácilmente identificables en los bioclastos del golfo, estos provenientes de zonas arrecifales antiguas. En cuanto a su forma, los fragmentos de bioclastos eran bastante

irregulares o angulares y con baja esfericidad. Sin embargo, en ciertas ocasiones podían verse bordes redondeados en los restos esqueléticos.



**Figura 27.** Bioclastos de la estación M38 (izquierda), M60 (centro) y M30 (derecha), fracción de gravas (1,25x).

Además, pudieron ser identificados fragmentos de globigerina. Este tipo de organismo estaba presente en mayor proporción en las fracciones más finas del sedimento (Fig. 28). Los bioclastos de globigerina son muy útiles para el estudio de cambio atmosférico, porque su composición química puede reflejar cambios mínimos de temperatura o composición de las aguas. Según Caraballo (1987), la presencia de estos fangos, es una anomalía atribuida al fenómeno de surgencia en esta zona.



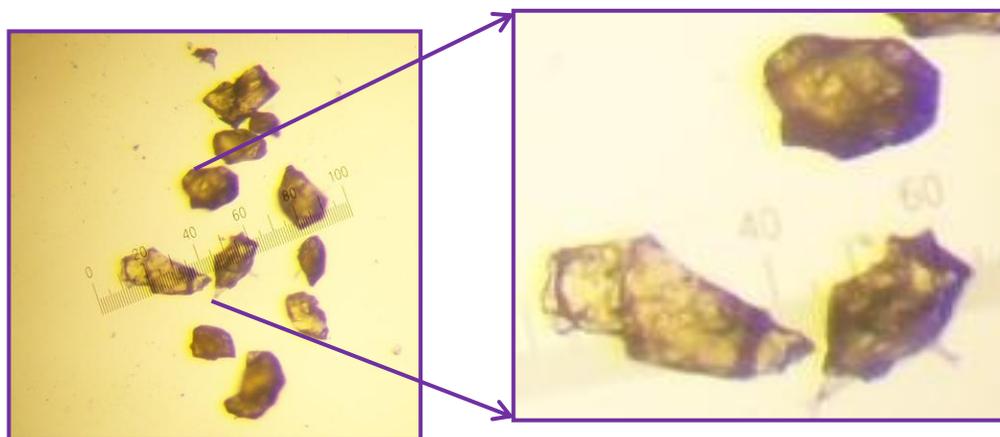
**Figura 28.** Bioclastos (globigerinas) en la fracción de arena muy fina, M40 (izquierda) y M30 (derecha) (10x).

### 7.2.3 *Minerales pesados.*

En el grupo de los minerales pesados se pudo identificar: epidoto, circón, granate, cianita y turmalina. Con excepción del epidoto, en el Golfo de Cariaco las concentraciones de minerales pesados son muy bajas alcanzando un máximo de 0,5% del sedimento.

Los minerales pesados fueron cuantificados únicamente en las fracciones más finas del sedimento, específicamente en las arenas muy finas. Los granos de estos minerales eran irregulares, fracturados, angulosos y con baja esfericidad.

En cuanto al epidoto, mineral pesado mayoritario, este fue identificado tomando en cuenta su color amarillo-verdoso, característico y brillo vítreo (Fig. 29). Se presentó con un hábito masivo, fracturado, a menudo formando parte de los fragmentos líticos de rocas esquistosas. Los granos en su mayoría son esencialmente angulosos y con esfericidad baja, generalmente eran granos muy irregulares y de tamaño reducido.



**Figura 29.** Epidoto estación M13, fracción de arena muy fina (10X).

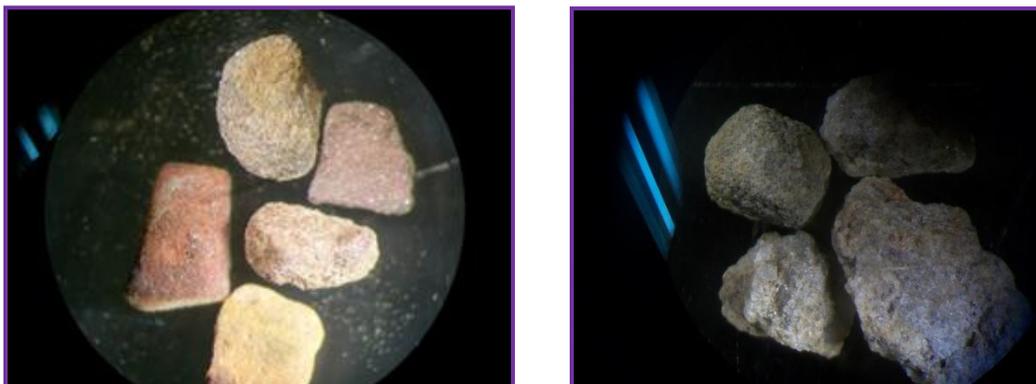
El hecho de encontrar muy bajas concentraciones de los minerales pesados (exceptuando al epidoto) está relacionado con dos factores: las bajas concentraciones de estos minerales en la roca fuente que los aporta al golfo y la alta proporción de sedimentos finos en muchas localidades de esta región.

#### 7.2.4 Fragmentos de rocas.

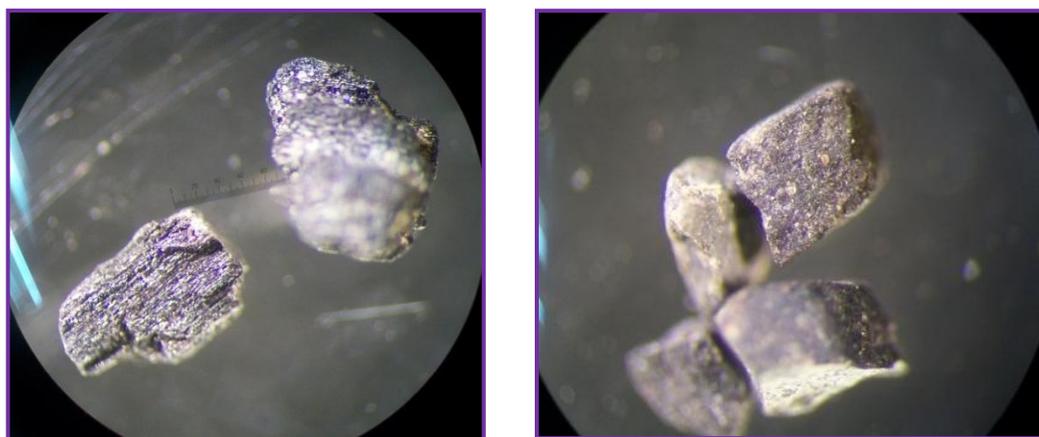
##### Fragmentos de rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias identificadas en el Golfo de Cariaco corresponden a fragmentos calizas grises y claras, rocas arcillo-limosas grises a veces carbonáticas, chert negro, carbón (lignito) y areniscas grises y claras (Fig. 30 y 31). Son redondeados variando de sub-angulares a sub-redondeados, aunque generalmente los fragmentos de lutitas presentaron una mayor redondez.

En cuanto a la esfericidad, la mayoría de los fragmentos líticos presentaron una baja esfericidad. La mayoría se encontraba fracturada y con bordes desgastados.



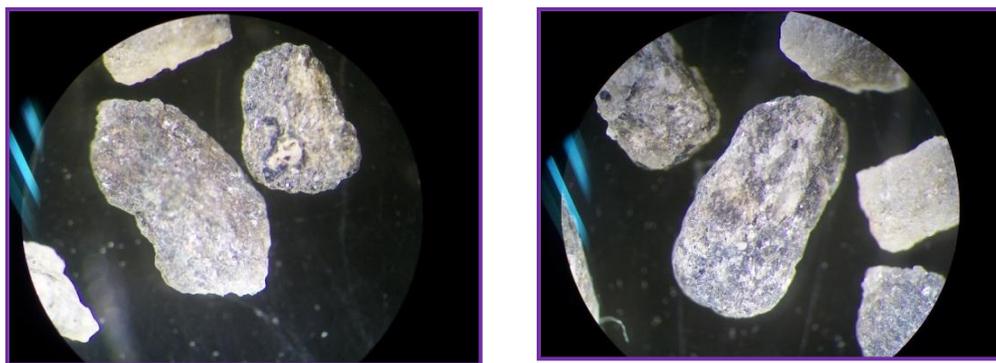
**Figura 30.** Fragmentos de rocas arcillo-limosas (gravas), M68 (1,25x) (izquierda) y areniscas grises (gravas), M51 (1,25x) (derecha).



**Figura 31.** Lignito en la fracción de gravas, M68 (1,25x) (izquierda) y chert negro (arena gruesa), M5 (2,5x) (derecha).

*Fragmentos de rocas metamórficas.*

Los fragmentos de rocas metamórficas identificados fueron: esquistos cuarzo-micáceos a veces epidóticos y grafitosos, mármoles y algunas serpentinitas (Fig. 32). Son generalmente angulares, muy irregulares y altamente fracturados. Esto refleja la cercanía de la fuente y el poco retrabajo que han experimentado.



**Figura 32.** Fragmentos de esquistos cuarzo-micáceos (gravas) M19 (3,25X) (izquierda), M28 (3,25X) (derecha).

### ***7.3 Distribución espacial de los minerales, bioclastos y fragmentos de rocas en el Golfo de Cariaco.***

En este punto será tratada la distribución espacial de los principales minerales y fragmentos de rocas identificados en el fondo marino del Golfo de Cariaco, y su tendencia específica de concentración en ciertas clases, obedeciendo ya sea, a condiciones del medio o a características iniciales del sedimento.

#### *Cuarzo.*

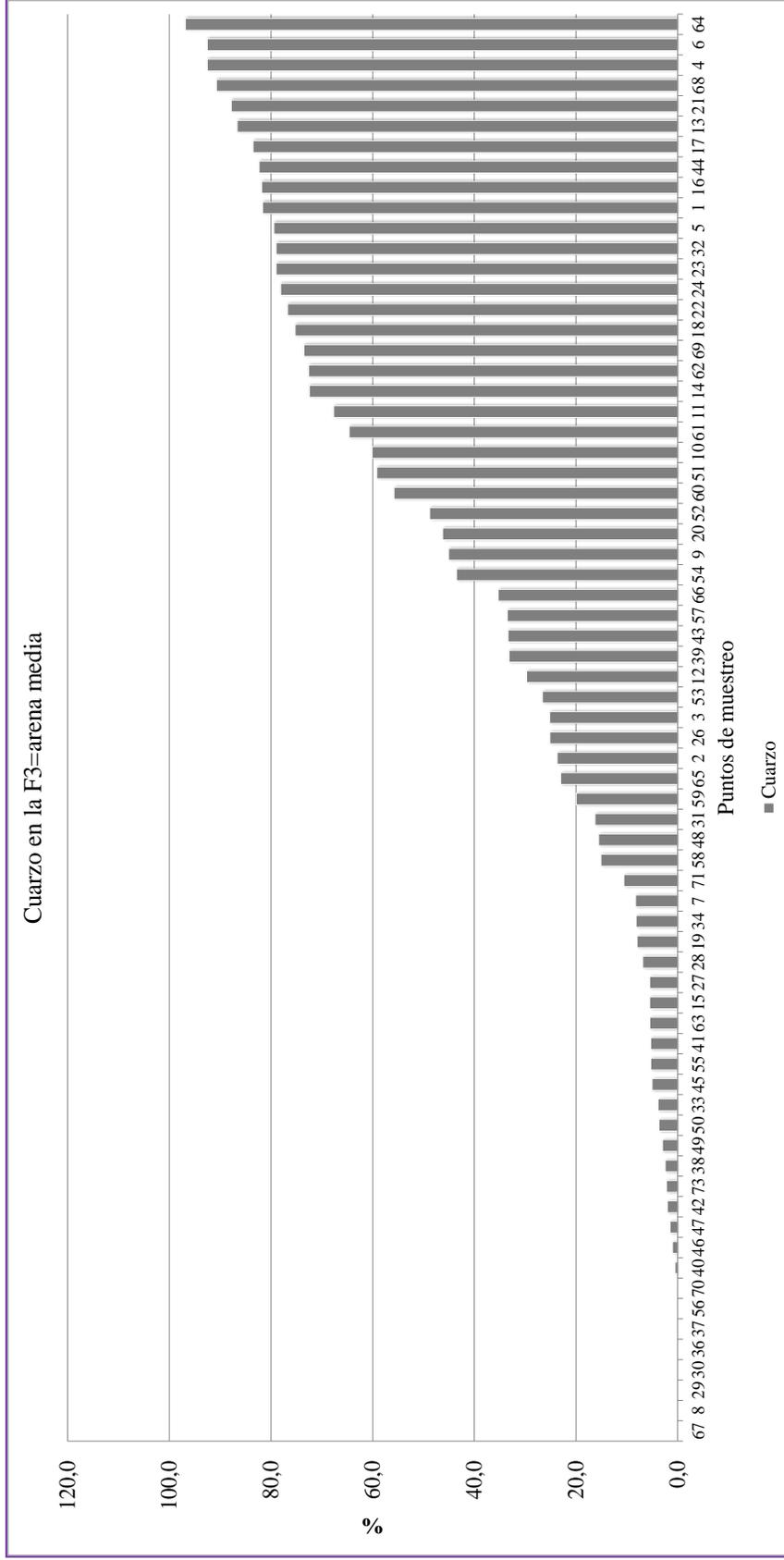
Este mineral pudo ser reconocido en la mayoría de los puntos de muestreo variando su concentración con relación al tamaño de grano; es decir presentar una tendencia muy marcada a aumentar su concentración a medida que disminuye el tamaño de grano.

En la fracción de grava el cuarzo pudo ser identificado en sólo 7 puntos de muestreo. En la figura 33 puede notarse que la muestra 64 fue la que arrojó el valor más alto (28,6%), ubicada entre la población de Los Cachicatos y Guacarapo. Este valor es atribuible a un aporte significativo de fragmentos lítico por parte de las quebradas y ríos que drenan hacia esa zona. Mientras tanto, el resto de las muestra no superó el 15% de cuarzo en esa clase.

En la fracción de arena muy gruesa, el número de estaciones con concentraciones de cuarzo aumenta a 26 (Apéndice 2), con un valor máximo de 67,1% en la estación 5 ubicada en las cercanías de la entrada del golfo, y en la estación 64 con un 68,5%. El resto de las muestras presentaron valores bajos de este tipo de mineral. En el caso de la arena gruesa, la concentración de cuarzo fue un poco mayor, pero en general sigue la misma tendencia que para la clase de arena muy gruesa. La clase de arena media y fina muestra un comportamiento similar en cuanto a las concentraciones de cuarzo. En la figura 34, es posible notar que existe un mayor número de estaciones con altas concentraciones de cuarzo en comparación con los sedimentos gruesos. Nótese que hay dos grupos en esta población: una desde la muestra 59 a la 64 que va paulatinamente en aumento desde 20 hasta 80% de la fracción. El segundo consiste en el resto de las muestras que presentan valores bajos que no sobrepasan el 20%.



Figura 33. Distribución de cuarzo en la fracción de grava.



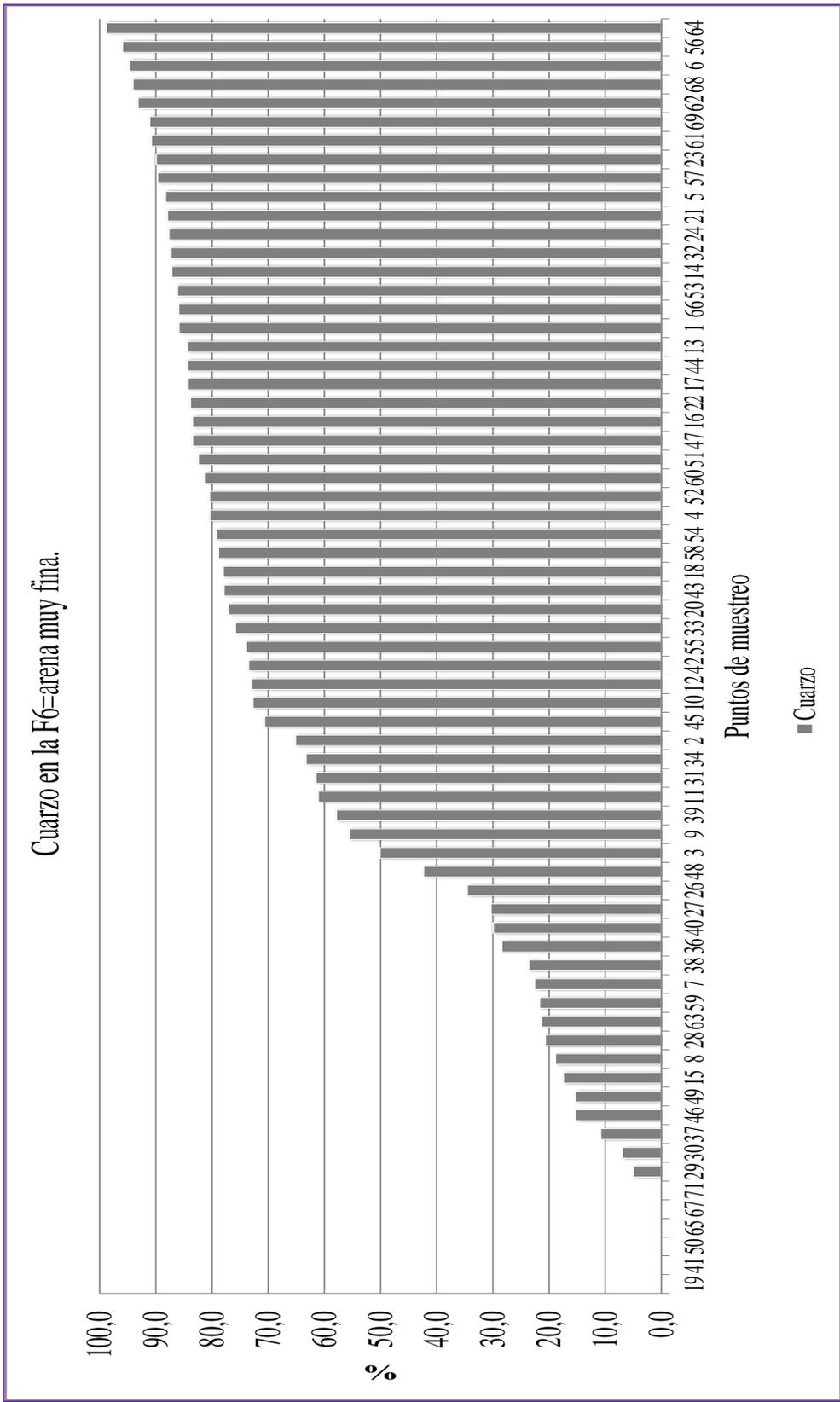
**Figura 34.** Distribución de cuarzo en la fracción de arena media.

Finalmente, la clase de arena muy fina es la que presenta las mayores concentraciones de este mineral. La figura 35, muestra la gran cantidad de estaciones que arrojaron valores elevados de este mineral. De las 67 muestras analizadas, 45 de ellas reflejaron valores que superaron el 50% de la fracción hasta un valor máximo de 98,8 %, en el resto de las estaciones el cuarzo estuvo muy por debajo de este valor.

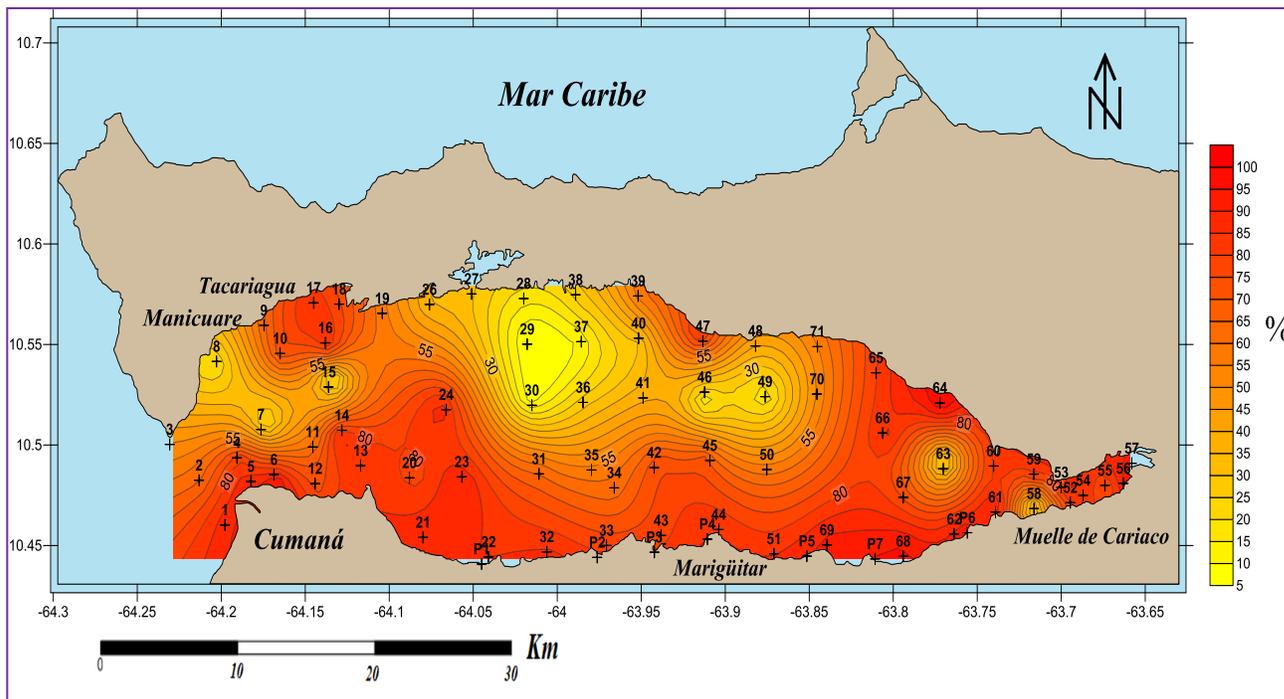
El estudio de la distribución espacial del cuarzo en el golfo será realizado a partir de los datos de arena muy fina, puesto que esta clase, además de presentar una tendencia de distribución espacial similar a las otras clases de arena, muestra los valores más altos de este mineral en esta fracción.

Las muestras con valores más altos, estaciones que van de la 3 a la 64 en la figura 35, estuvieron ubicados preferiblemente en la zona sur del Golfo de Cariaco, desde la desembocadura del río Manzanares hasta la entrada del Saco del Golfo y en algunas zonas de la costa norte. Esto es debido, a que en la zona sur existen un mayor número de ríos y quebradas que drenan sus aguas sobre rocas sedimentarias ricas en este mineral y que depositan sus sedimentos en la cuenca del golfo, entre ellos el río Manzanares y el río Carinicua. Esta distribución también puede verse claramente en el mapa de la figura 36.

Las estaciones (19-48) (Fig. 35), con valores bajos de concentración de cuarzo, corresponden específicamente a la depresión central del golfo, así como al canal submarino en la zona occidental. Esto como consecuencia, de que estas zonas están controladas principalmente por la profundidad, la presencia de carbonatos (fenómeno de surgencia) y que las corrientes submarinas no son lo suficientemente eficaces para movilizar los granos de cuarzo, depositados en las cercanías de las costas y trasladarlos hasta la zona central o áreas más profundas del golfo (Caraballo, 1982c). De estas estaciones, las que poseen los porcentajes más altos 15 y 28% (9 y 64) corresponden a estaciones situadas en la costa norte que tienen influencia cercana de rocas ricas en cuarzo, con tamaños que superan los 2mm. Además, esto refleja el poco retrabajo que han experimentado esos sedimentos en dichos puntos de muestreo.



**Figura 35.** Distribución de cuarzo en la fracción de arena muy fina.



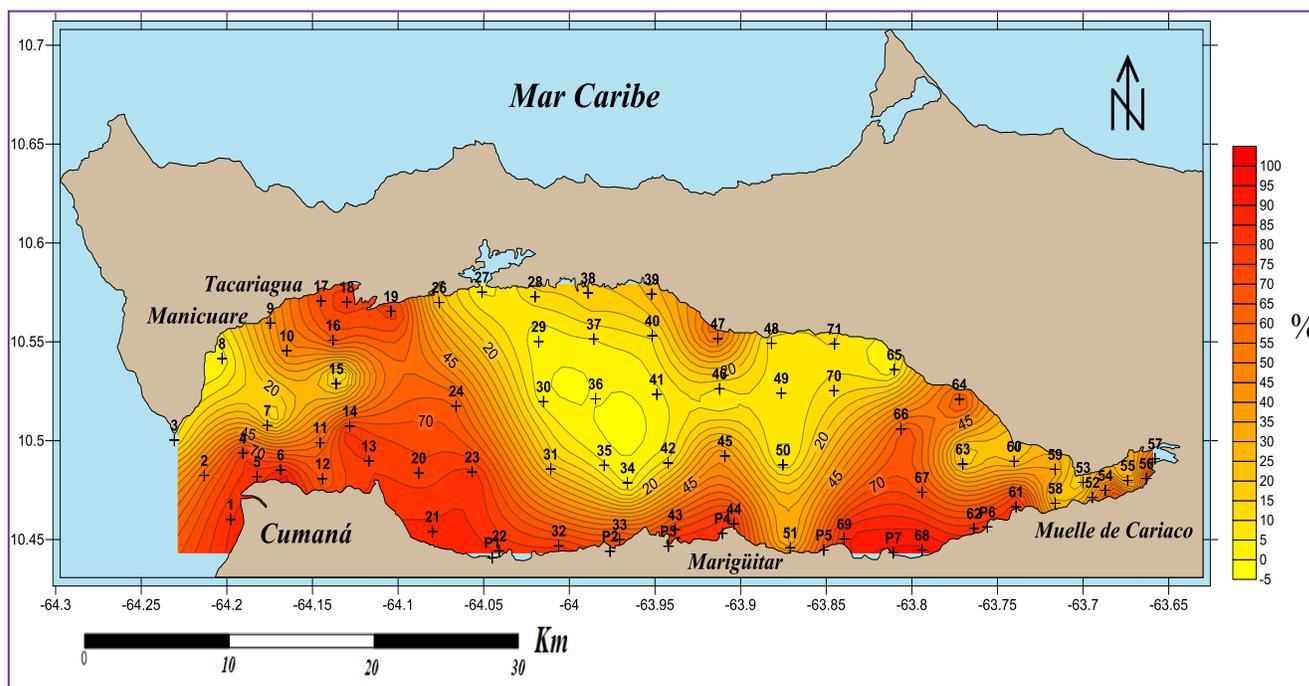
**Figura 36.** Mapa de distribución espacial del cuarzo en la fracción de arena muy fina

Es así, como a medida que el tamaño de los granos del sedimento va desde gravas a arenas muy finas los porcentajes de cuarzo aumentan paulatinamente. Para la fracción de arena media, los valores son mucho mayores que los observados en la fracción de gravas (Fig. 33 y 34). Es posible notar como muchos puntos de muestreo empiezan a superar el 30% de cuarzo en esta fracción. De esta manera, siguen aumentando los porcentajes con la disminución del tamaño de grano hasta obtener los valores vistos en la figura 35 para la clase de arena muy fina.

Sabiendo que el retrabajo no aporta mayor influencia, el hecho de que el cuarzo esté concentrado en las fracciones finas del sedimento está muy bien justificado por el tamaño promedio que poseen los granos de cuarzo al momento de ser liberados, por acción de los procesos de meteorización y erosión, de su roca fuente. En general, estos tamaños oscilan alrededor de 0,1 mm (Vignali, 1965; Guillaume *et al.*, 1969; Schubert, 1972; Goddard, 1987; Alvarado, 2005).

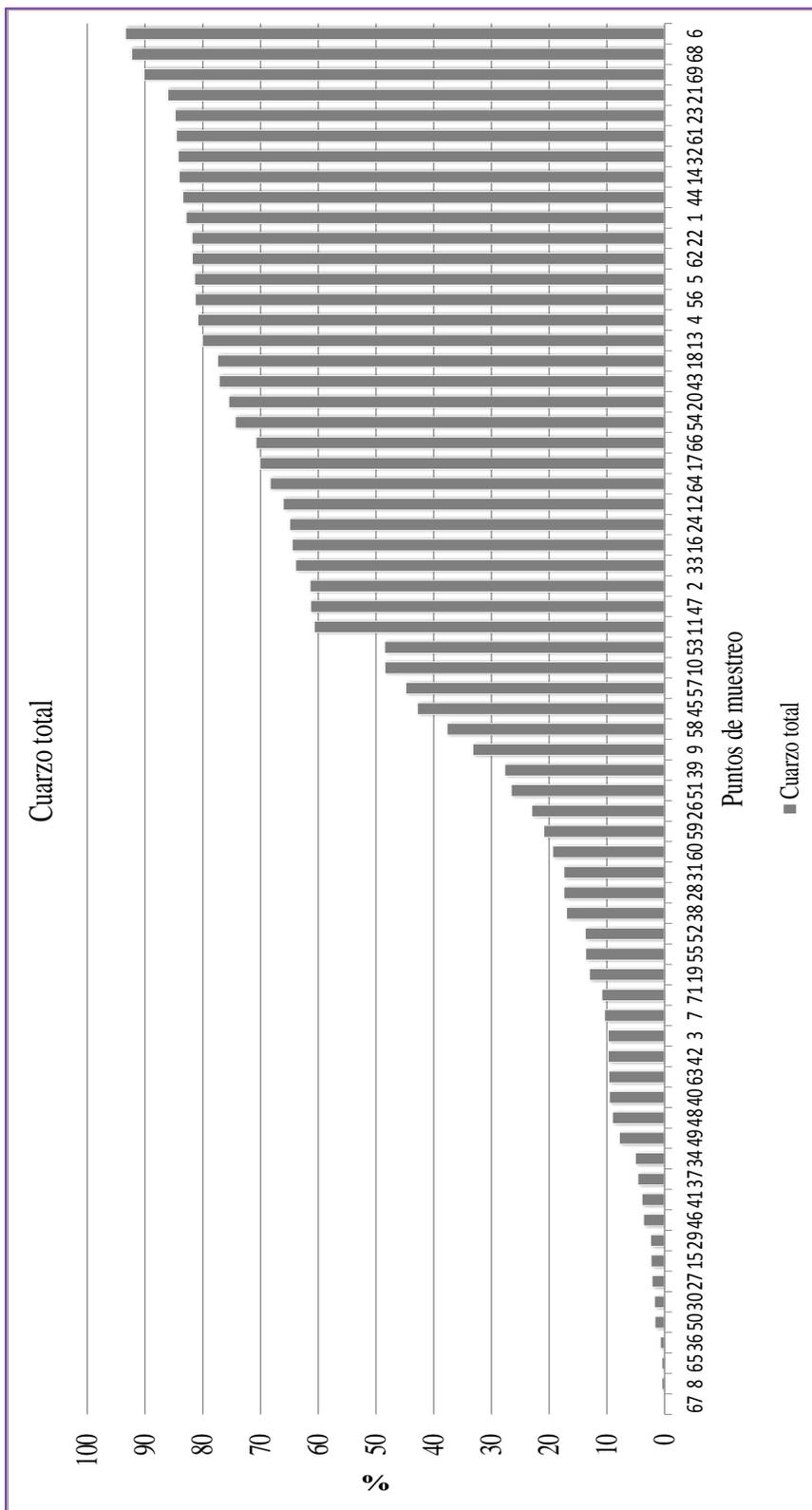
En relación con la distribución de los promedios ponderadas de cuarzo en el sedimento analizado, puede verse figura 37 y 38, la tendencia de las mayores concentraciones a ubicarse

preferiblemente en la zona sur del golfo. Esto quiere decir, y como pudo mencionarse en el análisis granulométrico, que en la costa sur dominan las fracciones de arenas finas. En la zona sur es notoria la alta concentración (>60%) de cuarzo situada en el área que era la anterior desembocadura del río Manzanares y que hoy en día es un delta submarino relleno de sedimentos antiguos (Estaciones 12, 13, 14 y 29) (Fig. 37).



**Figura 37.** Mapa de distribución espacial del promedio ponderado de cuarzo en el sedimento.

En la zona norte, existen pocas estaciones de muestreo que reflejan concentraciones superiores al 45% de cuarzo (estaciones 17, 18, 19, 47 y 64) (Fig. 38). Esto sugiere un aporte litológico cercano con una abundante concentración de este mineral. Uno de ellos es el aporte de granos de cuarzo por parte de la formación Manicuare, donde existen rocas esquistosas con abundantes concentraciones de este mineral (30-70%) (Schubert, 1972; Alvarado, 2005).



**Figura 38.** Distribución de cuarzo en el sedimento total analizado.

### Bioclastos.

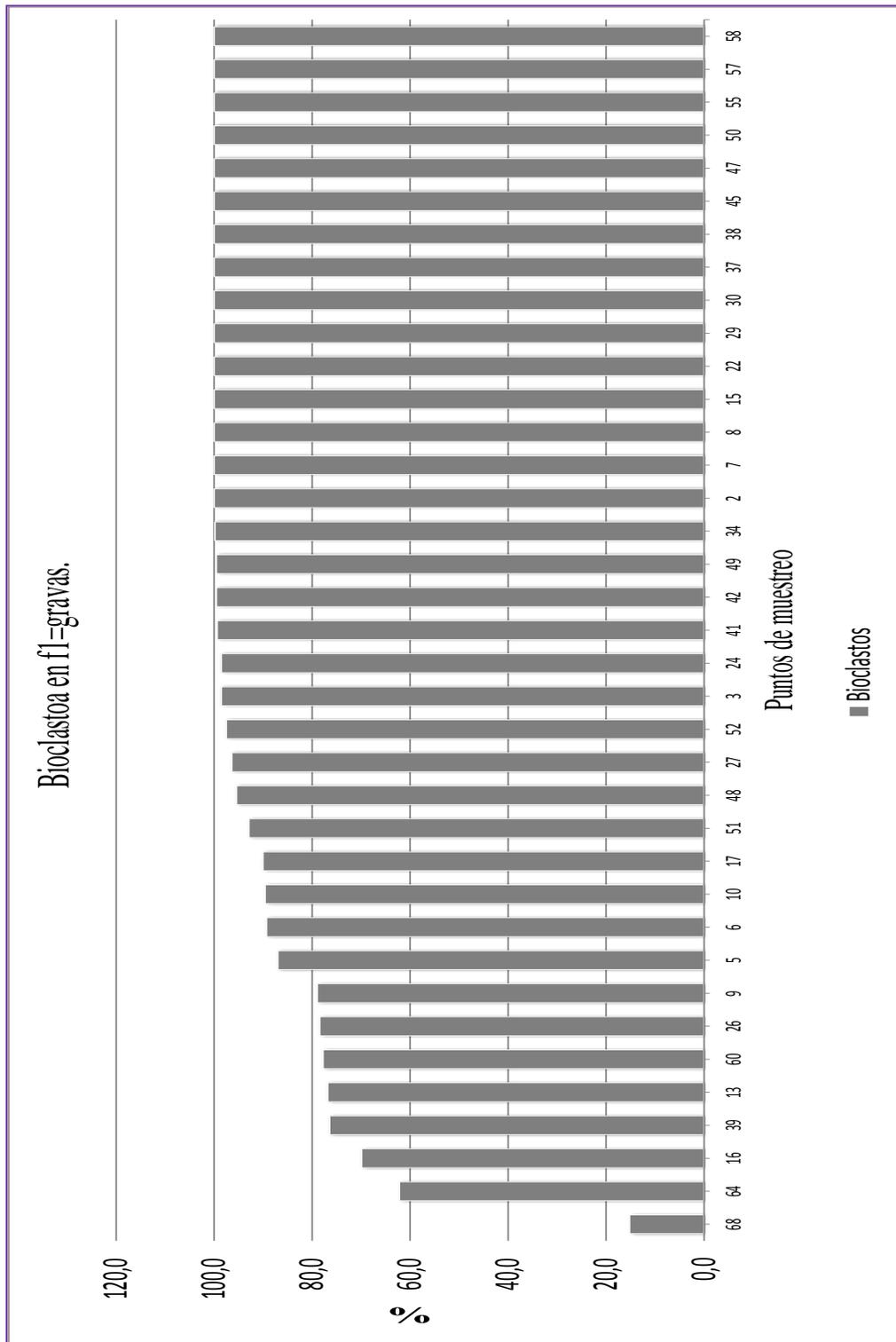
Los fragmentos de bioclastos, a diferencia del cuarzo, mostraron una afinidad a concentrarse en las fracciones gruesas del sedimento analizado.

En la clase gravas (> 2 mm), los sedimentos de 36 estaciones (Fig. 39) presentaron valores de bioclastos que van desde 15,2 hasta un 100% de la fracción (Apéndice 2). Los sedimentos de las demás estaciones no mostraron restos de bioclastos.

Las estaciones con alta proporción de bioclastos en la clase grava están ubicadas principalmente en la zona norte y centro del golfo (Fig. 40), coincidiendo con las áreas más profundas, donde las condiciones son óptimas para que la surgencia permita que la proporción de organismos marinos aumenten. Así mismo, varias de estas estaciones están ubicadas sobre terrazas marinas antiguas, ricas en restos esqueléticos de organismos (Caraballo, 1982c).

En el caso de los sedimentos con alta cantidad de arena, la proporción de bioclastos disminuye desde la arena muy gruesa hasta la muy fina. La distribución espacial de bioclastos en las distintas clases de arena es similar a la mostrada en la figura 41 y 42. Nótese en la figura 42 que estas están distribuidas conformando tres grupos bien definidos: en el primer grupo los bioclastos oscilan entre 48 y 93%; en el segundo entre 0,5 y 31,4 % y el tercero inferior a 0,5%. Este comportamiento es similar al que presenta el promedio ponderado de bioclastos en el sedimento (Fig. 43 y 44).

Las arenas del primer grupo están ubicadas en las zonas profundas del golfo (Fig. 41), donde además hay poco aporte de sedimentos siliciclásticos y existen remanentes de terrazas arrecifales, o donde hubo acumulaciones de bioclastos. Es posible notar que esos sedimentos coinciden con los puntos de muestreo ubicados en la zona central del golfo y en el canal submarino que conecta el golfo con la fosa de Cariaco, ubicado en la zona occidental. Por consiguiente, este enriquecimiento de carbonatos está relacionado con las condiciones biológicas y batimétricas del Golfo de Cariaco.



**Figura 39.** Distribución de bioclastos en la fracción de gravas.

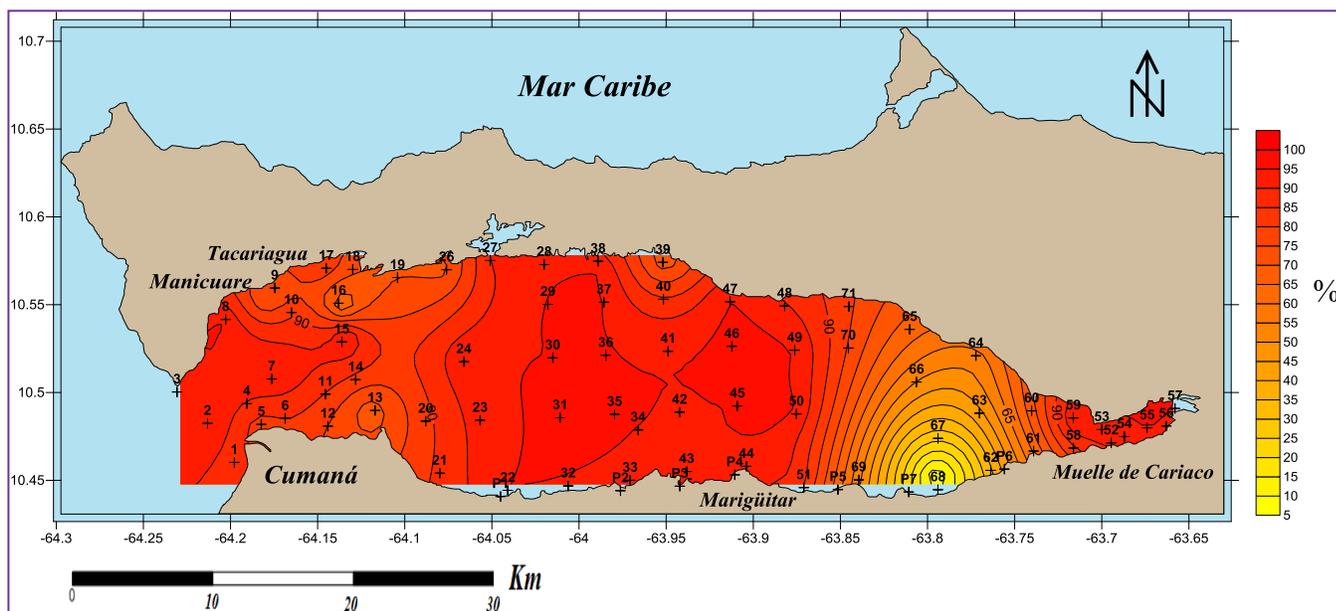


Figura 40. Mapa de distribución espacial de los bioclastos en la fracción de gravas.

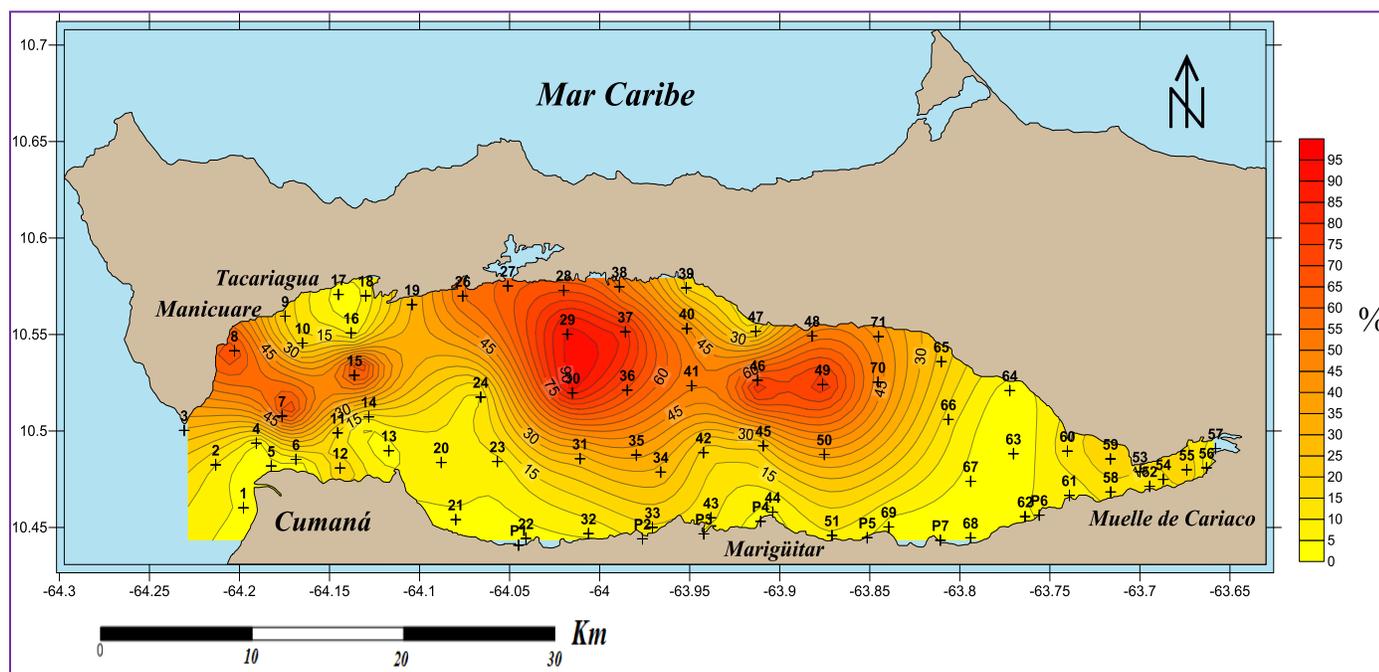
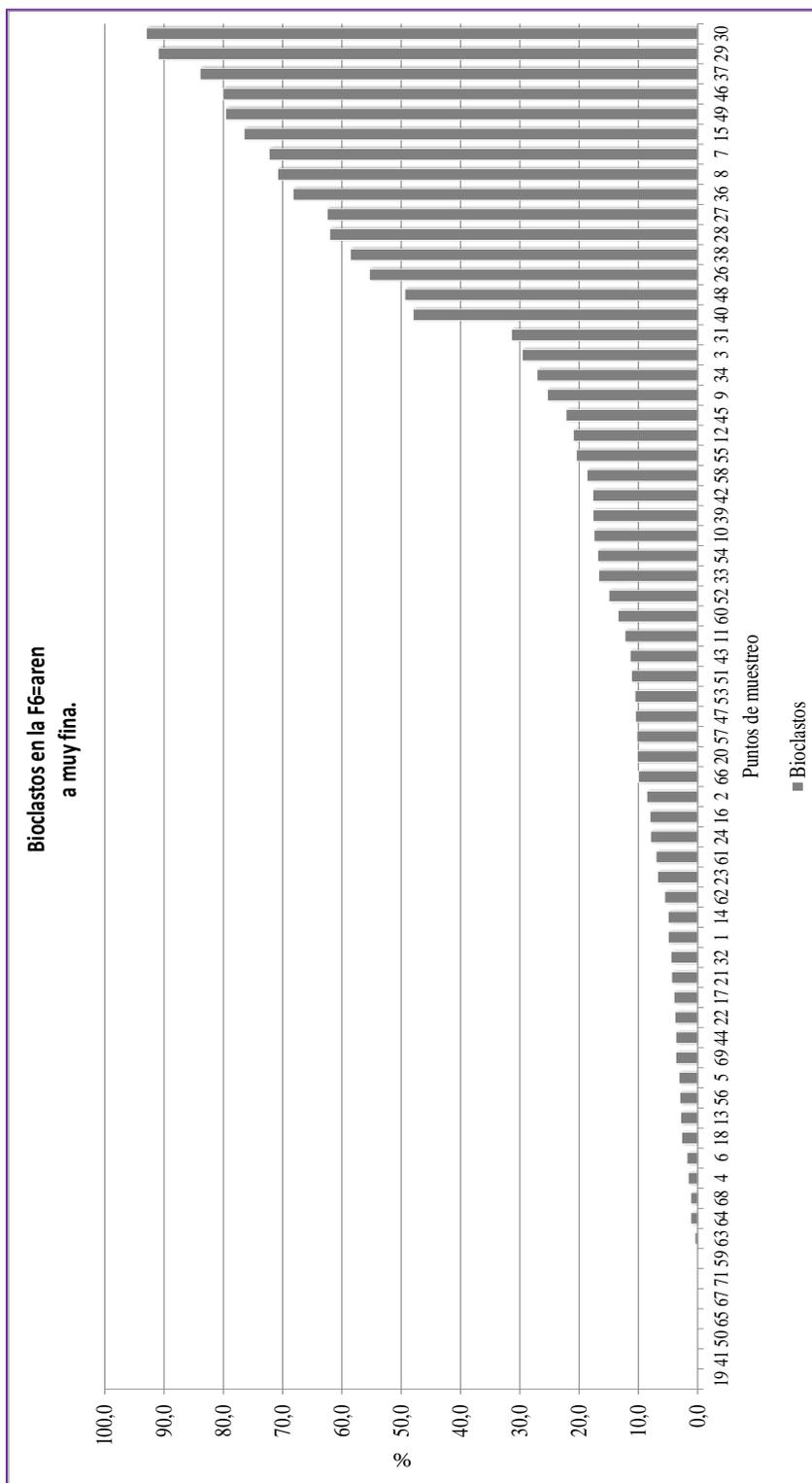
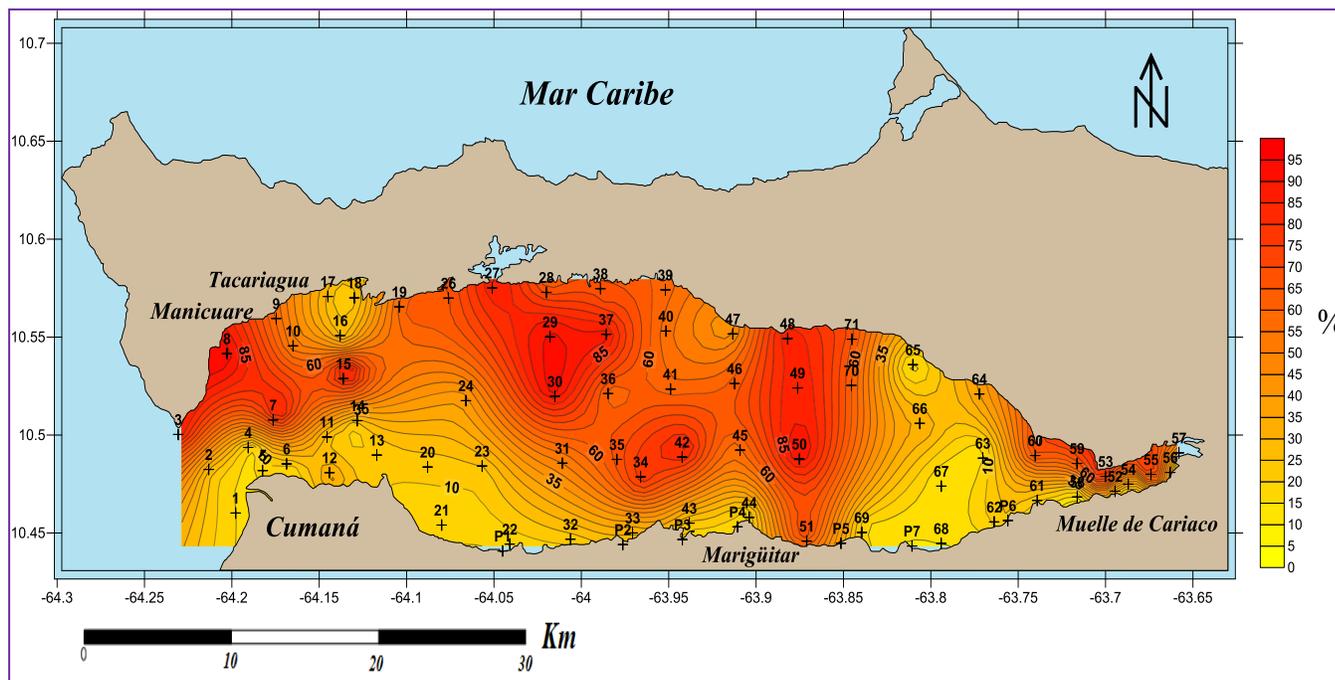


Figura 41. Mapa de distribución espacial de los bioclastos en la fracción de arena muy fina.



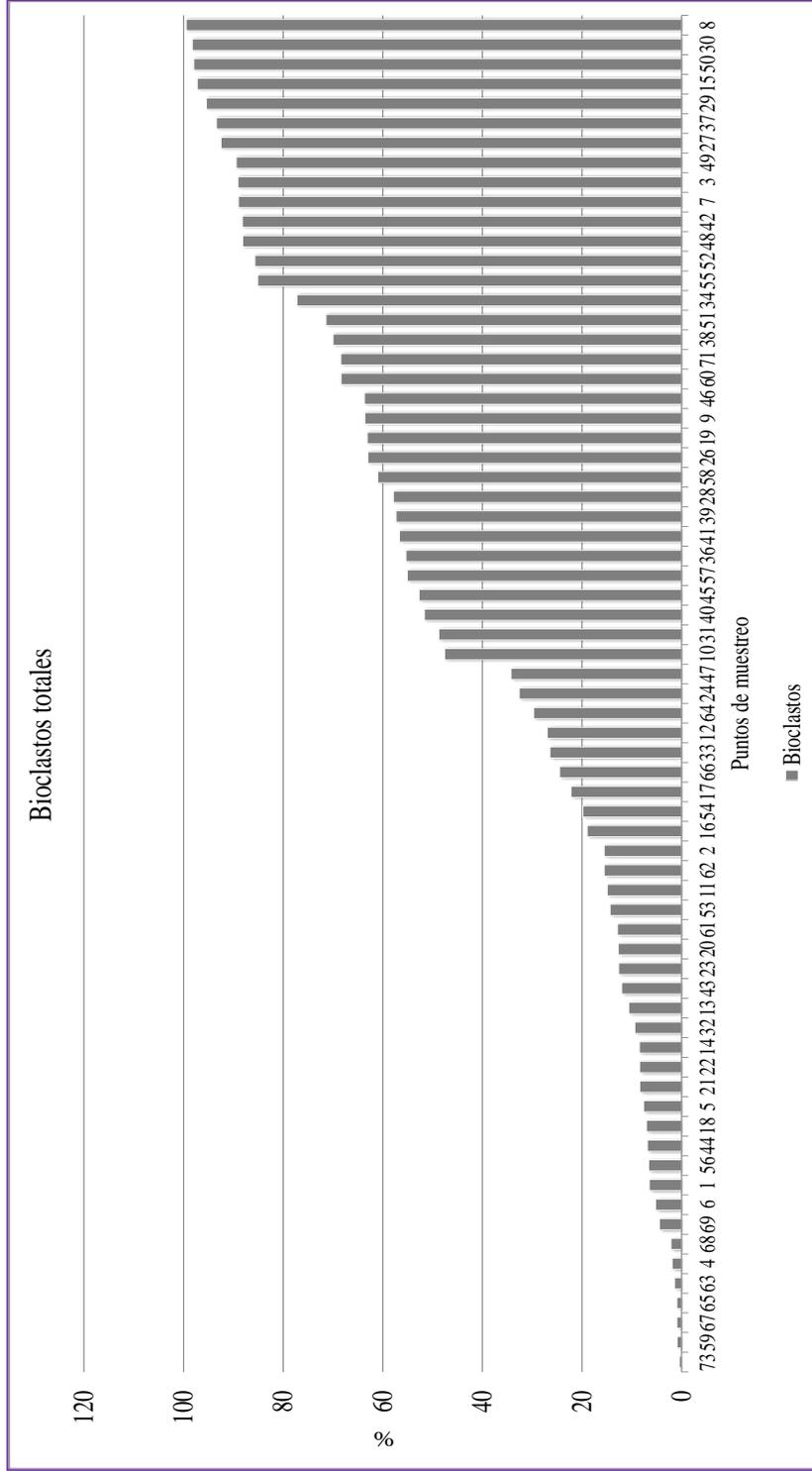
**Figura 42.** Distribución de bioclastos en la fracción de arena muy fina.



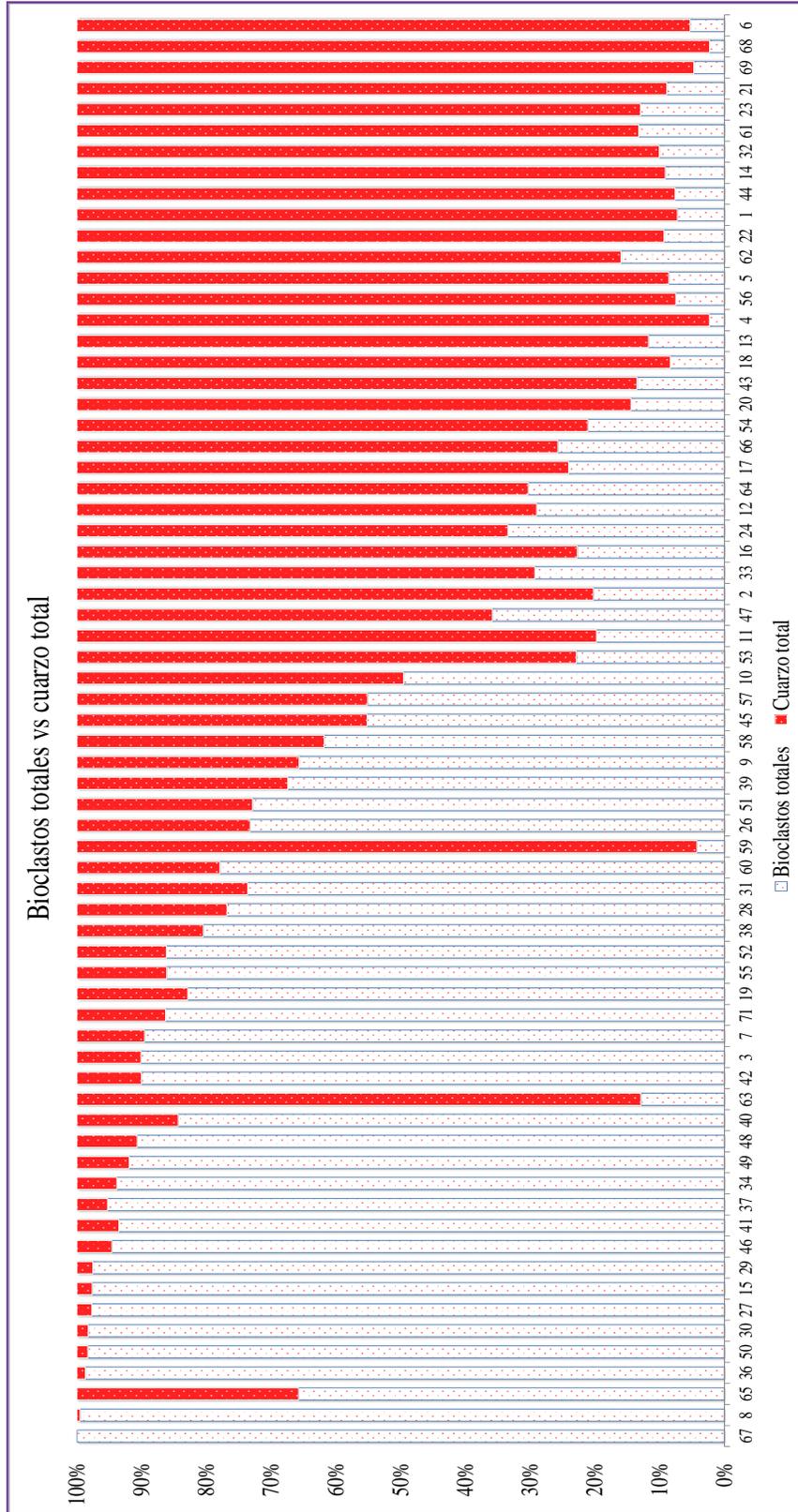
**Figura 43.** Mapa de distribución espacial del promedio ponderado de bioclastos en el sedimento.

Los sedimentos del segundo grupo se localizan también en zonas profundas del golfo (Fig. 41), aunque de menor profundidad que la del primer grupo. Las estaciones donde se capturaron estas muestras se ubican mayormente en la zona central del golfo y hacia el sureste de este, en sitios de mayor aporte de sedimentos silisiclásticos; mientras que los del tercer grupo son sedimentos que provienen de las áreas con menor aporte de bioclastos, coincidiendo con los puntos que presentan mayores concentraciones de material clástico. Esta zona es principalmente la costa sur, y más occidental del golfo.

Este hecho, sugiere una relación inversa entre las concentraciones de cuarzo y de bioclastos en el sedimento, ya que como puede notarse en la figura 45, en las estaciones donde predomina el cuarzo, la proporción de bioclastos es baja y viceversa.



**Figura 44.** Distribución de bioclastos en el sedimento.



**Figura 45.** Comportamiento del cuarzo total vs. los bioclastos.

Cabe destacar que la relación cuarzo-bioclasto puede ser asociada principalmente con los tamaños iniciales de las partículas, ya que los bioclastos (conchas, caparazones, restos esqueléticos) tienen generalmente tamaños mayores a 2 mm, mientras que el cuarzo, depositado en el golfo, es principalmente tamaños arena cercanos a 0,1 mm (Schubert, 1972; Quintero, 2006; Alvarado, 2005), pero también está algo influenciada por los enriquecimientos relativos de los bioclastos. Es por eso que de ser eliminados todos los bioclastos autóctonos, el cuarzo posiblemente estaría en mayor proporción en las fracciones más gruesas del sedimento.

Es por lo anterior que Caraballo (1982b) y Quintero (2006) concluyeron que el cuarzo es el mineral que presenta las mayores concentraciones en los sedimentos del golfo, puesto que, en su desarrollo experimental eliminaron los carbonatos totales de sus muestras. Como en la presente investigación no se eliminaron los carbonatos entonces puede apreciarse muy bien la contribución del aporte biogénico a la composición mineralógica y química del sedimento de esta región. Por consiguiente, el predominio de cuarzo o carbonato va a depender de la situación geográfica donde se deposite el sedimento, el cual es un reflejo de las condiciones batimétricas y fisiográficas de un determinado punto.

Finalmente, los carbonatos que constituyen a los bioclastos (calcita o dolomita) son los minerales más abundantes en el golfo, con un promedio ponderado 42,5% con respecto a las fracciones analizadas. Sin embargo, este valor está muy cercano al valor promedio de cuarzo (43,4%), por lo que ambos minerales son prácticamente igual de abundantes. Estos valores fueron calculados a partir de los datos del apéndice 2 y la fórmula propuesta en la parte experimental de este trabajo de investigación. Cabe mencionar, que el cuarzo es el mineral alóctono más abundante y los bioclastos son los materiales autóctonos que están en mayor proporción.

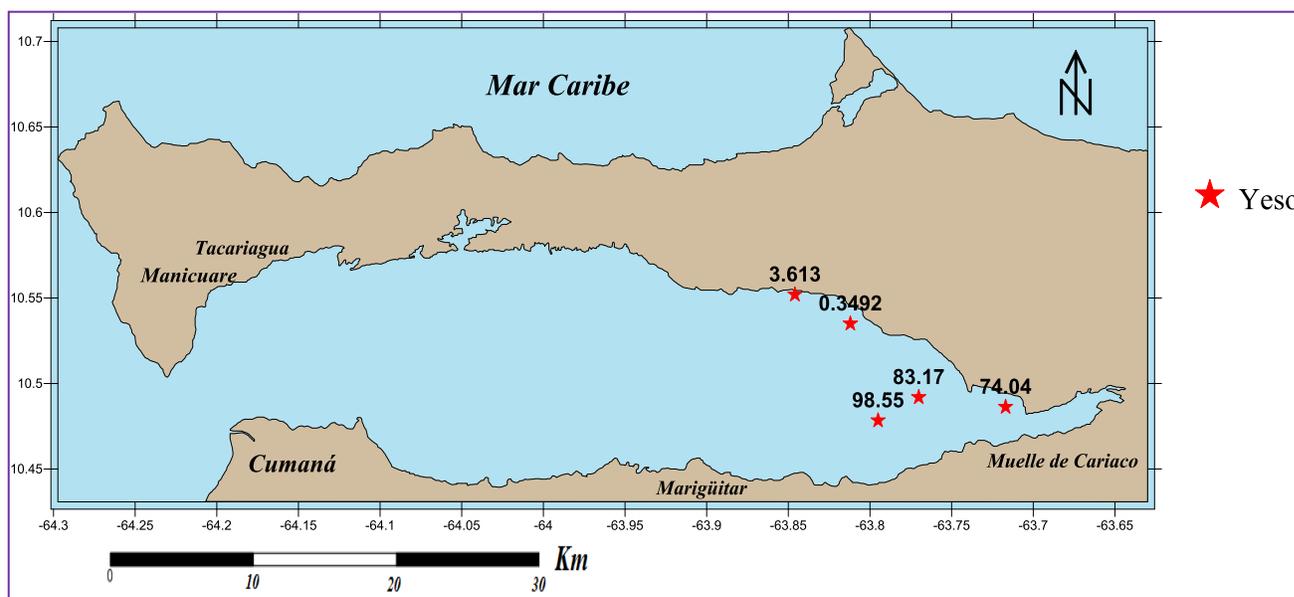
### Yeso.

Este mineral sólo pudo ser identificado en 5 puntos de muestreo (estaciones 59, 63, 65, 67 y 71) En 4 de estos puntos, la proporción de yeso tiende a ser uniforme, entre 70 y 100 %, en todas las fracciones granulométricas lo que lo hace independiente de la granulometría (Fig. 46). En las estaciones 71 y 65, donde los aportes de bioclastos y sedimentos detríticos son más altos, los valores de yeso son más bajos y con mayor variabilidad (0,3 y 3,6%), aunque también son independientes del tamaño de grano. El yeso no se halló en la fracción de gravas de ninguna estación.

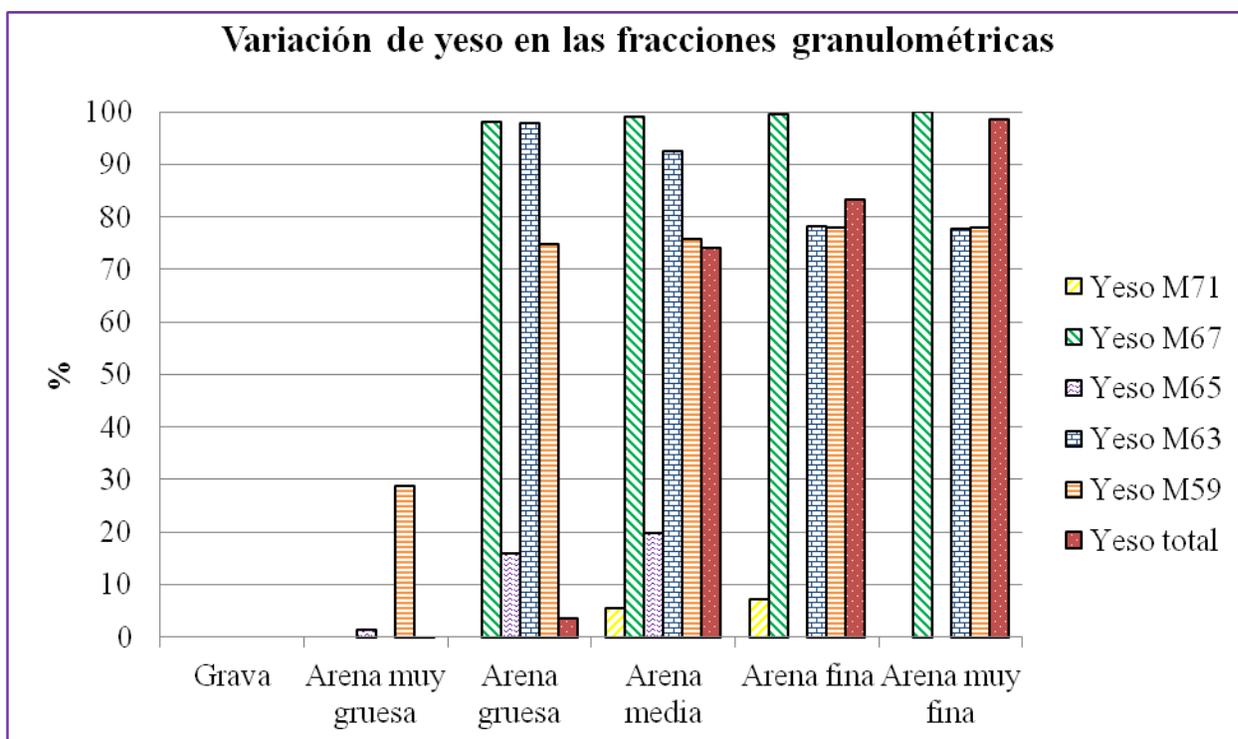
En el caso de la distribución espacial, el yeso pudo ser reconocido en zonas del golfo donde se identifican rasgos de trazas activas de fallas importantes, como los son la falla de El Pilar y la falla de Cariaco, muy específicamente en la zona más oriental del Golfo de Cariaco (Fig. 47).

La tendencia del yeso a mantenerse en proporciones uniformes, y a presentarse en las zonas anteriormente señaladas, parece indicar que su ocurrencia no está controlada por un aporte litológico, sino más bien por estar afectado por la actividad tectónica del golfo, y por las condiciones del medio condicionadas por esta actividad que controlan el tamaño de las partículas de este mineral.

Finalmente, las concentraciones totales de yeso son muy elevadas en las estaciones 59, 63 y 67, porque esas muestras estuvieron compuestas casi en su totalidad por este mineral en todas las fracciones granulométricas (Fig. 47). En esas estaciones la influencia de la actividad tectónica ha debido ser mayor.



**Figura 46.** Distribución espacial del promedio ponderado de yeso en el sedimento.



**Figura 47.** Variación yeso en las fracciones granulométricas.

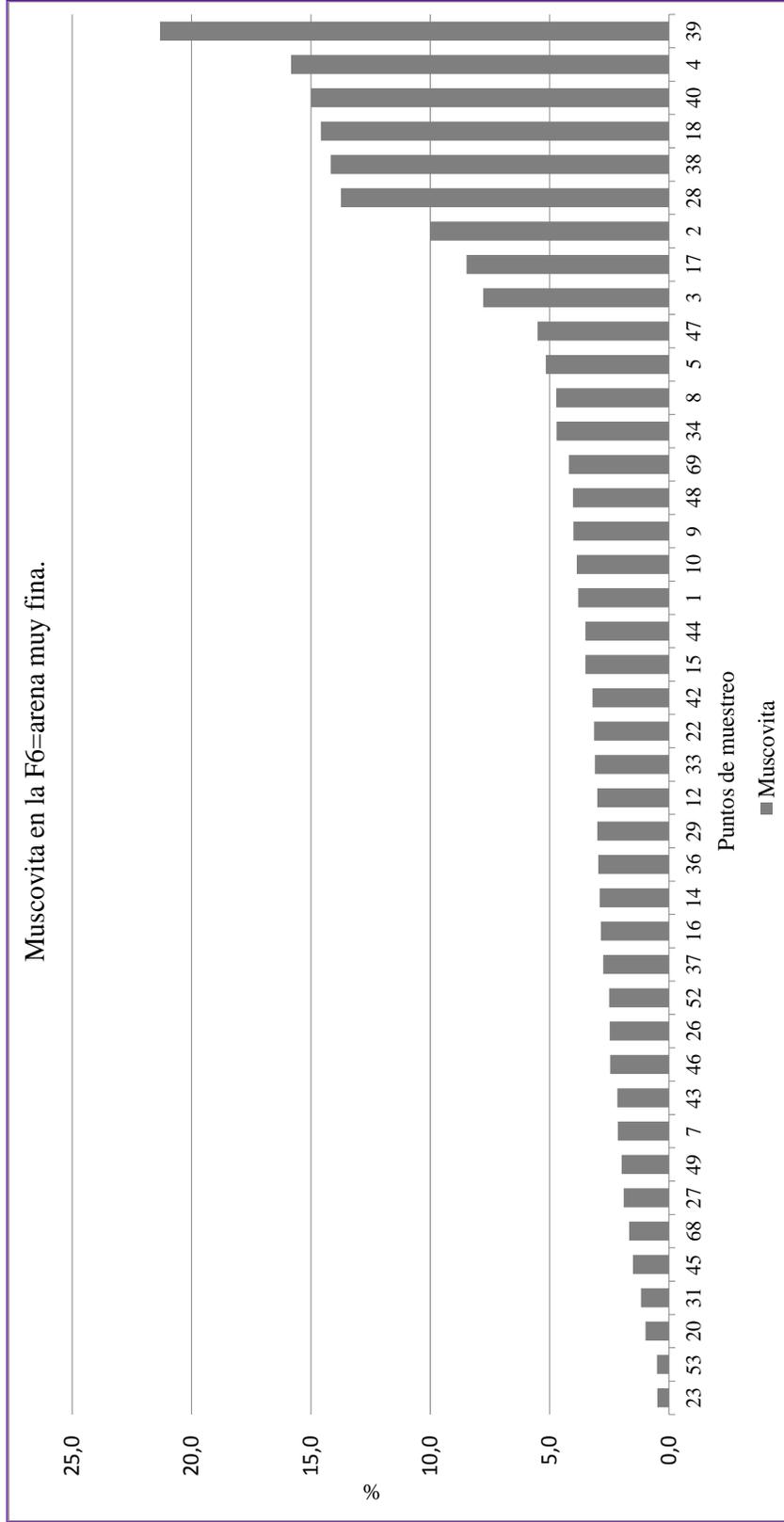
### Muscovita.

La muscovita fue un mineral con una preferencia muy marcada a concentrarse en las fracciones más finas del sedimento analizado, específicamente en la arena fina y muy fina. Mientras que en las fracciones de arenas medias, gruesas y gravas estuvo ausente en la totalidad de los puntos de muestreo.

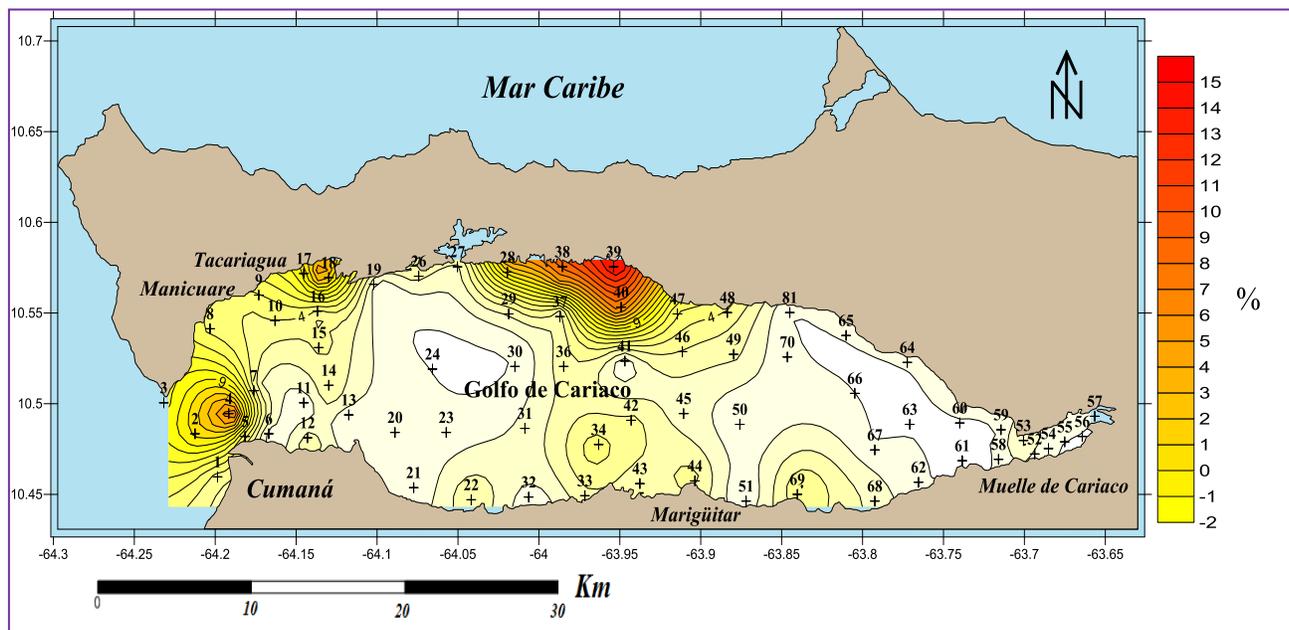
De las fracciones más finas, la muscovita estuvo preferiblemente concentrada en la clase de arena muy fina. Es por esta razón que se utilizó la distribución de este mineral en dicha clase para describir su comportamiento. En la figura 48, pueden notarse 2 poblaciones de datos: en el primero están incluidas las estaciones que van de la 3 a la 39, donde pudieron verse valores de 7,8 a 21,3% (Apéndice 2) y que corresponde específicamente a la zona norte del Golfo de Cariaco (Fig. 49) donde existe un gran aporte litológico de este mineral por parte de las formaciones metamórficas Manicuare, Laguna Chica y Carúpano y en las cercanías de la desembocadura del río Manzanares. En el segundo grupo: los valores son menores al 7,8% y ubicados en la zona central y sur del área de estudio.

Es muy probable que la presencia de este mineral en esas zonas, sea debido a la capacidad que poseen los minerales micáceos de mantenerse en suspensión y ser movilizados largas distancias por las corrientes (Caraballo, 1982c). La acumulación de la muscovita cerca de la entrada del golfo, coincide con lo establecido por Caraballo (1982a), indicando que las corrientes superficiales, influenciadas por la dirección del viento, tienen la preferencia a salir del golfo, esto podría estar enriqueciendo a esta zona en este mineral. Además, las rocas sedimentarias de la costa sur son generalmente micáceas (Guillaume *et al.*, 1969) y están siendo drenadas por el río Manzanares hasta la entrada del golfo.

Por otro lado, la tendencia a estar concentrados en las fracciones finas está totalmente justificada por el hecho de que el tamaño promedio de estas partículas oscila entre el 0,1 mm y 0,5 mm (Schubert, 1972; Alvarado, 2005). Esto quiere decir que la concentración de muscovita está controlada específicamente por el tamaño inicial de los granos en las formaciones geológicas que son drenadas hacia la cuenca del golfo. Y su distribución, está influenciada por las corrientes.

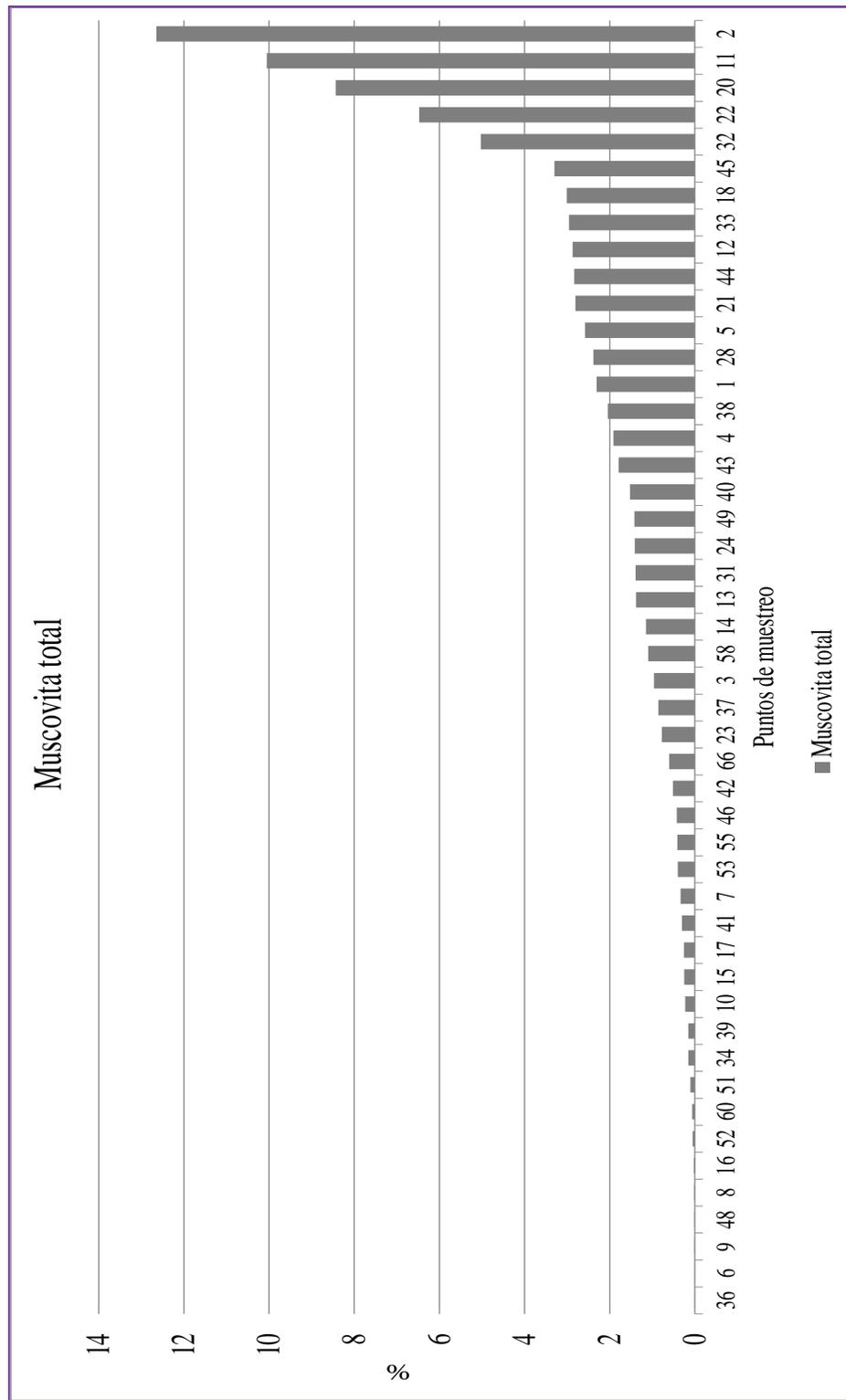


**Figura 48.** Distribución de muscovita en la fracción de arena muy fina.

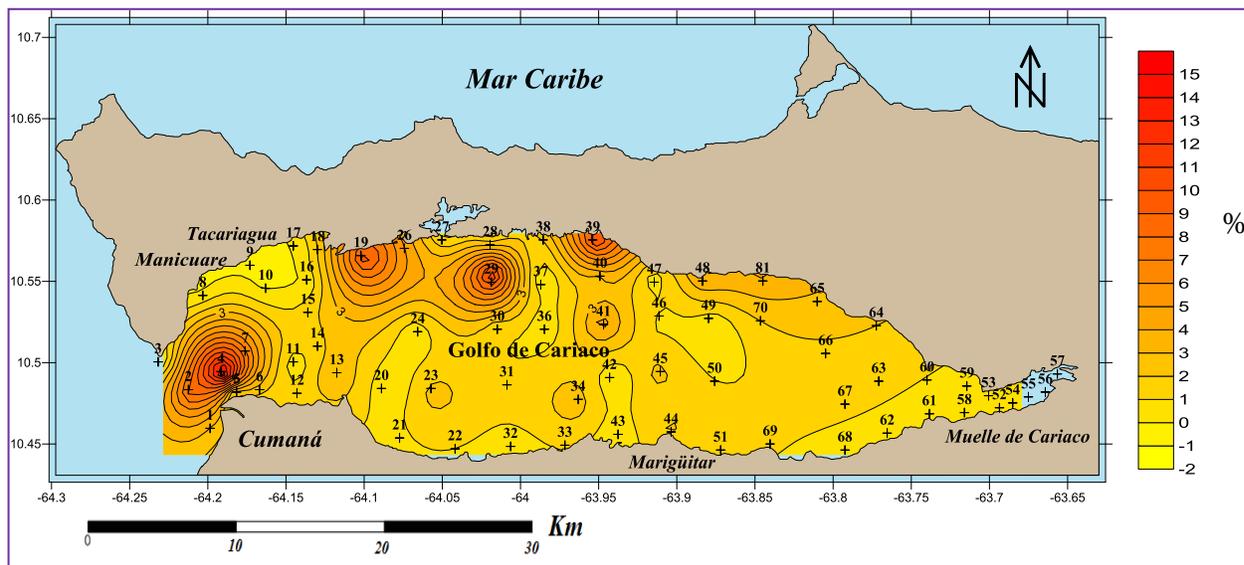


**Figura 49.** Distribución espacial de la muscovita en la fracción de arena muy fina.

En relación a los valores promedios ponderados de este mineral, en la figura 50 pueden verse dos poblaciones de datos: en el primero que va de la muestra 32-2, los valores de muscovita que van del 4,5 al 10,4% y corresponden a zonas ubicadas en la costa norte y en las cercanías de la desembocadura del río Manzanares (Fig. 51) y el segundo grupo, que incluye el resto de las muestras, los valores de muscovita van de 0 a 2,7% y pertenecen a puntos de muestreo distribuidas en todo el Golfo de Cariaco.



**Figura 50.** Distribución del promedio ponderado de la muscovita en el sedimento.

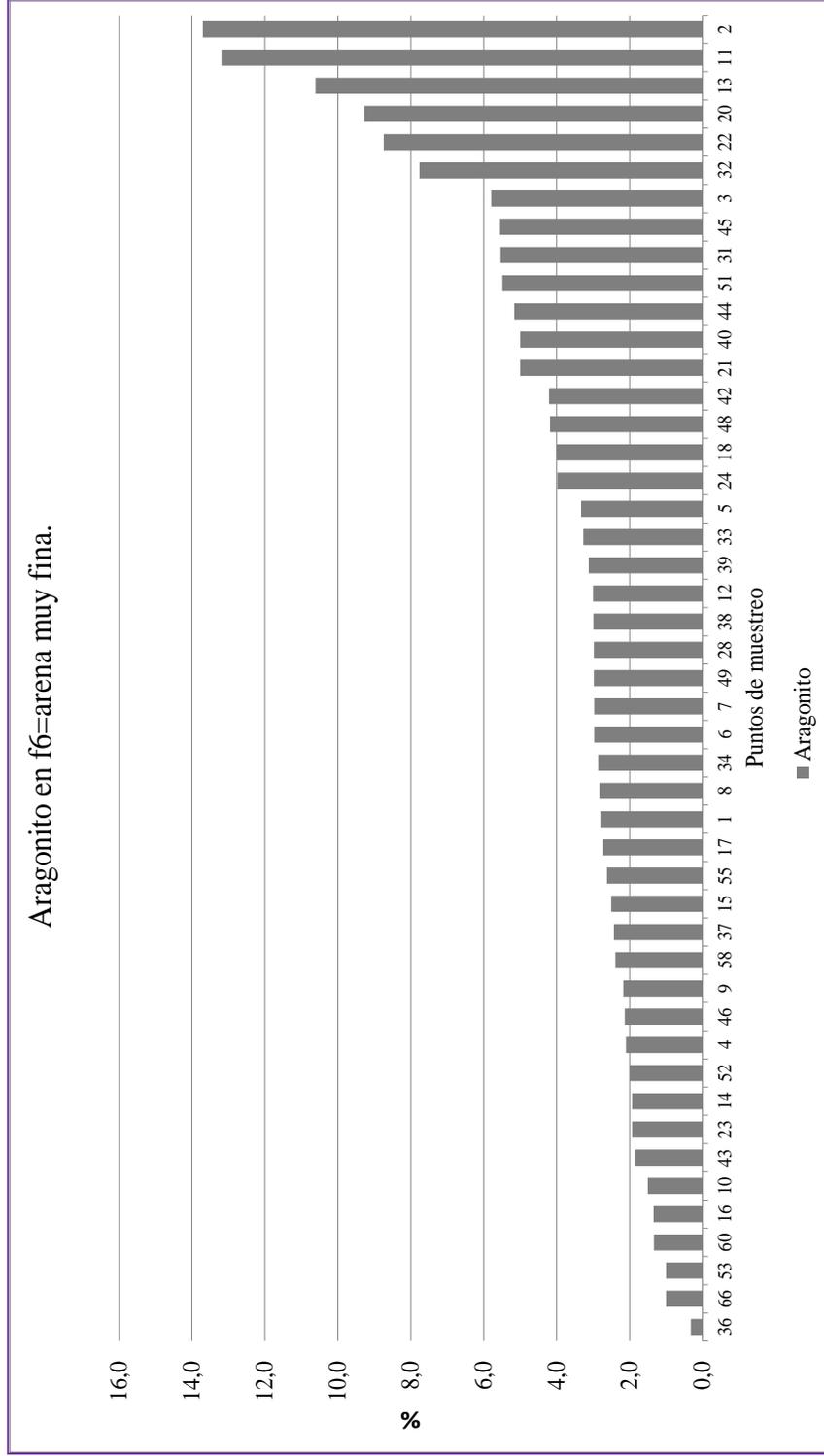


**Figura 51.** Distribución espacial del promedio ponderado de muscovita en el sedimento.

### Aragonito

De la misma manera que la muscovita, este carbonato está estrechamente ligado a las fracciones más finas del sedimento estudiado, particularmente a la arena muy fina. Mientras que en las fracciones gruesas estuvo completamente ausente. Es por eso que la discusión de su distribución espacial se hace sobre la base de la figura 52.

En la arena muy fina, los valores más altos (8 a 14%) estuvieron concentrados en las estaciones que van de la 32 a la 2 (Fig. 52), correspondientes a la zona occidental de la costa sur del golfo (Fig. 53). El resto de las concentraciones están dispersas, pero con una cierta preferencia por la zona sur. Esta distribución tan específica del aragonito, pudiera ser debido a procesos físico-químicos particulares que están promoviendo la precipitación de este mineral, como neoforado. Esta distribución es muy similar a la mostrada en la figura 54 para los valores promedios de este mineral en todo el sedimento (Fig. 55).



**Figura 52.** Distribución del aragonito en la fracción de arena muy fina.

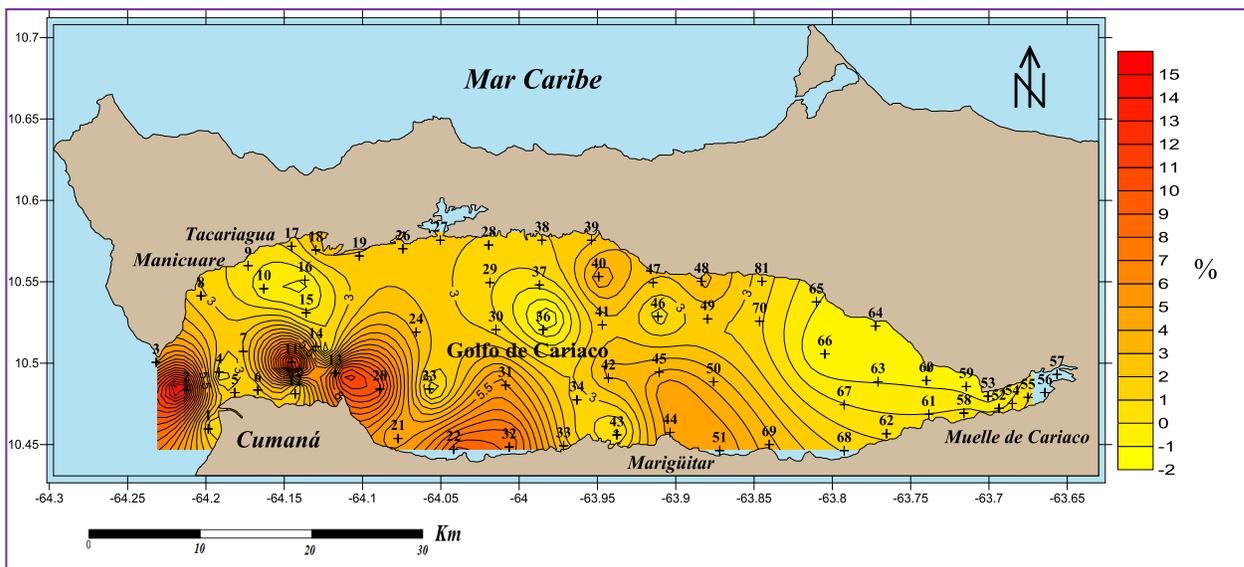


Figura 53. Distribución espacial del aragonito en la arena muy fina.

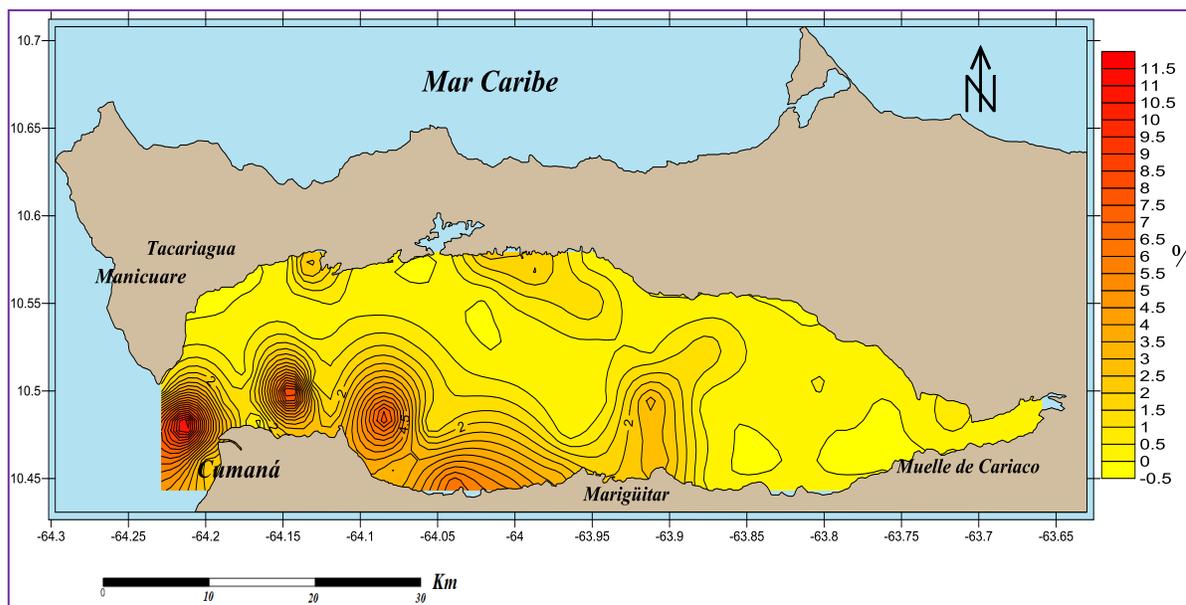
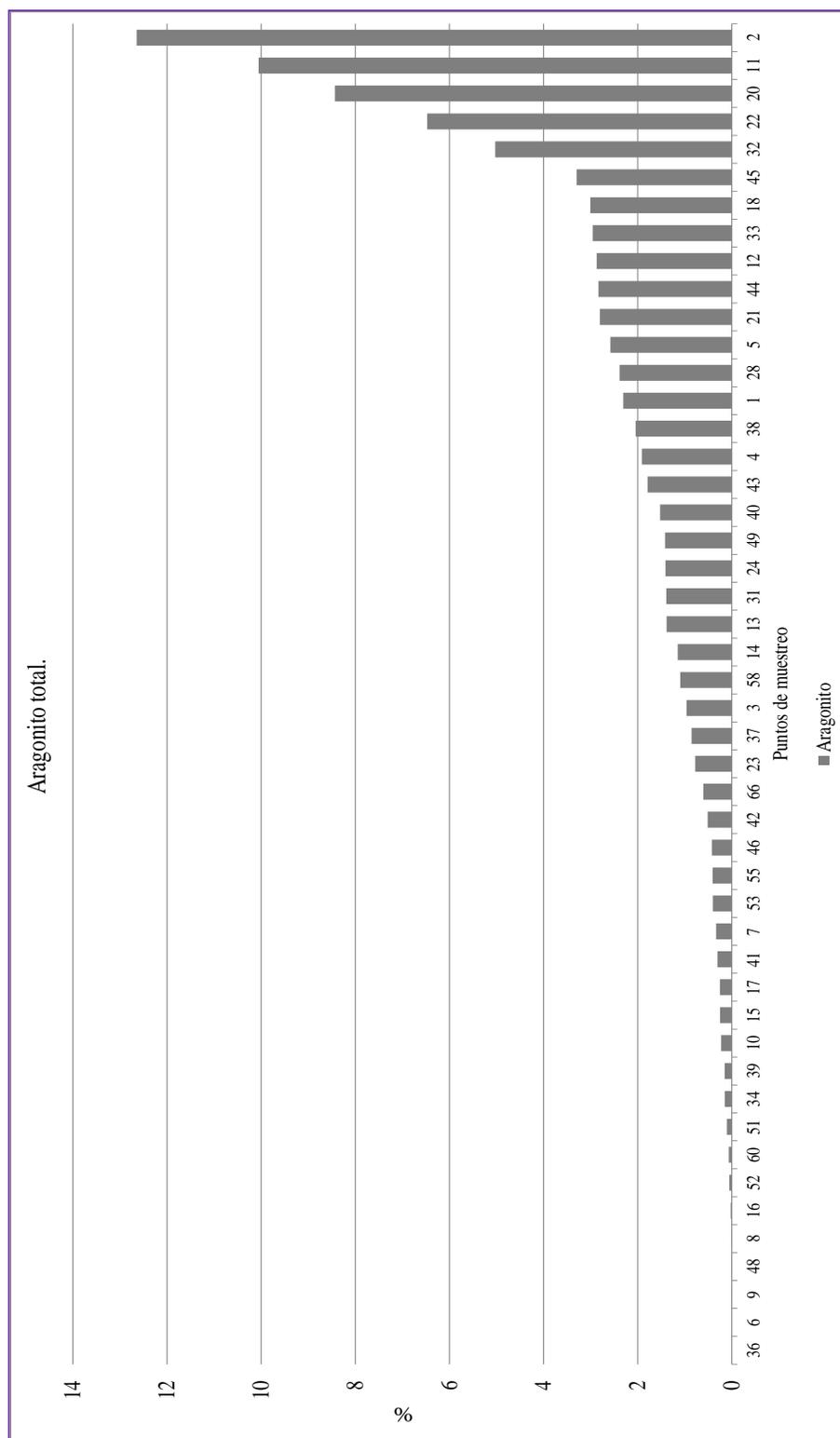


Figura 54. Distribución espacial del promedio ponderado de aragonito en el sedimento.



**Figura 55.** Distribución del promedio ponderado de aragonito en el sedimento.

### *Fragmentos de rocas.*

Los fragmentos de rocas, sedimentarios y metamórficos, identificados en el Golfo de Cariaco, mostraron una tendencia general a concentrarse en las fracciones gruesas del sedimento en estudio; mientras que en las fracciones finas fueron hallados en muy bajas proporciones. No obstante, es posible apreciar que en la fracción de arena gruesa fue donde pudo identificarse la mayor cantidad de puntos de muestreo con este material (Fig. 56). Este hecho, indica que los fragmentos de roca liberados durante la meteorización y erosión de las formaciones litológicas que afloran en el área de estudio, no han sido lo suficientemente re TRABAJADOS, por la acción de las olas y corrientes, para desintegrarlas y disminuir su tamaño. Sin embargo, en la costa sur el re trabajo es un poco mayor con respecto a la costa norte. Esto debido a la acción del viento, ya que por tener dirección NE choca contra la costa sur y aumenta la acción hidráulica contra las partículas de esta zona (Caraballo, 1982b).

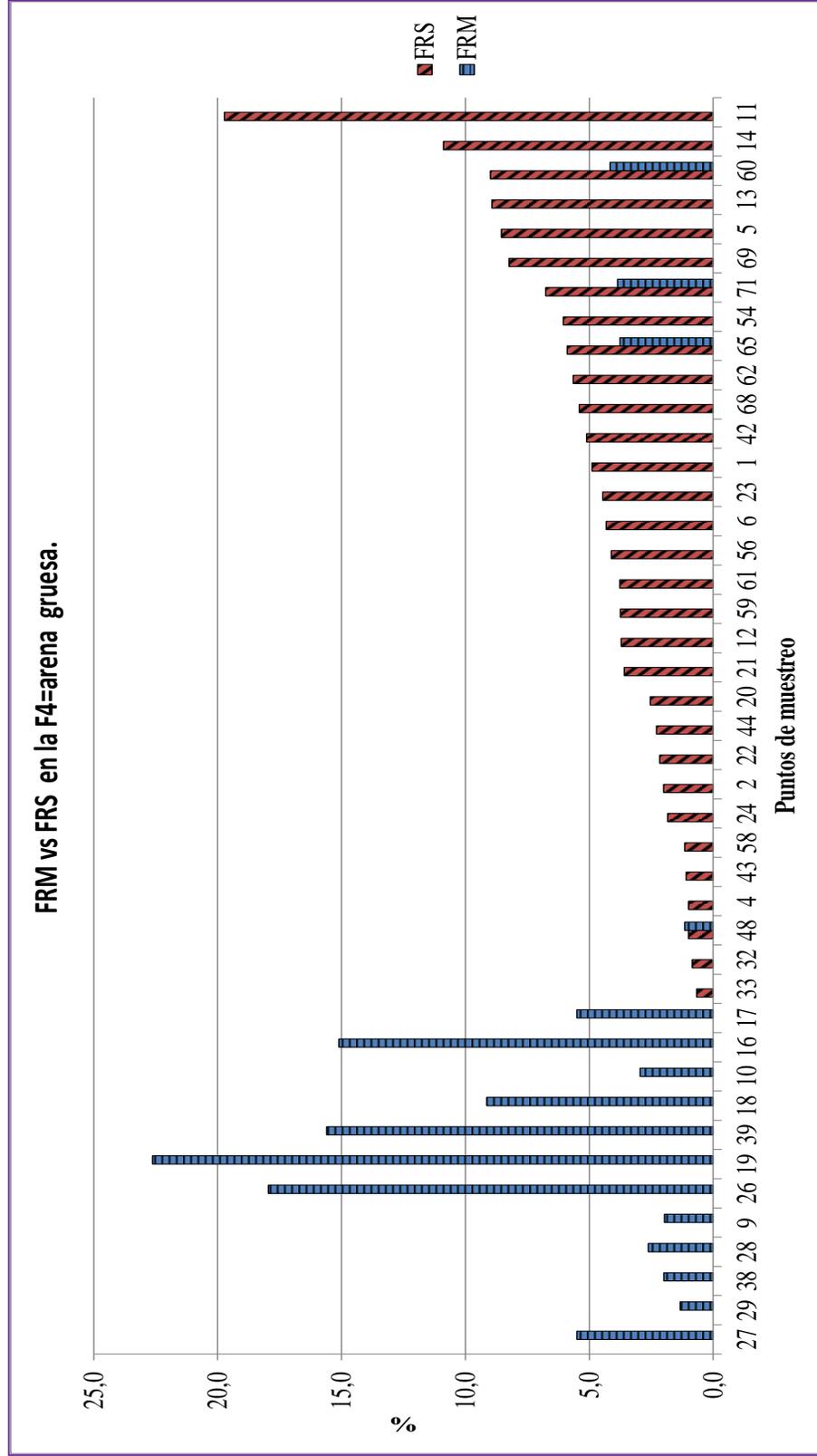
Asimismo, influye en este aspecto, el relieve tectónico del área, éste está controlado por trazas de fallas que por ahí pasan. En la costa norte, por ejemplo, las trazas de las fallas de Cariaco y Cerro Abajo, generan paredes y escarpes rocosos muy abruptos y empinados, que entran directamente en el fondo del golfo y que liberan los fragmentos de rocas por medio de la gravedad, es por eso que estos fragmentos son de mayores tamaños y totalmente angulares (Schubert, 1972).

Por otro lado, en la costa sur, son muy pocos los relieves de este tipo, habiendo mayor desarrollo de playas y por lo tanto, los fragmentos de rocas que son transportados al golfo poseen menores tamaños, son más re trabajados hasta llegar a depositarse.

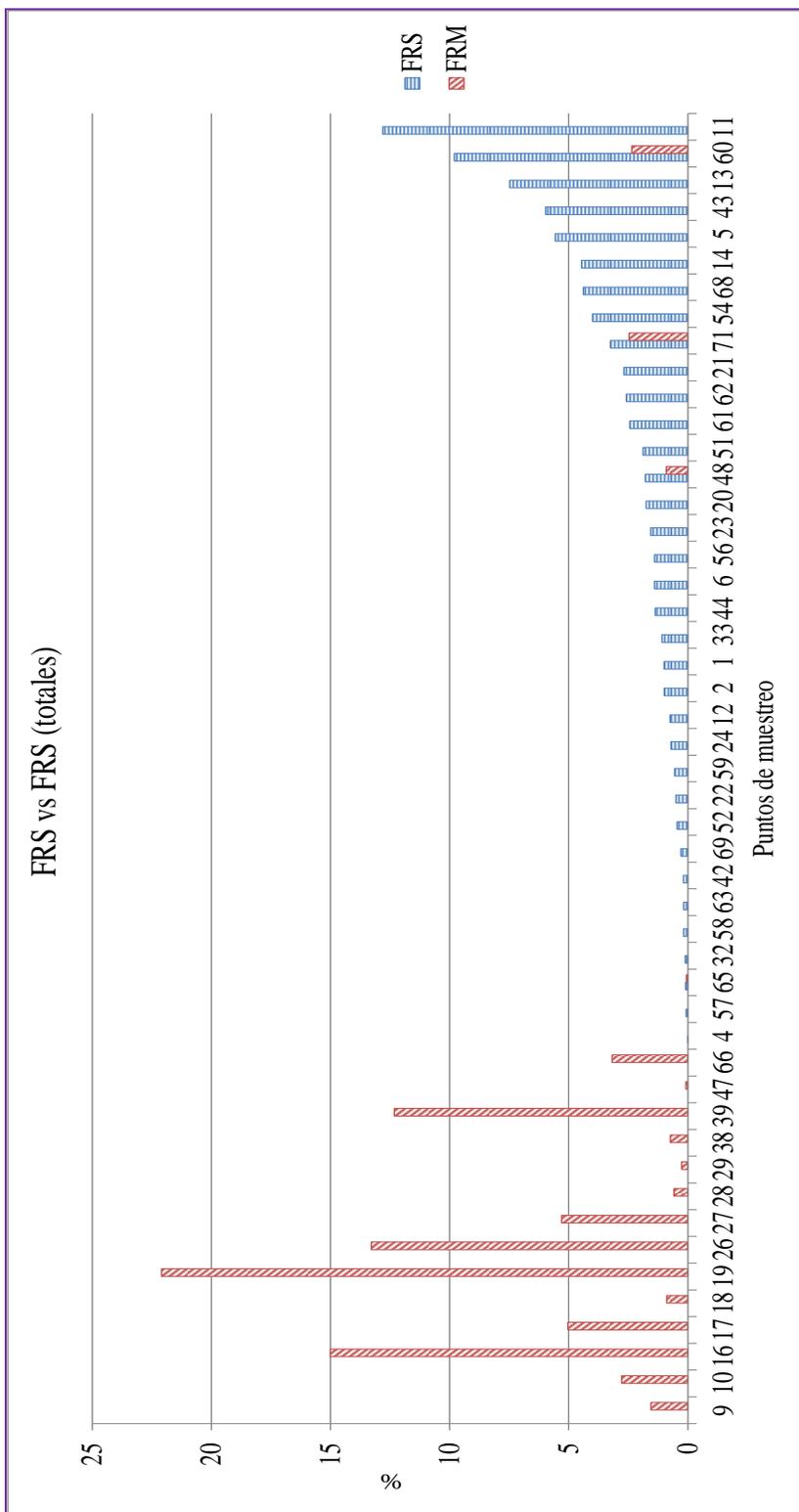
En la figura 56 puede verse que ambos tipos de rocas están distribuidos de maneras muy diferente y marcada, y esta relación es similar para el sedimento de la figura 57, los fragmentos de rocas sedimentarias (FRS) están localizadas en las áreas cercanas a la costa sur del golfo y con valores máximos cercanos al 20%. Con la excepción de las estaciones (8, 10 y 60), que mostraron concentraciones de rocas sedimentarias en la costa norte porque en esa zona están influenciadas por un aporte litológico de este tipo (Fm. Coche y Fm. Cubagua) (Vignali, 1965).

Los fragmentos de rocas metamórficas (FRM), fueron hallados valores cercanos al 20% y principalmente cercanos a la costa norte, ya que es en esta área donde existe el mayor aporte de rocas metamórficas (Fm. Manicuare, Fm. Carúpano, Fm. Laguna Chica) (Schubert, 1972; Alvarado, 2005).

Finalmente, los porcentajes totales de los fragmentos de rocas (Fig. 57) reflejan valores que superan el 10% del sedimento analizado, siendo los FRM los que representan los valores más altos de promedios ponderados en el sedimento, con un máximo de 22%. Esto como resultado, de que en la costa norte la acción de corrientes y oleaje es muy pobre, por lo pueden concentrarse grandes cantidades de fragmentos de rocas sin ser alterados por los agentes hidráulicos del medio. Además, el relieve de la zona, abrupto y con muchos acantilados empinados, influye en la acumulación de estos fragmentos muy cerca de la fuente.



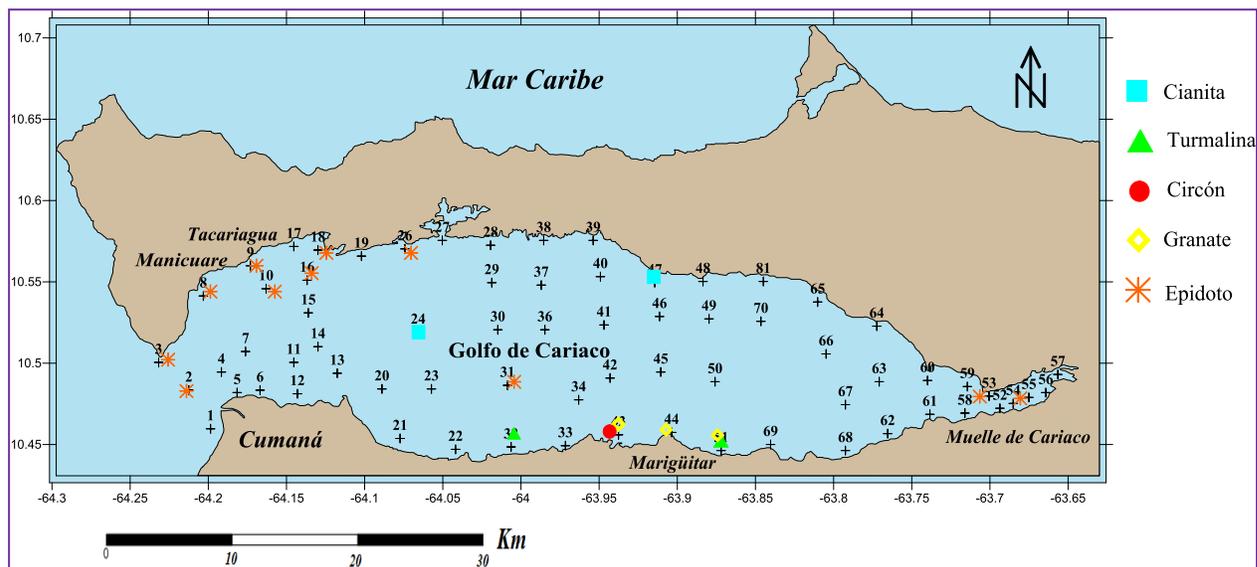
**Figura 56.** Distribución de los fragmentos de rocas en la fracción de arena gruesa.



**Figura 57.** Distribución del promedio ponderado de los fragmentos de rocas en e sedimento.

Minerales pesados.

Los minerales pesados que pudieron ser reconocidos en la cuenca del golfo (circón, turmalina, granate, epidoto y cianita), con excepción del epidoto, estuvieron presentes sólo en 6 muestras (24, 32, 43, 44, 47 y 51) (Fig. 58), y en las fracciones de arena fina y arena muy fina. En las fracciones más gruesas estuvieron totalmente ausentes.



**Figura 58.** Distribución espacial de los minerales pesados en el golfo.

El epidoto fue el único mineral pesado que pudo ser identificado en varias (9) estaciones del Golfo de Cariaco (2, 3, 8, 9, 10, 16, 18, 26, 31, 53, 55) (Fig. 58), específicamente en las fracciones de arena media, fina y muy fina. Sin embargo, fue en la arena muy fina donde pudo encontrarse el valor máximo de este mineral, específicamente en la estación 9, muy cerca de la población Manicuare (13%) (Apéndice 2). Especialmente se distribuye y acumula significativamente en la zona norte del golfo donde existe la influencia de cuerpos rocosos de tipo esquistoso-epidótico (Schubert, 1972; Alvarado, 2005), lo que claramente corresponden a su fuente.

La distribución de los minerales pesados dentro de las fracciones granulométricas anteriormente señaladas son atribuidas a los tamaños originales de estas partículas en las rocas fuente. Estos

minerales tienen tamaños que no superan los 0,1 mm (Goddard, 1987; Alvarado, 2005; Quintero, 2006). Además, las concentraciones de ellos, en la roca, son muy bajas en comparación con el resto de los minerales.

En el mapa de la figura 58, puede verse que la aparición de los minerales pesados (excluyendo la cianita) muestra una preferencia por la costa sur del Golfo de Cariaco. Sin embargo, dadas las bajas concentración (< 0,5%) y la poca información que se tiene sobre este aspecto, no es posible dar una explicación certera de esta distribución. Vale la pena aclarar que la identificación de estos minerales fue de aproximadamente 3 granos sobre 600 granos cuantificados. Este valor es muy bajo y el error asociado a su identificación, debido a la metodología empleada, puede ser muy alto. Por lo tanto, los resultados tienen una gran incertidumbre y deben ser vistos con reserva.

#### ***7.4 Análisis de las posibles fuentes de aporte de los sedimentos del Golfo de Cariaco.***

El estudio de los sedimentos del Golfo de Cariaco permite establecer que el aporte de sedimentos es principalmente de dos tipos: biogénico (bioclastos) y detrítico.

Con relación a los sedimentos detríticos, es necesario aclarar que los minerales pesados, que son lo más usadas en términos de proveniencia, no pudieron ser empleados en este estudio para tal fin, salvo el epidoto, debido a su poca abundancia. Por lo tanto, para inferir de donde provienen los sedimentos del golfo, serán utilizados el epidoto, así como los fragmentos de rocas sedimentarias y metamórficas que fueron reconocidas en las costas de esta región.

El mineral epidoto pudo ser identificado principalmente en la zona nor-occidental del golfo. Este hecho coincide con las áreas donde se ubican las rocas esquistos-epidóticas pertenecientes primordialmente a la Formación Manicuare ubicada en esa área. Así mismo, la presencia de fragmentos de esquistos cuarzo-micáceos, esquistos cuarzo-micáceos epidóticos, mármoles, esquistos y filitas grafitosas y calcáreas indican que una proporción de estos sedimentos provienen de las formaciones Manicuare, Laguna Chica, Carúpano y Tunapui, que afloran en toda la costa norte del golfo. En este caso, los porcentajes de epidoto, muscovita, grafito y cuarzo

metamórfico, son atribuidos al aporte de estas formaciones geológicas. Igualmente, los fragmentos de serpentinitas, aunque muy pocos, sugieren el aporte de la formación Carúpano donde están incluidas pequeñas áreas serpentinizadas, muy cerca de los contactos de falla y que afloran en los alrededores del punto de muestreo donde fueron identificadas.

Por otra parte, en la costa norte también pudieron observarse fragmentos de rocas sedimentarias. Estas rocas provienen de formaciones sedimentarias que forman parte de la península de Araya. Estas son, la formación Cubagua, específicamente el Miembro Cerro Negro que afloran en zonas del oeste en la Costa norte y la formación Coche que aflora en la parte este de la costa norte (Vignali, 1965; Schubert, 1972; Alvarado, 2005).

En la región sur del golfo fueron reconocidos fragmentos de rocas sedimentarias que incluyeron: cuarcitas grises y blancas, fragmentos de rocas arcillo-limosas grises, calizas oscuras y claras y chert negro. Estos fragmentos de rocas son aportados principalmente por las Formaciones Taguarumo, Valle Grande, Caiguire y Cumaná, que afloran en la costa sur del golfo.

En la zona este, hacia el Saco, los fragmentos de rocas sedimentarias encontrados, provienen de la erosión de rocas pertenecientes a la Formación Chiguana, drenada por el río Carinicuaó.

También, es importante mencionar el aporte detrítico que tiene el río Manzanares al golfo, lo que hace que toda la zona meridional de la Serranía del Interior Oriental sea fuente de sedimentos para el golfo de Cariaco (Caraballo, 1982b).

Por consiguiente, las dos principales fuentes de los sedimento detríticos son las rocas metamórficas y sedimentarias que forman la península de Araya y las rocas sedimentarias que forman parte de la Serranía del Interior Oriental (Vignali, 1965; Schubert, 1972; Caraballo, 1982b; Alvarado, 2005; Quintero, 2006). Esto refleja la importancia que tienen las formaciones geológicas que circundan al golfo en cuanto a fuente de aporte de sedimentos.

En cuanto a los sedimentos biogénicos, la fuente primordial es consecuencia de la actividad biológica actual y antigua del golfo, aportando principalmente restos esqueléticos de organismos marinos como moluscos, fragmentos arrecifales como corales y conchas de organismos

planctónicos (globigerina). Estos últimos son bastante abundantes y están relacionados con las condiciones favorables que existen o existieron en el golfo (surgencia) y que permite la proliferación de este tipo de organismos.

## **8. CONCLUSIONES**

---

- La fracción granulométrica que predomina en el Golfo de Cariaco es lodo (limos + arcillas), con una proporción porcentual de 55,4 % del sedimento, le siguen las fracciones de arenas (41,0 %) y grava (3,6 %). El lodo ocupa principalmente la región central y Saco del Golfo y la grava ciertas zonas de la costa norte.
- De los sedimentos captados en toda la región, la clase arena muy fina es la que presenta el porcentaje promedio más alto de todas esta clase (11,9%), seguida de la arena gruesa (8,8%), la arena media (8,1%) y arena fina (7,6%) y finalmente la arena muy gruesa (4,5%). Las arenas se localizan principalmente en la zona más occidental cerca de la entrada del golfo y zonas costeras (sur y norte).
- Los sedimentos detríticos están constituidos por una escasa variedad de fragmentos de rocas y de minerales, como cuarzo (43,4%), yeso (5,2%), muscovita (1,5%), aragonito (1,3%), epidoto (0,1%) y minerales pesados accesorios como: turmalina, circón, granate y cianita.
- Los fragmentos de rocas identificados fueron esencialmente: metamórficos (1,2%) y sedimentarios (1,4%). Los metamórficos fueron restos de: esquistos cuarzo-micáceos y epidóticos, filitas y esquistos grafitosos, mármoles y serpentinitas. Los sedimentarios estaban constituidos por restos de: areniscas grises y claras, calizas, lutitas, lignito, limolitas y chert negro.
- El material orgánico (bioclastos), generado en el sitio, estuvo conformado por restos esqueletales de organismos marinos como: conchas de moluscos, foraminíferos

planctónicos (globigerinas) y fragmentos coralinos. Estos materiales tienen una abundancia elevada, muy parecida a la del cuarzo, con un porcentaje promedio de 42,5% del sedimento analizado.

- Las dos principales fuentes de los sedimento detríticos son las rocas metamórficas y sedimentarias que forman la península de Araya y las rocas sedimentarias que forman parte de la Serranía del Interior Orienta. Esto refleja la importancia que tienen las formaciones geológicas que circundan al golfo en cuanto a fuente de aporte de sedimentos. En cuanto a los sedimentos biogénicos, la fuente primordial es consecuencia de la actividad biológica actual y antigua del golfo, aportando principalmente restos esqueléticos de organismos marinos como moluscos, fragmentos arrecifales como corales y conchas de organismos planctónicos (globigerina). Estos últimos son bastante abundantes y están relacionados con las condiciones favorables que existen o existieron en el golfo (surgencia) y que permite la proliferación de este tipo de organismos.
- La composición y distribución de los minerales y fragmentos de rocas en el golfo está influenciado por aspectos como: el aporte detrítico que llega al golfo por ríos y quebradas, las condiciones fisicoquímicas del medio (fenómeno de surgencia), las corrientes marinas, la batimetría y la actividad tectónica.

## **9. RECOMENDACIONES**

---

- Ampliar esta investigación, con el estudio mineralógico de los sedimentos tamaño limo y arcilla.
  
- Realizar un estudio de los sedimentos fluviales aportados por los ríos más importantes que drenan hacia el golfo, para determinar sus características texturales e identificar la mineralogía, con el fin de relacionarla con la información obtenida en esta investigación.
  
- Emplear la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) asociado a fluorescencia de rayos X para estudiar a detalle la morfología de los granos de sedimentos y establecer la composición química de los minerales, con el fin de complementar o mejorar los resultados obtenidos en este trabajo.
  
- Llevar a cabo un estudio de minerales pesados en los sedimentos de esta región, que incluya las distintas fracciones donde estos se acumulan, para utilizarlos como indicadores de proveniencia.

## **10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

---

- Abreu, R. (2007) *Identificación de minerales pesados en sedimentos fluviales del estado Bolívar*. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Química, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, 82p.
- Abu-Zeid, M., Baghdady, A. y El-Etr, J. (2001) Textural attributes, mineralogy and provenance of sand dune fields in the greater Al Ain area, United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments* **48**, 475-499.
- Alvarado, A. (2005) *Integración geológica de la Península de Araya, estado Sucre*. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, 223p.
- Alcántara-Carrió, J., Fernández-Bastero, S. y Alonso, I. (2010) Source area determination of aeolian sediments at Jandia Isthmus (Fuerteventura, Canary Islands). *Journal of Marine Systems* **80**, 219–234.
- Andò, S., Garzanti, E. y Vezzoli, G. (2009) Grain-size dependence of sediment composition and environmental bias in provenance studies. *Earth and Planetary Science Letters* **277**, 422–432.
- Audemard, F., Beck, C., Moernaut, J., De Rycker, K., De Batist, M., Sanchez, J., Gonzalez, M., Sanchez, C., Versteeg, W., Malave, G., Schmitz, M., Van Welden, A., Carrillo, E. y Lemus, A. (2007) The underwater depression of Guaracayal, estado Sucre, Venezuela: a barrier to the propagation of the coseismic break along the El Pilar Fault. *Interciencia* **32**, 735–741.

- Ascanio, G (1972) Geología de los Cerros de Caigüire, Cumaná, Estado Sucre. *Bol. Geol. Publ. Esp.* **5**. Tomo III: 1279-1288.
- Caraballo, L. (1982a) El Golfo de Cariaco. Parte I: Morfología y batimetría submarina. Estructuras y tectonismo reciente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* **21**, 13 – 35.
- Caraballo, L. (1982b) El Golfo de Cariaco. Parte II: Los sedimentos superficiales y su distribución por el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* **21**, 37 – 65.
- Caraballo, L. (1982c) El Golfo de Cariaco. Parte III: Contenido de carbonatos y constituyentes de los sedimentos. Su distribución por el fondo. Fauna característica. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* **21**, 67 – 83.
- Centeno, E. y Sánchez, L. (2001) Técnica y aplicaciones del estudio de los sedimentos terrígenos de grano fino: procedencia y tectónica. [Publicación en línea] Disponible:  
<http://geologia.igeolcu.unam.mx/academia/temas/procedencia/procedencia.html>.  
[Consulta: Noviembre, 2011].
- Dill, H. (2007) Grain morphology of heavy minerals from marine and continental placer deposits, with special reference to Fe–Ti oxides. *Sedimentary Geology* **198**, 1–27.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1994) *Química de suelos con énfasis en suelos de América latina*. Iica. 420p.

- Folk, R. (1978) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Pub. Co. Austin Texas, USA. 182 p.
- Garbán, G. (1999) *Estudio geoquímico de sedimentos pesados en el área de ciudad Piar-Sta. Bárbara-San Isidro-El Grillero, estado Bolívar, Venezuela*: Trabajo de Ascenso, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, 180p.
- Guillaume, H., Bolli, H. y Beckmann, J. (1969) Estratigrafía del cretácico inferior en la Serranía del Interior, oriente de Venezuela. *Bol. Geol. Publ. Esp* **5**. Tomo III: 1619-1659.
- Goddard, D. (1987) Estudio mineralógico de los sedimentos del fondo del Golfo de Cariaco, edo. Sucre, Venezuela. *Bol. Soc. Venez. Geol.* **29**, 5-18.
- González D.J, Iturrado, J. y Picard, X. (1980) *Venezuela y sus cuencas petrolíferas*. 2da edición. Foninves: Caracas, 1021 p.
- Haritashya, U., Kumar, A. y Singh, P. (2010) Particle size characteristics of suspended sediment transported in meltwater from the Gangotri Glacier, central Himalaya — An indicator of subglacial sediment evacuation. *Geomorphology* **122**, 140–152.
- Hossain, M., Jalalur, J., Dampare, S. y Suzuki, S. (2011) Provenance, tectonics and source weathering of modern fluvial sediments of the Brahmaputra–Jamuna River, Bangladesh: Inference from geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, artículo en prensa.
- Hulburt, C. y Klein, C. (2006) *Manual de Mineralogía*. Editorial Reverté. España, 368p.

- Iriondo, M. (2007) *Introducción a la geología*. Editorial Brujas. 240p.
- Krumbein, W. y Pettijohn, F. (1938) *Manual of sedimentary petrography*. New York, Appleton-Century, 539p.
- Martínez, G. (2002) Metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* **41**, 83-96.
- Martins, R., Azevedo, M., Mamede, R., Sousa, B., Freitas, R., Rocha, R., Quintino, V. y Rodrigues, A. (2011) Sedimentary and geochemical characterization and provenance of the Portuguese continental shelf soft-bottom sediment. *Journal of Marine Systems*, artículo en prensa.
- Monrore, J., Wicander, R. y Hazlett, R. (2006) *Physical geology: exploring the Earth*. Cengage learning. 690p.
- Moral, J., Gutiérrez, J., Sánchez, A., Domínguez-Bella, S. y Martínez, J. (2005) Surface textures of heavy-mineral grains: a new contribution to provenance studies. *Sedimentary Geology* **174**, 223–235.
- Morton, A., Meinhold, G., Howard, J., Phillips, R., Strogen, D., Abutarruma, Y., Elgadry, M., Thusu, B., Andrew y W. (2011) A heavy mineral study of sandstones from the eastern Murzuq Basin, Libya: Constraints on provenance and stratigraphic correlation. *Journal of African Earth Sciences* **61**, 308–330.
- Nichols, G. (2009) *Sedimentology and stratigraphy*. Wiley Blackwell. Chichester, 411p.

- Pierre, D. (1978) Atlas photographique des minéraux d'alluvions. Mémoire du Bureau de recherches géologiques et minières. N°95, 203p.
- Pettijohn, F. (1972) *Sedimentary Rocks*. Springer-Verlag, 618p.
- Pettijohn, F.J., Potter, P. y Siever, R. (1975) *Sand and sandstones*. Springer-Verlag, 618p.
- Quevedo, J. (2009) *Análisis mineralógico y químico de minerales pesados de sedimentos de la cuenca del río Aro, estado Bolívar, Venezuela*. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universal Central Venezuela. Caracas, 79p.
- Quintero, A., Caraballo, L., Bonilla, J., Terejova, G. y Rivadula, R. (2006) Sedimentos marino costeros del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* **45**, 127-139.
- Reineck, H. y Singh, I. (1973) *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 549 p.
- Rodríguez, A., Prieto, P. y Castillo, M. (2005) Análisis de sedimentos de la parte alta y media de la cuenca del río Chama. Mérida, Venezuela. *Revista Ciencia e Ingeniería* **26**, 24-28.
- Schubert, C. (1972) Geología de la Península de Araya, estado Sucre. *Bol. Geol., Publ. Esp.* 5 tomo III, 1823-1886.
- Selley, R. (2000) *Applied Sedimentology*. Elseiver, 2da edición, Londres Inglaterra. 523p.

- Singh, P. (2009) Geochemistry and provenance of stream sediments of the Ganga River and its major tributaries in the Himalayan region, India. *Chemical Geology* **269**, 220–236.
  
- Tosiani, T., Yanes, C. y Ramírez, A. (2005) Sedimentos recientes frente al delta del Orinoco, Venezuela. *Frente Atlántico venezolano. Investigaciones Geoambientales: Ciencias de la Tierra. Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA)-Fondo editorial Fundambiente. Caracas, Venezuela* **2**, 53-61.
  
- Vignali, M (1965) Estudio geológico de las rocas sedimentarias de Araya. *Geos* **13**, 23-37.
  
- Zahid, K. y Barbeau, D. (2010) Provenance of eastern Magallanes foreland basin sediments: Heavy mineral analysis reveals Paleogene tectonic unroofing of the Fuegian Andes hinterland. *Sedimentary Geology* **229**, 64–74.

***11. APENDICE***

---

**11.1 Apéndice 1:** Composición granulométrica de los sedimentos del Golfo de Cariaco.

Estación	Latitud	Longitud	Gravas	Arenas					Lodo
			>2mm	1-2mm	0,5-1mm	0,25-0,5mm	0,125-0,25mm	0,0625-0,125mm	<0,0625mm
1	-64,1978	10,4603	0,29	0,20	0,30	0,40	1,30	11,60	86,0
2	-64,2132	10,4825	0,10	0,20	1,60	3,70	24,70	55,40	14,4
3	-64,2307	10,5004	9,40	16,10	45,80	21,20	6,60	0,40	0,5
4	-64,1907	10,4938	0,00	0,00	0,40	1,20	2,70	43,20	52,6
5	-64,1824	10,4819	0,25	1,20	20,80	38,20	29,20	4,20	6,2
6	-64,1687	10,4854	0,30	1,10	8,40	27,80	61,00	0,20	1,3
7	-64,1764	10,5078	3,45	2,09	8,90	9,36	18,23	5,38	52,6
8	-64,2028	10,5417	7,28	17,40	0,99	67,38	6,33	0,57	0,1
9	-64,1746	10,5596	2,20	8,00	36,00	38,50	14,00	0,50	0,8
10	-64,1650	10,5456	12,40	10,30	28,90	26,20	9,00	6,00	7,1
11	-64,1455	10,4991	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	1,10	98,6
12	-64,1441	10,4809	0,00	0,00	0,10	0,10	11,30	35,40	52,9
13	-64,1170	10,4899	1,70	3,80	48,00	27,90	16,60	1,60	0,3
14	-64,1282	10,5074	0,02	0,10	0,92	2,08	7,60	15,78	70,5
15	-64,1362	10,5289	54,77	10,45	8,46	9,11	8,50	4,10	4,6
16	-64,1380	10,5509	1,36	3,60	6,40	12,60	6,00	0,60	69,5
17	-64,1450	10,5708	2,50	6,00	21,00	15,90	20,60	6,80	27,1
18	-64,1299	10,5701	0,03	0,60	2,50	3,50	11,80	32,00	49,6
19	-64,1042	10,5656	0,30	8,40	54,20	21,30	13,70	1,30	0,9
20	-64,0880	10,4838	0,00	0,00	0,14	0,37	1,53	13,78	84,2
21	-64,0799	10,4541	0,03	0,70	14,70	58,50	16,10	5,20	4,8
22	-64,0410	10,4444	0,10	0,40	1,80	3,80	9,50	44,60	39,8
23	-64,0568	10,4843	0,01	0,10	2,00	5,60	12,80	13,90	66,1
24	-64,0661	10,5176	1,20	3,20	25,10	17,70	19,20	18,30	15,3
26	-64,0760	10,5700	4,14	6,72	22,63	24,59	11,53	17,75	12,6

**11.1 Apéndice 1:** Composición granulométrica de los sedimentos del Golfo de Cariaco (**Continuación**).

Estación	Latitud	Longitud	Gravas	Arenas					Lodo
			>2mm	1-2mm	0,5-1mm	0,25-0,5mm	0,125-0,25mm	0,0625-0,125mm	<0,0625mm
27	-64,0510	10,5752	2,62	15,59	18,98	6,81	2,94	1,37	52,8
28	-64,0200	10,5729	0,30	0,30	0,30	0,10	0,20	4,36	94,5
29	-64,0179	10,5502	0,47	0,13	0,06	0,08	0,05	0,60	98,5
30	-64,0151	10,5199	3,15	1,70	0,50	0,40	0,40	1,50	92,4
31	-64,0109	10,4857	0,41	0,40	0,20	0,20	0,20	0,40	98,2
32	-64,0062	10,4469	0,21	0,70	7,70	9,80	35,30	35,70	10,7
33	-63,9707	10,4501	0,09	0,00	0,20	0,10	0,30	3,40	95,8
34	-63,9661	10,4788	0,82	0,20	0,00	0,00	0,10	0,10	98,8
36	-63,9847	10,5213	0,13	0,04	0,04	0,16	0,11	0,01	99,5
37	-63,9857	10,5515	0,13	0,10	0,00	0,10	0,20	0,30	99,3
38	-63,9891	10,5748	0,32	0,20	0,20	0,10	0,30	2,40	96,5
39	-63,9519	10,5742	5,70	14,20	29,80	11,60	27,40	4,60	6,7
40	-63,9516	10,5532	11,68	7,30	8,00	7,30	7,30	18,20	40,2
41	-63,9489	10,5235	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	99,4
42	-63,9423	10,4889	0,98	0,70	0,10	0,20	0,20	0,30	97,7
43	-63,9382	10,4551	0,04	0,00	0,10	0,20	0,70	39,30	59,6
44	-63,9039	10,4580	0,02	0,04	1,20	2,04	8,12	10,43	78,2
45	-63,9091	10,4924	0,79	0,00	0,00	0,20	0,20	1,80	97,0
46	-63,9123	10,5264	0,52	0,30	0,20	0,20	0,10	0,30	98,4
47	-63,9133	10,5517	9,57	4,20	2,20	2,20	1,80	48,80	31,2
48	-63,8820	10,5494	14,21	20,30	42,60	16,00	5,20	0,30	1,4
49	-63,8762	10,5241	0,62	0,40	0,10	0,10	0,10	1,30	97,4
50	-63,8753	10,4879	0,42	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	99,2
51	-63,8710	10,4459	5,88	31,10	35,60	9,60	12,20	1,90	3,8

**11.1 Apéndice 1: Composición granulométrica de los sedimentos del Golfo de Cariaco (Continuación).**

Estación	Latitud	Longitud	Gravas	Arenas					Lodo
			>2mm	1-2mm	0,5-1mm	0,25-0,5mm	0,125-0,25mm	0,0625-0,125mm	<0,0625mm
52	-63,6946	10,4714	16,51	37,45	29,75	2,13	4,23	2,56	7,4
53	-63,7000	10,4790	0,26	0,10	0,30	0,10	0,30	0,80	98,0
54	-63,6870	10,4750	0,03	0,10	0,10	0,10	0,40	3,90	95,4
55	-63,6740	10,4800	1,66	2,30	1,00	0,30	0,30	1,00	93,4
56	-63,6630	10,4810	0,10	0,10	0,20	0,00	0,10	1,40	98,0
57	-63,6580	10,4910	5,43	1,70	14,80	0,70	2,30	19,80	55,3
58	-63,7162	10,4685	0,44	0,39	0,08	0,04	0,07	0,67	98,1
59	-63,7163	10,4856	0,21	0,10	0,20	0,10	0,70	4,50	94,1
60	-63,7403	10,4896	40,47	24,80	14,80	3,40	5,00	4,40	7,2
61	-63,7391	10,4667	0,06	0,50	3,20	6,50	17,00	56,80	15,9
62	-63,7638	10,4557	0,02	0,50	3,40	21,30	6,80	37,20	30,8
63	-63,7702	10,4883	0,00	0,10	0,70	0,40	0,50	0,40	98,0
64	-63,7722	10,5210	17,32	38,10	16,40	3,30	3,70	2,20	19,0
65	-63,8103	10,5360	0,05	0,03	0,40	0,71	5,48	51,95	41,4
66	-63,8063	10,5061	0,20	0,90	1,10	1,60	5,80	14,60	75,9
67	-63,7940	10,4740	0,00	0,00	1,60	1,50	1,50	1,00	94,4
68	-63,7940	10,4447	0,16	0,88	3,96	6,23	14,80	48,49	25,5
69	-63,8395	10,4504	0,00	0,10	0,20	0,62	3,97	41,70	53,5
71	-63,8451	10,5490	0,04	0,04	0,09	0,11	0,14	0,00	99,6
		Promedio	3,6	4,5	8,8	8,15	7,60	11,9	55,4
		Total arenas		41,0					
		Valor máximo	54,77	37,45	54,20	67,38	61,00	56,80	99,6

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos.

PM	F	DG	Porcentaje																							
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
1	1	2,07																								
1	2	1,17	95,0											2,0	2,0	1,0									3,0	
1	3	1,97	16,4	73,6										5,1	4,9										4,9	
1	4	3,04	10,7	81,6										3,8	3,8										3,8	
1	5	9,33	7,0	86,9	1,7									2,5	1,8										1,8	
1	6	82,4	5,0	86,0	3,8	2,8								1,8	0,7										0,7	
1	10	100	6,50	82,9	3,29	2,31								1,97	0,99	0,01									0,99	
2	1	0,08	100	0,0																						
2	2	0,22	90,8	7,0																					2,2	
2	3	1,89	71,3	18,7		8,0																			2,0	
2	4	4,31	56,8	23,7	3,1	16,4																				
2	5	28,8	20,6	61,9	5,2	10,2																			2,1	
2	6	64,7	8,6	65,2	10,0	13,7	1,9																		0,5	
2	10	100	15,6	61,4	8,11	12,6	1,25																		0,98	
3	1	9,44	98,5	1,5																						
3	2	16,1	97,0	3,0																						

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																							
			Minerales												FRS						FRM				FRS-T	FRM-T
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
3	3	46,0	95,9	4,1																						
3	4	21,3	71,7	25,2		3,1																				
3	5	6,60	68,6	25,5		4,1	1,8																			
3	6	0,40	29,6	50,2	7,8	5,8	6,6																			
3	10	100	89,0	9,8	0,03	0,96	0,14																			
4	1	0,00																								
4	2	0,00																								
4	3	0,77	10,9	86,3										1,8	1,0									1,8		
4	4	2,46	5,6	93,1										0,8	0,5									1,3		
4	5	5,61	4,3	81,3	14,2									0,3										0,3		
4	6	91,2	1,6	80,5	15,8	2,1																				
4	10	100	1,90	80,8	15,2	1,91								0,05	0,02									0,07		
5	1	0,27	87,0												8,0	2,0		3,0						13,0		
5	2	1,31	22,9	67,1		1,0									2,5	6,5								9,0		
5	3	22,1	11,8	78,5										1,1		6,9		1,7						9,7		
5	4	40,7	8,4	79,4		3,9								2,5		4,0		1,7						8,2		

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
5	5	31,1	3,0	86,4	4,0	2,7									2,9	1,0							3,8		
5	6	4,48	3,2	88,3	5,2	3,3																			
5	10	100	7,65	81,4	1,47	2,58								1,2	0,95	3,54		1,0					6,7		
6	1	0,31	89,3												6,9	3,9							10,7		
6	2	1,08	78,6	9,8											6,7	4,9							11,6		
6	3	8,49	9,7	85,9											3,2	1,1							4,3		
6	4	28,1	5,5	92,5											2,0								2,0		
6	5	61,8	2,8	96,7											0,5								0,5		
6	6	0,20	1,8	94,7		3,0									0,5								0,5		
6	10	100	5,2	93,37		0,01									1,23	0,16							1,39		
7	1	7,27	100																						
7	2	4,41	100																						
7	3	18,8	97,8	2,2																					
7	4	19,7	91,7	8,3																					
7	5	38,46	84,9	15,1																					
7	6	11,34	72,3	22,6	2,1	3,0																			

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
7	10	100	89,0	10,4	0,24	0,34																			
8	1	7,28	100,0																						
8	2	17,41	100,0																						
8	3	0,99	100,0																						
8	4	67,42	100,0																						
8	5	6,34	94,1	5,9																					
8	6	0,57	70,9	18,9	4,7	2,8	2,7																		
8	10	100	99,5	0,483	0,03	0,02	0,02																		
9	1	2,22	79,0	14,4																6,6				6,6	
9	2	8,06	89,6	7,5																2,8				2,8	
9	3	36,31	82,0	16,0																2,0				2,0	
9	4	38,81	52,3	45,0			1,7													1,0				1,0	
9	5	14,09	31,3	62,0			6,2													0,5				0,5	
9	6	0,50	25,4	55,6	4,0	2,2	12,9																		
9	10	100	63,6	33,2	0,02	0,01	1,58													1,54				1,54	
10	1	13,36	89,6	5,1																5,3				5,3	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
10	2	11,13	89,3	6,7																4,0					4,0
10	3	31,13	38,6	58,4																3,0					3,0
10	4	28,19	37,4	60,1			0,5													2,0					2,0
10	5	9,74	20,7	74,1		1,4	3,1													0,8					0,8
10	6	6,46	17,5	72,8	3,9	1,5	3,6													0,8					0,8
10	10	100	47,6	48,5	0,25	0,23	0,67													2,77					2,77
11	1	1,13																							
11	2	0,38																							
11	3	1,89	44,6	35,6													3,3	16,4							19,7
11	4	5,66	18,2	67,7													2,3	11,8							14,1
11	5	14,72	25,2	65,0													3,5	6,3							9,8
11	6	76,23	12,3	61,1		13,2											7,5	5,9							13,4
11	10	100	14,9	60,67		10,1											6,4	7,12							12,79
12	1	0,00																							
12	2	0,16																							
12	3	0,25	78,8	12,8		4,7												3,7							3,7

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																							
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
12	4	0,29	62,5	29,7	1,0	2,5										1,0	3,3							4,3		
12	5	24,07	44,9	45,8	3,8	2,5											3,0								3,0	
12	6	75,23	21,0	73,0	3,0	3,0																				
12	10	100	26,9	66,0	3,17	2,87										0	0,84								0,739	
13	1	1,71	76,8	3,0		0,5									9,6	1,9	6,4	1,8							19,7	
13	2	3,76	57,0	20,8											14,6	2,6		5,1							22,3	
13	3	48,15	10,5	80,6											6,1	1,7		1,2							8,9	
13	4	28,04	4,6	86,6		2,7								1,6	2,7	1,7									7,1	
13	5	16,70	4,7	88,4		2,7									2,8	1,4									4,2	
13	6	1,64	2,9	84,4		10,6									1,1	1,0									2,1	
13	10	100	10,6	80,06		1,39								0,44	4,89	1,68	0,11	0,789							7,9	
14	1	0,08																								
14	2	0,36	98,6												1,4										1,4	
14	3	3,48	54,5	34,7											10,9										10,9	
14	4	7,86	15,8	72,5											11,7										11,7	
14	5	28,67	7,0	88,0											5,0										5,0	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																								
			Minerales												FRS						FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W		
14	6	59,55	5,0	87,2	2,9	1,9									2,9										2,9		
14	10	100	8,5	84,09	1,73	1,15									4,46											4,45	
15	1	57,41	100,0																								
15	2	10,95	100,0																								
15	3	8,87	97,5	2,5																							
15	4	9,55	94,5	5,5																							
15	5	8,91	88,9	9,5		1,6																					
15	6	4,30	76,5	17,5	3,5	2,5																					
15	10	100	97,2	2,34	0,15	0,25																					
16	1	4,47	69,9	0,8																	29,3						29,3
16	2	11,66	39,9																		60,1						60,1
16	3	20,89	25,1	59,8																	15,1						15,1
16	4	41,40	9,8	81,8			1,2							0,5							6,7						7,2
16	5	19,78	8,9	84,0			2,5							0,8							3,8						4,6
16	6	1,80	8,1	83,5	2,9	1,3	2,5							1,7													1,7
16	10	100	18,96	64,5	0,05	0,02	1,02							0,4							15						15

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
17	1	3,45	90,0																	10,0					10,0
17	2	8,26	68,7	7,3																23,9					23,9
17	3	28,85	29,5	63,9				1,0												5,5					5,5
17	4	21,87	12,1	83,5				1,5												2,8					2,8
17	5	28,20	6,7	88,3	1,0		1,8	0,5												1,8					1,8
17	6	9,37	4,0	84,3	8,5	2,7		0,5																	
17	10	100	22,21	70,11	1,07	0,25	0,5	0,8												5,031					5,031
18	1	0,00																							
18	2	3,00	81,9																	17,1	0,9				18,1
18	3	5,02	59,4	30,7				0,8												8,7	0,5				9,1
18	4	7,01	15,3	75,2				6,8												2,7					2,7
18	5	20,66	5,4	86,4	2,0	1,8	0,5	2,9												1,0					1,0
18	6	64,31	2,7	78,0	14,6	4,0	0,6																		
18	10	100	9,4	74,85	9,79	2,95	0,51	1,1												1,34	0,052				1,393
19	1	0,29																							
19	2	8,45	62,2																	32,1		4,0	1,7		37,8

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
19	3	54,69	59,0	18,4																17,6		3,9	1,1		22,6
19	4	21,53	70,8	8,0																19,2		2,0			21,2
19	5	13,77	75,4	9,1	0,5		0,8													13,7			0,5		14,2
19	6	1,28																							
19	10	100	63,123	13,02	0,07		0,12													18,35		2,92	0,82		22,09
20	1	0,00																							
20	2	0,04																							
20	3	0,87	86,8	10,0										0,6		0,5	2,1							3,1	
20	4	2,34	49,9	46,2										1,3			2,6								3,9
20	5	9,69	19,8	74,1		3,8								0,8			1,5								2,3
20	6	87,06	10,2	77,1	1,0	9,3								0,7			1,7								2,4
20	10	100	12,7	75,49	0,85	8,43								0,68			1,74								2,3
21	1	0,04																							
21	2	0,75	93,3	5,6											0,8	0,3									1,2
21	3	15,46	14,9	80,5		1,0									2,9	0,7									3,6
21	4	61,34	7,2	87,8		2,5									2,0	0,5									2,5

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
21	5	0,00	5,0	90,4		3,5									1,1									1,1	
21	6	22,42	4,4	88,0		5,0									1,5	1,1								2,6	
21	10	100	8,4	86,07		2,81									2,02	0,67								2,682	
22	1	0,20	100																						
22	2	0,61	86,5	9,6										1,0	0,8		2,1							4,0	
22	3	3,04	54,5	42,5										0,8	0,5		1,7							3,0	
22	4	6,33	21,0	76,7										0,7	0,4		1,2							2,3	
22	5	15,74	11,9	85,8	1,4									0,5			0,3							0,8	
22	6	74,07	3,8	83,9	3,1	8,7											0,3							0,3	
22	10	100	8,434	81,87	2,54	6,47								0,16	0,04		0,45							0,71	
23	1	0,03																							
23	2	0,26	81,1	17,6										1,0		0,3								1,3	
23	3	5,75	41,5	54,0											2,5		1,0	1,0						4,5	
23	4	16,41	18,5	79,0											1,5		0,5	0,5						2,5	
23	5	37,19	11,5	87,0											1,0		0,5							1,5	
23	6	40,36	6,8	90,0	0,5	1,9									0,5		0,3							0,8	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																								
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T		
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W		
23	10	100,00	12,647	84,79	0,19	0,8										1,0		0,45	0,138							1,555	
24	1	1,40	98,5													0,3		0,3	0,8							1,5	
24	2	3,81	90,8	5,5												2,5	0,3	0,2	0,7							3,7	
24	3	29,62	60,6	37,6												1,3	0,5									1,8	
24	4	20,85	21,4	78,1													0,5										
24	5	22,69	16,1	80,8		2,4							0,2				0,5										
24	6	21,63	8,0	87,7		4,0											0,3										
24	10	100,00	32,6	64,94		1,41							0,04			0,5	0,44	0,01	0,037						0,706		
26	1	4,74	78,4																				21,6			21,6	
26	2	7,70	79,2	3,3																			17,4			17,4	
26	3	25,90	64,0	18,1																			18,0			18,0	
26	4	28,15	62,4	25,1																			12,5			12,5	
26	5	13,20	59,0	30,3			0,50																10,3			10,3	
26	6	20,32	55,4	34,6	2,50		0,70																6,9			6,9	
26	10	100	62,9	23,02	0,50		0,20																13,28			13,28	
27	1	5,43	96,4																				3,6			3,6	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.



**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
29	4	5,48	98,7												0,7					0,7					1,4
29	5	3,47	94,7	3,0	1,0										0,8					0,5					1,3
29	6	46,26	91,0	5,0	3,0										0,7					0,3					1,0
29	10	100,00	95,4	2,416	1,42										0,48					0,261					0,7
30	1	41,53	100,0																						
30	2	22,03	100,0																						
30	3	7,07	100,0																						
30	4	5,13	100,0																						
30	5	4,97	91,8	8,2																					
30	6	19,27	93,0	7,0																					
30	10	100,00	98,2	1,754																					
31	1	23,20																							
31	2	21,24	99,0												1,0									1,0	
31	3	10,78	97,8	1,7											0,5									0,5	
31	4	11,11	83,3	16,3				0,2							0,3									0,3	
31	5	8,50																							

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
31	6	25,16	31,4	61,5	1,2	5,5	0,3																		
31	10	100,00	48,73	17,46	0,29	1,39	0,1							0,3										0,3	
32	1	0,24																							
32	2	0,75	78,7	11,6										5,5					4,2					9,7	
32	3	8,58	24,9	72,2										2,1					0,9					3,0	
32	4	10,94	15,6	79,0		3,7								1,6										1,6	
32	5	39,48	8,0	87,1		3,9								1,0										1,0	
32	6	40,01	4,5	87,3		7,8								0,3											
32	10	100,00	9,4	84,25		5,03								0,13	0,79					0,104				0,84	
33	1	2,17																							
33	2	0,54																							
33	3	4,35	98,0											1,3	0,7									2,0	
33	4	2,95	95,0	3,8										0,8	0,3									1,1	
33	5	7,93	71,6	19,5	3,0	3,5													2,5					2,5	
33	6	82,06	16,7	75,9	3,1	3,3													1,0					1,0	
33	10	100,00	26,45	63,91	2,78	2,96								0,08	0,04				1,04					1,08	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																									
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T				
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W			
34	1	67,72	99,8												0,2										0,2			
34	2	16,82																										
34	3	0,68	92,0	6,0											2,0											2,0		
34	4	3,15	89,1	8,2											2,8												2,8	
34	5	6,38	74,9	22,7	1,9										0,5												0,5	
34	6	5,26	27,1	63,3	4,7	2,9									2,0												2,0	
34	10	100,00	77,21	5,071	0,37	0,15									0,35												0,35	
36	1	27,17																										
36	2	9,06																										
36	3	7,61																										
36	4	32,61	100,0																									
36	5	21,74	99,0	1,0																								
36	6	1,81	68,3	28,5	3,0	0,3																						
36	10	100,00	55,3	0,733	0,05	0,01																						
37	1	15,03	100,0																									
37	2	6,79	100,0																									

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.



**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
39	5	29,38	44,4	45,8	4,9															4,9					4,9
39	6	4,91	17,7	57,9	21,3	3,1																			
39	10	100,00	57,3	27,7	2,49	0,15														12,31					12,31
40	1	19,51																							
40	2	12,20																							
40	3	13,41	100,0																						
40	4	12,20	98,5	0,5										1,0										1,0	
40	5	12,20	95,0	3,0										2,0										2,0	
40	6	30,49	48,0	30,0	15,0	5,0								2,0										2,0	
40	10	100,00	51,6	9,5	4,57	1,52								0,98										0,98	
41	1	24,27	99,4											0,7										0,70	
41	2	2,91	99,2											0,8										0,80	
41	3	14,56	99,3											0,7										0,70	
41	4	9,71	94,7	5,3																					
41	5	9,71	61,8	35,1		3,1																			
41	6	38,83																							

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																							
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
41	10	100,00	56,6	3,921	0	0,3								0,28										0,28		
42	1	41,83	99,5											0,5											0,5	
42	2	28,68	99,0											1,0											1,0	
42	3	3,63	91,1	2,3										1,5			5,1								6,6	
42	4	6,81	96,8	2,0										1,2											1,2	
42	5	6,81	89,8	7,9										2,3											2,3	
42	6	12,25	17,7	73,5	3,2	4,2								1,3											1,3	
42	10	100,00	88,19	9,764	0,39	0,52								0,95			0,19								1,1	
43	1	0,11																								
43	2	0,09																								
43	3	0,31	87,8	10,3										0,8	0,5		0,6								1,9	
43	4	0,45	60,6	33,4											5,6		0,3								6,0	
43	5	1,69	25,3	65,9										0,9	7,0		0,9								8,6	
43	6	97,35	11,4	77,9	2,2	1,8						0,4	0,4			5,2		0,7							6,0	
43	10	100,00	12,059	77,16	2,1	1,79						0,35	0,35		0,02	5,25		0,72							5,96	
44	1	0,07																								

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.



**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
46	4	9,63	99,0	1,0																					
46	5	8,35	93,9	6,1																					
46	6	19,9	80,1	15,3	2,5	2,1																			
46	10	100	63,7	3,6	0,49	0,42								0,19									0,19		
47	1	13,9	100																						
47	2	6,11	100																						
47	3	3,26	98,5	0,5																1,0				1,0	
47	4	3,17	97,5	1,5																1,0				1,0	
47	5	2,58	18,5	77,5	3,0							0,5								0,5				0,5	
47	6	70,9	10,5	83,5	5,5							0,5													
47	10	100	34,2	61,3	3,98							0,37								0,077				0,077	
48	1	14,4	95,4																4,6				4,6	0,0	
48	2	20,6	87,0	9,0															2,8		1,2		2,8	1,2	
48	3	43,2	89,8	8,1															1,0		1,2		1,0	1,2	
48	4	16,2	82,8	15,5															0,7		1,0		0,7	1,0	
48	5	5,30	77,6	20,1	2,3																				

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. (Continuación).

PM	F	DG	Porcentaje																							
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T		
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
48	6	0,29	49,4	42,4	4,0	4,2																				
48	10	100	88,1	9,04	0,13	0,01													1,78		0,9				1,781	0,9
49	1	23,49	99,5												0,5										0,5	
49	2	16,2	99,3												0,7										0,7	
49	3	3,13	99,3												0,7										0,7	
49	4	4,38	96,0	3,0											1,0										1,0	
49	5	5,17	91,2	7,6											1,1										1,1	
49	6	47,6	79,6	15,4	2,0	3,0																				
49	10	100	89,4	7,8	0,94	1,42									0,35										0,35	
50	1	54,7	100,0																							
50	2	9,12	100,0																							
50	3	13,76	96,2	3,0											0,8										0,8	
50	4	11,49	95,3	3,7											1,0										1,0	
50	5	10,94	91,0	7,8											1,2										1,2	
50	6	0,00																								
50	10	100	97,9	1,684											0,35										0,35	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																							
			Minerales												FRS						FRM				FRS-T	FRM-T
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
51	1	6,11	92,9														3,2	4,0						7,1		
51	2	32,30	94,7	1,1														4,1							4,1	
51	3	37,0	75,0	25,0																						
51	4	9,95	39,7	59,2												1,1									1,1	
51	5	12,7	25,2	74,8																						
51	6	1,93	11,2	82,5		5,5							0,3		0,5											
51	10	100	71,4	26,6		0,11							0,01		0,01		0,11		0,19	1,57					1,9	
52	1	17,8	97,5																2,5						2,5	
52	2	40,4	95,5	4,5																						
52	3	32,1	84,5	15,5																						
52	4	2,30	51,2	48,8																						
52	5	4,56	21,0	79,0																						
52	6	2,76	15,0	80,5	2,5	2,0																				
52	10	100	85,6	13,7	0,07	0,06														0,446					0,446	0
53	1	12,9																								
53	2	6,09																								

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2:** Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos. **(Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																							
			Minerales												FRS						FRM				FRS-T	FRM-T
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
53	3	16,61																								
53	4	6,92	72,4	26,6										1,0											1,0	
53	5	17,16	29,7	69,3			0,5							0,5											0,5	
53	6	40,3	10,6	86,2	0,5	1,0	0,7							1,0											1,0	
53	10	100	14,4	48,5	0,2	0,4	0,37							0,56											0,56	
54	1	0,64																								
54	2	1,09																								
54	3	2,81	80,8	13,2											2,9			3,1							6,1	
54	4	1,60	49,2	43,5										3,2	2,2		0,9	1,0							4,1	
54	5	8,94	27,6	66,6													3,0	2,8							5,8	
54	6	84,93	16,9	79,3											2,0		1,8								3,8	
54	10	100	19,8	74,3										0,05	1,81		1,83	0,36							3,99	
55	1	25,1	100																							
55	2	34,8	100																							
55	3	14,4	100																							
55	4	4,74	91,8	5,3										3,0											3,0	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Anexo 2: Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos por tipo de análisis de los sedimentos (Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
55	5	5,21	60,5	36,2					0,5					2,8										2,8	
55	6	15,6	20,5	73,9		2,6	0,4		0,4					2,3										2,3	
55	10	100	85,1	13,69		0,41	0,05		0,08					0,64										0,64	
56	1	5,19																							
56	2	5,50																							
56	3	12,34	33,9	62,0											4,1									4,1	
56	4	0,00																							
56	5	7,08	4,6	92,7											2,7									2,7	
56	6	69,9	3,0	96,0											1,0									1,0	
56	10	100	6,6	81,3											1,39									1,394	
57	1	12,14	100,0																						
57	2	3,79	99,0	1,0																					
57	3	33,1	96,7	3,3																					
57	4	1,52	65,3	33,5											1,2									1,2	
57	5	5,06	32,4	66,6											1,0									1,0	
57	6	44,4	10,3	89,7																					

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2: Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos (Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																								
			Minerales												FRS						FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W		
57	10	100	55,0	44,86												0,07									0,07		
58	1	23,24	100,0																								
58	2	20,87	99,5																0,5							0,5	
58	3	4,30	93,3	5,6														1,2								1,2	
58	4	2,28	84,1	15,1														0,8								0,8	
58	5	3,49	72,6	27,4																							
58	6	45,82	18,7	78,9		2,4																					
58	10	100	61,0	37,7		1,1												0,07	0,104							0,17	
59	1	3,53																									
59	2	1,95	27,2	43,9						28,9																	
59	3	4,09	7,0	14,4						74,9						3,8										3,8	
59	4	2,41	1,5	20,0						75,8						2,8										2,8	
59	5	11,9	0,7	20,7						78,0						0,6										0,6	
59	6	76,1		21,7						77,9						0,3										0,3	
59	10	100	0,92	20,93						74,0						0,55										0,6	
60	1	43,60	77,8	5,2											14,3					2,8						14,3	2,8

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**11.2 Apéndice 2: Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos (Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales												FRS					FRM				FRS-T	FRM-T
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
60	2	26,7	75,9	16,9											5,4					1,8				5,4	1,8
60	3	15,94	66,4	20,5											3,0		6,0			4,2				9,0	4,2
60	4	3,66	38,8	55,8											3,1		2,3							5,4	
60	5	5,33	29,9	64,2											5,8									5,8	
60	6	4,78	13,4	81,4		1,3									3,8									3,8	
60	10	100	68,4	19,4		0,06									8,76		1,04			2,347				9,8	2,34
61	1	0,07																							
61	2	0,64	82,7	15,5											1,9									1,9	
61	3	3,83	44,4	51,8											3,8									3,8	
61	4	7,76	32,1	64,6											3,3									3,3	
61	5	20,2	17,0	80,1											2,9									2,9	
61	6	67,5	7,0	90,8											2,1									2,1	
61	10	100	12,9	84,6											2,44									2,438	
62	1	0,03																							
62	2	0,73	90,7	5,8											1,3				2,2					3,5	
62	3	4,85	60,8	33,6											2,9				2,7					5,7	

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.







**11.2 Apéndice 2: Porcentaje de minerales y fragmentos de rocas obtenidos a partir del análisis visual de los sedimentos (Continuación).**

PM	F	DG	Porcentaje																						
			Minerales											FRS					FRM				FRS-T	FRM-T	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
69	3	0,43	60,6	30,3										0,8	3,0		3,5	1,7					9,0		
69	4	1,34	20,4	73,5											3,8		2,2						6,0		
69	5	8,53	7,3	85,9	2,9									1,9			1,9						3,8		
69	6	89,68	3,7	91,1	4,2									1,0									1,0		
69	10	100	4,47	90,2	4,01									1,03	0,06		0,21	0,007					1,281		
71	1	11,39																							
71	2	10,13	98,0												0,7			1,4					2,0		
71	3	25,3	89,4												2,9		3,9		3,9				6,8	3,9	
71	4	12,7	75,9	10,6						5,5					2,1		2,9		2,9				5,0	2,9	
71	5	40,5	64,8	23,5						7,2					0,5		1,2		2,7				1,7	2,7	
71	6	0,00																							
71	10	100	68,4	10,9						3,61					1,28		1,83	0,138	2,458				3,2	2,458	
	11		42,4	43,4	1,5	1,3	0,1	0	0	5,2	0	0	0	0	0,2	0,6	0,2	0,3	0,1	1,3	0	0	0	1,4	1,2

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito **G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos **S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.

**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado

**11:** promedio ponderado total  poca muestra.

**PM:** punto de muestreo **F:** fracción granulométrica **DG:** distribución granulométrica **A:** bioclastos **B:** cuarzo **C:** muscovita **D:** aragonito **E:** epidoto **F:** grafito  
**G:** clorita **H:** yeso **I:** circón **J:** granate **K:** cianita **L:** turmalina **M:** lignito **N:** fr arcillo-limosa **O:** chert **P:** caliza **Q:** arenisca **R:** esquisto Qz-Mc y epidóticos  
**S:** esquisto Qz-Mc-grafitosos **T:** mármol **U:** serpentinitas **V:** Fragmentos de rocas sedimentarias totales **W:** fragmentos de rocas metamórficas totales.  
**1:** gravas **2:** arena muy gruesa **3:** arena gruesa **4:** arena media **5:** arena fina **6:** arena muy fina **10:** promedio ponderado del mineral en el sedimento analizado  
**11:** promedio ponderado total poca muestra. 