

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



"PROVENIENCIA DE SEDIMENTOS EN LA ZONA COSTERA DE COLONET, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO"



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
OCEANÓLOGA
PRESENTA:
ROCÍO GARCÍA ESCOBEDO

27 Mayo 2009
Ensenada, Baja California, México.

**PROVENIENCIA DE SEDIMENTOS EN LA ZONA COSTERA DE
COLONET, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.**

**QUE PRESENTA:
ROCÍO GARCÍA ESCOBEDO**

APROBADA POR:

Presidente del Jurado:

Oc. Gabriel Rendón Márquez

Sinodal

Dr. Guillermo E. Ávila Serrano

Sinodal

Dr. Luis A. Cupul Magaña

**“PROVENIENCIA DE SEDIMENTOS EN LA ZONA COSTERA
DE COLONET, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”.**

ROCÍO GARCÍA ESCOBEDO

**TESIS PRESENTADA A LA FACULTAD DE CIENCIAS
MARINAS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA
CALIFORNIA.**

DEDICATORIA

A mis padres

Por ser el ejemplo de superación y tenacidad. Por el esfuerzo y la paciencia para poder ofrecerme una carrera y también una vida. Agradezco a Dios por permitirme ser su hija.

A mis hermanos

Dinorah.... Eres la mujer más fuerte que conozco, luchas contra viento y marea y en tu familia se ve la recompensa. Te amo hermana y recuerda que el sol sale para todos.

Fernando.... Gracias por tu complicidad y tu forma de ser, es ahí donde me doy cuenta que la vida es para disfrutarse.

Son lo mejor!!

A mi familia

David, Sara, Sergio, Julio... por tantos momentos, por ser parte fundamental en mi vida, por brindarme un hogar fuera de casa y por cuidar de mi hija cuando necesitaba tiempo para mí. Gracias.

A Scarlett

Por ser mi razón de vivir, de lucha y de entrega, por los besos deliciosos y las carcajadas contagiosas que me hacen olvidar lo gris del día. Te amo hermosa... siempre serás la luz de mi vida. Gracias Dios por permitirme ser su madre.

AGRADECIMIENTOS

A mis amigos:

Hilda:

Mi hermana... por todas las aventuras y secretos que aún guardamos... Luvz ya Girl.

Ferito:

Mueve tu cuelpo`... la persona más grandiosa que conozco. Nunca olvidaré tus ocurrencias... El universo conspira para ti... te amo fer!!

Cristian:

Arriba Sonora y Sinaloa mijoo!!! El mejor amigo del mundo... nos queda tanto por compartir, reír, llorar, bailar... gracias por estar ahí.

Alonso:

Uf!! Tantos secretos jajaja!!, mi cómplice número uno, gracias por escucharme y por tratar de comprenderme, bueno, solo por escucharme... jajaja. Eres único monzo.

Yess:

Por los grandiosos momentos que compartimos y por aquellas comidas que me hacían relajar.... Y por lo demás también jajajajaja ya sabes.!!

Dany, Maurio, Zarko, Pamela y todas las personas que en algún momento coincidimos, de todas me llevo algo, de todas aprendí lo mejor.

R. García-Escobedo

Marzo, 2009

RECONOCIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), en especial a la Facultad de Ciencias Marinas por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera y a todos mis maestros por convertirme en lo que ahora soy, todos son una inspiración.

A la Secretaría de Marina (SEMAR), en especial a la Estación Oceanográfica de Ensenada B.C.; por la ayuda brindada para la obtención y procesamiento de datos del proyecto "Caracterización Oceanográfica de la Zona Costera de Bahía Colonet, B.C."

A CICESE por brindarme el apoyo de material y equipo de trabajo para el desarrollo de esta tesis.

A Gabriel Rendón-Márquez por guiarme durante mi propósito, por las charlas, por los conocimientos, por la paciencia, simplemente por ser el mejor director de tesis que pude tener. Gracias Prof. No olvide que aún falta más!!

A los TTE. Raúl Juárez y TTE. Nidia T. Angulo, por todo el apoyo brindado, las porras, los regaños, las charlas y los tiempos compartidos, son parte fundamental de este trabajo y es también el resultado de su esfuerzo y paciencia.

Muchas Gracias

RECONOCIMIENTOS

Principalmente a mi director de tesis Oc. Gabriel Rendón Márquez por todas las horas que paso ayudándome con este trabajo.

A Víctor y Susy en CICESE por la ayuda con el procesamiento de mis muestras y por ser tan cordiales como solo ustedes saben serlo.

A mis sinodales Dr. Guillermo Ávila y Dr. Luis Cupul por las revisiones y contribuciones a este trabajo.

Dejo lo último para lo mejor.

Reconozco y agradezco principalmente a TTE. Diego López, teniente para mi, y amigo entrañable, por todas esas tardes de trabajo, por su ayuda inagotable con mis datos, por la paciencia y en especial por su amistad. Diego la mitad de esta tesis es tuya también. Felicidades!!

A TTE. Ivan Vladimir de igual forma por las contribuciones durante el procesamiento de datos, y por las tantas preguntas que en realidad me ponían a pensar. Gracias.

A todo el personal de la Estación Oceanográfica, por hacerme sentir en ambiente durante el tiempo que estuve con ustedes, a Coria, Delia, Cony, Ivan, Capitán, Fernanda, TODOS... Muchas Gracias. Nunca olvidare esos cruceros y los momentos únicos de Guaju!! (Ni idea como se escribe).

A todos los que olvido mencionar, pero formaron parte de este trabajo... Mil Gracias.

RESUMEN

La Bahía de Colonet, Baja California, México se localiza a 130 Km al sur de la ciudad de Ensenada. En esta zona se realizaron diferentes campañas de muestreo durante los meses de abril, agosto y noviembre del año 2007 y marzo y julio del 2008 con el fin de caracterizar los sedimentos de la zona costera, continental y oceánica de la bahía. Se tomaron un total de 100 muestras de sedimento, se determinó su granulometría y 41 de ellas se sometieron a un análisis de moda detrítica que permitió definir su proveniencia. Estos análisis también permitieron definir la influencia de los aportes de los arroyos San Rafael y San Telmo que drenan a la bahía.

La composición modal de los sedimentos define tres fuentes de sedimento en el área de estudio: la zona norte que pertenece a los cantiles de Cabo Colonet, la zona sur en los cantiles San Telmo y la tercera que pertenece a los arroyos San Rafael y San Telmo.

La moda detrítica de los sedimentos define tres composiciones o petrofacies predominantes: una principalmente cuarzosa (V) a la que pertenecen los depósitos fluvio-deltaicos de los arroyos. Otra petrofacie arcósica (R) con su fuente en los abanicos aluviales de cada arroyo respectivamente, y una tercera petrofacies de mezcla (M). La petrofacies de mezcla puede ser una facies primaria producida por la mezcla in situ de los componentes de las facies V y R durante el transporte de sedimentos en la zona de transición de dos ambientes sedimentarios con composiciones distintas.

Los parámetros texturales sugieren un transporte de sedimentos en dos direcciones para el caso de la bahía, uno de noroeste a sureste y otro pequeño en la parte media con dirección de sur a norte derivado de la morfología misma de la zona de estudio. En el caso de los arroyos, el arroyo San Telmo muestra un comportamiento normal del tamaño de grano conforme se aproxima a la costa mientras que en el arroyo San Rafael la granulometría se comporta de manera inversa, el grano fino es más abundante río arriba mientras que río abajo el tamaño de grano aumenta, esto sugiere un aporte importante de los cantiles aledaños al cauce. Es importante considerar que ambos cauces presentan modificación antropogénica debido a las actividades agrícolas de la zona lo que limita su interpretación, sin embargo, es evidente el poco aporte de estos arroyos a la bahía.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Reconocimientos	vi
Resumen	viii
Tabla de Contenido.....	ix
Lista de Figuras	xi
Lista de Tablas y Anexos	xii
 Capítulo 1: Introducción	
1.1 Descripción del Problema.....	1
1.2 Antecedentes	2
 Capítulo 2: Objetivos	
2.1 Objetivo General.....	5
2.2 Objetivos Particulares	5
 Capítulo 3: Descripción y Localización del Área de Estudio	
3.1 Generalidades.....	6
3.2 Condiciones Oceanográficas	6
3.3 Condiciones Hidrológicas	7
3.4 Geología	8
 Capítulo 4: Materiales y Métodos	
4.1. Trabajo de Campo	10
4.1.1 Muestras de Sedimento Oceánicas.....	11
4.1.2 Muestras de Sedimento en Arroyos.....	11
4.1.3 Muestras de Sedimento en Cantiles	11
4.1.4 Muestras de Sedimento en Perfiles	12
4.2. Trabajo de Laboratorio.....	14
4.2.1 Preparación de la Muestra	14
4.2.2 Análisis Textural.....	14
4.2.3 Análisis de Proveniencia.....	14
4.2.4 Análisis Estadístico.....	16
 Capítulo 5: Resultados	
5.1 Descripción textural de los sedimentos	18
5.1.1 Zona Oceánica	18

5.1.2 Zona Norte.....	24
5.1.3 Zona Sur.....	26
5.2 Análisis Petrológico.....	28
5.3 Modas Detríticas.....	32
5.3.1 Sección Uno.....	33
5.3.2 Sección Dos	35
5.3.3 Sección Tres.....	37
Capítulo 6: Discusión	
6.1 Parámetros Texturales	42
6.2 Validación de los Conteos Modales	45
6.3 Procedencia y dispersión sedimentaria	45
6.4 Petrofacies	49
Capítulo 7: Conclusiones	
Bibliografía	I
Bibliografía Electrónica.....	IV
Anexos	V

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Localización del área de estudio.....	7
2	Mapa Geológico de la Zona de Estudio.....	9
3	Área de estudio que indica la ubicación de los puntos de muestreo	10
4	Estaciones de Muestreo Láminas-Delgadas.....	13
5	Elaboración Láminas-Delgadas.....	15
6	Componentes mineralógicos del sedimento	17
7	Parámetros Texturales	19
8	Parámetros Texturales Costeros.....	21
9	Interpolaciones	22
10	Zona Norte.....	23
11	Acercamiento Zona Norte	24
12	Zona Sur.....	25
13	Acercamiento Zona Sur	26
14	Cuarzo.....	27
15	Feldespatos y Plagioclasas.....	29
16	Líticos Volcánicos.....	30
17	Fragmentos y Otros.....	31
18	Diagramas Ternarios Sección Uno.....	34
19	Diagramas Ternarios Sección Dos	36
20	Diagramas Ternarios Sección Tres.....	38
21	Petrofacies.....	41

LISTA DE TABLAS Y ANEXOS

Tabla	Título	Página
I	Características Hidrológicas San Rafael-San Telmo.....	8
II	Parámetros de Grano	16
III	Poblaciones de Grano	32
Anexo A		
IV	Estadística Múltiple Gradistat Abril.....	V
IVa	Estadística Múltiple Gradistat Abril.....	VI
V	Estadística Múltiple Gradistat Agosto.....	VII
Va	Estadística Múltiple Gradistat Agosto.....	VIII
VI	Estadística Múltiple Gradistat Noviembre	VIII
VIa	Estadística Múltiple Gradistat Noviembre	IX
VII	Estadística Múltiple Gradistat Marzo	X
VIII	Estadística Múltiple Gradistat Julio	XI
Anexo B		
IX	Datos de Conteos	XII
IXa	Datos de Conteos	XIII
X	Porcentajes Totales	XIV

Capítulo 1: Introducción

1.1 Descripción del Problema

La Playa es la zona de interface entre tierra firme y el mar, es en ella donde se hacen sentir los efectos del oleaje, las mareas, las corrientes, las mareas de tormenta y los tsunamis. Es aquí donde se produce una reacción que amortigua o disipa la energía de dichos fenómenos haciendo de la playa una zona muy dinámica susceptible a cambios constantes (Macdonel-Martínez, et al., 2000).

En general, las playas están constituidas por sedimentos que van desde arenas muy finas hasta gravas o cantos rodados. Las características del material constitutivo dependerán de las condiciones e intensidad del oleaje y de los materiales que aporten las zonas aledañas, como cantiles y arroyos. Las características de una playa quedan definidas en términos del tamaño promedio de las partículas que la constituyen, el rango y distribución de los tamaños, la composición mineralógica de la arena, la elevación y ancho de la berma, la pendiente de la playa y la existencia o ausencia de una barra, (López-Gutiérrez, 1987).

Según Suttner (1974), la composición de los sedimentos detríticos está controlada por cuatro factores: proveniencia, transporte, ambiente depositacional y diagénesis.

En el caso de una playa arenosa, la composición de las arenas se ve influenciada por la naturaleza de los procesos sedimentarios en la cuenca de depositación, y el tipo de dispersión vinculados a la proveniencia de la cuenca. La clave de las relaciones entre la proveniencia y la cuenca se rige por la tectónica de placas que, en última instancia, controla la distribución de los diferentes tipos de arenas. Datos conocidos de arenas marinas y terrestres proveen algunas normas para evaluar el efecto de la tectónica en la composición de éstas. Por analogía directa con arenas modernas y por inferencias con arenas de más edad, amplias categorías pueden ser correlacionadas con tipos específicos de fuentes y cuencas asociadas con diversos regímenes de tectónica de placas (Dickinson, W.R. y Suczek, C.A., 1979).

Un estudio individual de los sedimentos antiguos tiene comúnmente la meta de entender uno o más de estos factores. El estudio de diagénesis es el más directo porque es el proceso tectónico o magmático más reciente que afecta un sedimento dado. Por otra parte, la reconstrucción de la proveniencia puede ser la más complicada debido a las modificaciones subsecuentes impuestas por los otros tres factores. La reconstrucción de la proveniencia es la más directa en situaciones donde los otros tres factores han tenido menor efecto. El origen de un sedimento incluye todos los aspectos del área fuente, incluyendo fuente litológica, climática, y topográfica (Pettijohn et al., 1972).

En bahía Colonet, a 130 Km al sur de Ensenada el gobierno federal ha propuesto la construcción de un puerto de altura, con el objetivo principal de disminuir los problemas de congestionamiento y restricciones ambientales que enfrentan los Puertos de Los Ángeles y Long Beach en Estados Unidos. El actual Subsecretario de Transporte a nivel Federal, Manuel Rodríguez Arregui ha señalado que la inversión inicial del puerto es de alrededor de cuatro mil millones de dólares, lo que colocará a dicho recinto portuario en el tercer lugar a nivel mundial, ubicado por debajo de Hong Kong y Singapur en el manejo de carga de contenedores, según el Primer Informe de Transparencia Federal para Colonet, B.C. (Jiménez-Vega, 2008).

La región de Colonet, es una de las áreas agrícolas más productivas del estado, según datos del Gobierno Estatal. Su proximidad a la carretera Federal No. 1 y a los Estados Unidos ha estimulado el crecimiento de la agricultura comercial en el área, en consecuencia la construcción de un puerto de altura estimulará un mayor crecimiento económico y comercial.

El presente estudio se enfoca al origen de los sedimentos costeros en la bahía, así como de los arroyos San Telmo y San Rafael que drenan a la cuenca de Colonet. Este trabajo, además, forma parte de un proyecto de investigación sobre la bahía de Colonet por parte de la Secretaría de Marina (SEMAR), en colaboración con investigadores de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC titulado “Caracterización Oceanográfica de la Zona Costera de Bahía Colonet, Baja California, México”. La importancia de este proyecto radica en que aporta nuevos datos científicos sobre el origen y distribución de los sedimentos en la bahía y que serán útiles para el desarrollo del Proyecto Colonet, propuesta federal para la construcción de un puerto de altura en esta región.

1.2 Antecedentes

Los sedimentos forman depósitos de material el cual es producido por la acción de un elemento móvil como es el viento, el hielo y el agua en la superficie de la tierra (LaPorte, 1968), y las características físicas del sedimento tales como forma, tamaño, redondez, textura superficial, nos ayudan a determinar la fuente y la energía con la cual han sido transportados hasta su lugar de depósito y las condiciones bajo las cuales se llevo a cabo su depositación (Virgen-Mijares, 1985).

El estudio de sedimentos litorales recientes es de gran interés por su estudio útil en la interpretación de los ambientes sedimentarios antiguos, así como el eventual aprovechamiento de los minerales presentes en las arenas de playa, sobre todo cuando se trata de arenas ricas en metales de importancia económica (Carranza-Edwards et al., 1988 b).

En México se han escrito algunos trabajos relativos al estudio de sedimentos litorales. Lancin y Carranza-Edwards (1976) hacen un estudio de arenas negras de la playa de Santiago, Colima, reportando altas concentraciones de minerales pesados. Así mismo, estudiando diversos ambientes sedimentarios de la Llanura Costera Sur del Istmo de Tehuantepec, Carranza-Edwards (1980) destaca la importancia de los ambientes fluvial y de playa, como propicios para la existencia de minerales pesados, dados los niveles de alta energía de dichos ambientes. Baca-Chacón (1981) realiza un estudio con minerales pesados en Bahía Todos Santos, B.C., en su trabajo encuentra una dirección del transporte litoral para playa hermosa y la playa municipal hacia el sur, mientras que para el área de Punta Banda observa un transporte con dirección norte.

Una de las formas para reconocer la dirección y el sentido del transporte litoral, es el estudio de variaciones en las propiedades texturales (Sunamura y Horikawa, 1971; McLaren y Bowles, 1985) y mineralógicas (Aranda-Manteca, 1983) de los sedimentos que son transportados por la corriente. En general varios autores mencionan que mineralógicamente es posible obtener evidencias de la dirección y el sentido del movimiento de los sedimentos y el origen de los depósitos mediante el uso de materiales trazadores que se mueven con los sedimentos, tales como algunas especies raras de minerales o que cuantitativamente son fáciles de identificar por sus características ópticas particulares (Royce, 1970; Pettijohn et al., 1972; Aranda-Manteca, 1983; Navarro-Palacios, 1985).

Los estudios realizados en bahía Colonet son escasos, sin embargo, Carranza-Edwards et al., (1988b), reportan la existencia de arenas ricas en hierro y titanio en el área de San Antonio del Mar (siendo Bahía Colonet el punto intermedio de dicha área), este estudio sirvió como antecedente para que en la plataforma continental adyacente a San Antonio del Mar se realizara un muestreo de sedimentos dentro de la Campaña Oceanográfica MIMAR I. En este estudio se determinó una zonación textural de los sedimentos de la bahía, donde se observaron arenas muy finas al norte de Cabo Colonet y concentraciones altas de lodo que definieron una franja casi paralela a la línea de costa. Esto hizo suponer que se trata de una zona de calma en lo referente al movimiento de masas de agua, sea por oleaje o por corrientes.

Palacios-Chávez (2008) diseña un modelo de Ordenamiento Ecológico de Territorio (OET) en la zona costera de Punta Colonet-Camalú. En este trabajo se observan los principales usos a que estará destinado el territorio con el nuevo desarrollo portuario el cual contempla dos zonificaciones del área: la primaria que espacialmente está dividida en tres secciones (Norte, Centro y Sur) y la secundaria la cual detalla los usos de suelo para el sector centro con mayor potencial para el desarrollo urbano y para el desarrollo óptimo del puerto; esta zona está comprendida entre los arroyos San Rafael y San Telmo, dejando principalmente como reservas las mesetas de San Antonio-El Rodeo al norte y San Jacinto al sur. Los principales usos de suelos son: agropecuario, parque ecológico, canalización

de arroyo, mixto (actividades comerciales y de servicio), industria, servicios portuarios, puerto, reservas, habitacional, áreas verdes, áreas de conservación y predios rústicos.

Con base en estos análisis y estudios previos en el área, en el presente trabajo se determinarán los procesos sedimentarios dominantes en la bahía de Colonet. Hasta la fecha no se tienen estudios a detalle del origen o proveniencia de sedimentos para esta región en específico, en consecuencia, la importancia de este trabajo radica en que aporta información valiosa acerca del comportamiento de los sedimentos en la bahía.

Capítulo 2: Objetivos

2.1 Objetivo General

- Determinar la proveniencia y fuente de los sedimentos superficiales de Bahía Colonet, Baja California.

2.2 Objetivos Particulares

- Identificar las fuentes de sedimento reciente en la plataforma continental y en los arroyos que desembocan a la bahía.
- Definir las facies sedimentarias y provincias mineralógicas.
- Con base en el análisis vectorial de los datos texturales del sedimento, determinar su patrón de dispersión en la zona costera.

Capítulo 3: Localización y Descripción del Área de Estudio

3.1 Área de Estudio

Bahía Colonet se localiza a 130 Km al sur de Ensenada, por la carretera Federal No. 1 en la Costa Pacífico de Baja California, El área de estudio está limitada al norte por Punta Colonet ubicada entre los 30°57'22.43" de latitud norte y 116°19'20.79" de longitud oeste y al sur por Punta San Telmo ubicada entre los 30°55'04.46" de latitud norte y 116°13'17.82" de longitud oeste.

La región se caracteriza por tener un clima de tipo mediterráneo que exhibe un patrón distintivo de inviernos lluviosos seguido de veranos secos (Archibold, 1995). Su hidrología superficial está representada por una serie de pequeños arroyos originados en las pendientes occidentales de las sierras de Juárez y de San Pedro Mártir, los cuales fluyen hacia el Océano Pacífico. La mayoría de los arroyos se vuelven intermitentes en sus segmentos medios y bajos durante condiciones secas extremas (Tamayo y West, 1964), y sus desembocaduras están frecuentemente bloqueadas por barras arenosas y/o conglomeráticas, excepto durante eventos de inundación fluvial o de pleamar que producen condiciones mixohalinas (Ruiz-Campos et al., 1998, 2000).

Las principales actividades de esta zona son la agricultura de riego y de temporal. La agricultura de riego se desarrolla principalmente sobre la Mesa de San Jacinto mientras que la de temporal predomina sobre la Mesa San Telmo, El Rodeo y San Antonio del Mar así como también los cauces de los arroyos San Rafael y San Telmo (Periódico Oficial del Estado de Baja California, 2007), (Fig. 1).

3.2 Condiciones Oceanográficas.

El clima que prevalece en esta región es semiseco o semiárido con régimen de vientos variables, pero con una dirección predominante al NW. Ocasionalmente se presentan fuertes vientos provenientes de las zonas áridas del este. La corriente marina principal es la corriente de California, la cual fluye paralela a la costa en dirección sureste; en sentido opuesto circula la contracorriente de California, que se manifiesta como una corriente superficial en la zona cercana a la costa cuando la corriente de California se aleja (Secretaría de Marina, 1974).

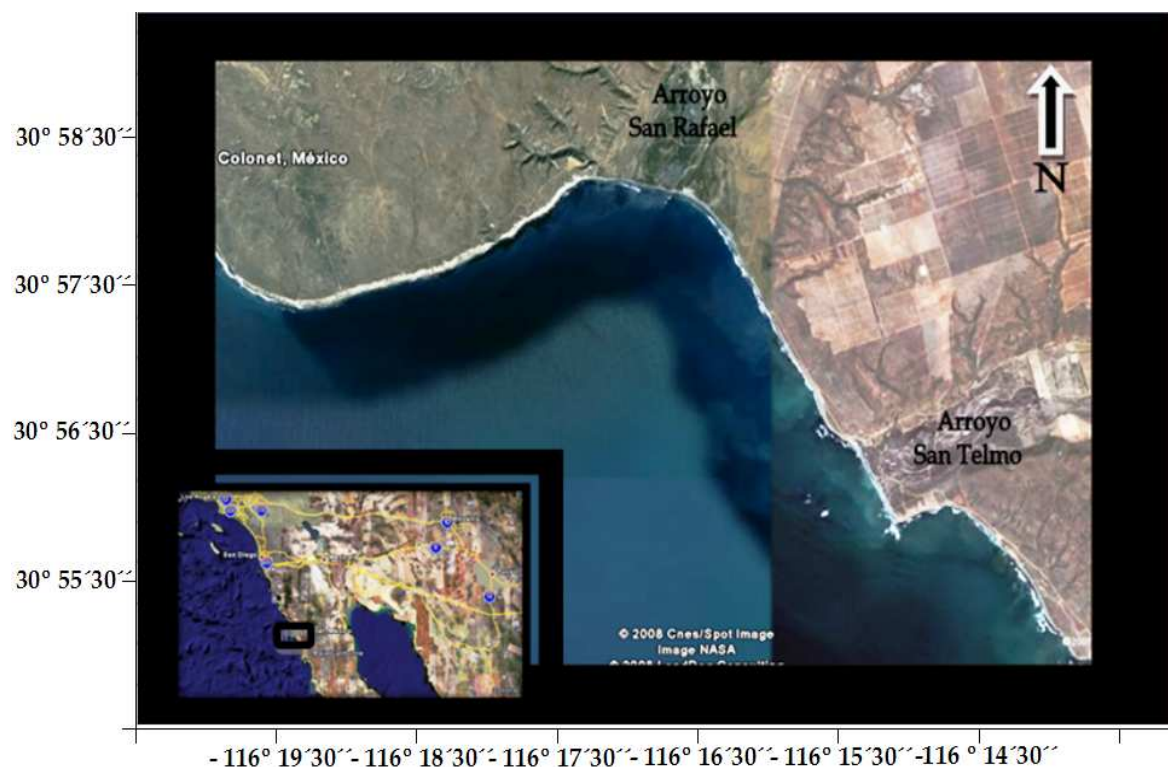


Figura 1. Localización del área de estudio. Tomado de Google Earth-Imagen Satelital NASA, 2008

3.3 Condiciones Hidrológicas.

El área forma parte de la Región Hidrológica No. 1, cuenca del Arroyo las Animas-Santo Domingo que incluye las subcuencas Arroyo El Salado, San Rafael, San Telmo y Santo Domingo con las siguientes características (CEA, 2003):

- Salado: Cuenta con una superficie de 1,816.50 km² un volumen de escurrimiento medio anual (VEMA) estimado de 5.00 mm³ y una precipitación media anual (PMA) de 298.40 mm.
- San Rafael: Con una extensión de 1,336.40 km² un VEMA de 15.30 mm³ y una PMA de 279.50 mm.
- San Telmo: Con una superficie de cuenca de 925.30 km², un VEMA de 14.30 mm³ y una PMA de 193.60 mm.
- Santo Domingo: Cubre una superficie de 1,684.70 km², cuenta con un VEMA de 39.80 mm³ y una PMA de 349.90 mm.

Los escurrimientos superficiales principales en el área de estudio son los arroyos San Rafael y San Telmo, ambos con un aprovechamiento medio anual de 0.10 mm³, (CEA, 2003), (Tabla I).

Tabla I. Características Hidrológicas San Rafael-San Telmo. Características de los acuíferos en la zona de Punta Colonet, B.C.

Acuífero	Recarga (mm ³)	Extracción (mm ³)	Disponibilidad (mm ³)	Condición Geohidrológica	Tipo de Veda
San Rafael	7	7	0	Equilibrio	Rígida
San Telmo	6	6	0	Equilibrio	Reservada

FUENTE: Plan Estatal Hidráulico 2003-2007, Comisión Estatal del Agua, 2003.

3.4 Geología

La bahía de Colonet esta bordeada hacia el norte por cantiles altos formados por una secuencia sedimentaria del Paleoceno (Tpem), compuestas de areniscas calcáreas, arcosas, arenas y lutitas, incluyendo sedimentos tanto marinos como fluviales, esta secuencia esta coronada por un derrame de lava basáltico-andesítico del Mioceno (Tmb). En la parte baja entre los arroyos de San Rafael y San Telmo afloran también los sedimentos del Paleoceno pero modificados por factores antropogénicos específicamente por zonas de cultivos. Hacia el sur sobre la costa aflora otra secuencia marina que forma cantiles más bajos, estos están conformados por sedimentos cuaternarios marinos no consolidados (Qm). Hacia el este estos cantiles están en contacto con los sedimentos del Paleoceno y con los sedimentos marinos de la Formación Rosario de edad Cretácico tardío. Estos últimos están compuestos de limolitas, areniscas, lutitas y algunos horizontes ricos en gravas y arenas. Los sedimentos recientes están representados por aluviones y médanos que cubren las zonas bajas entre los arroyos, (Fig. 2), (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981).

El drenaje natural de la zona está caracterizado por corrientes intermitentes de la vertiente del Pacífico. Los principales ríos son San Vicente, San Antonio del Mar, San Telmo y San Rafael. Así mismo, la plataforma continental de San Antonio del Mar es amplia y de pendiente suave, la cual varía entre 0.23° y 0.40°, en promedio, presentándose la zona de mayor pendiente al W de Cabo Colonet, donde la inclinación es de 0.07° y coincide con una costa formada por paredes acantiladas. Por el contrario la zona de menor pendiente, ubicada al este-sureste de Cabo Colonet y al noreste de Punta San Isidro coincide con la descarga de los Ríos San Telmo y San Rafael (Carranza-Edwards, 1988).

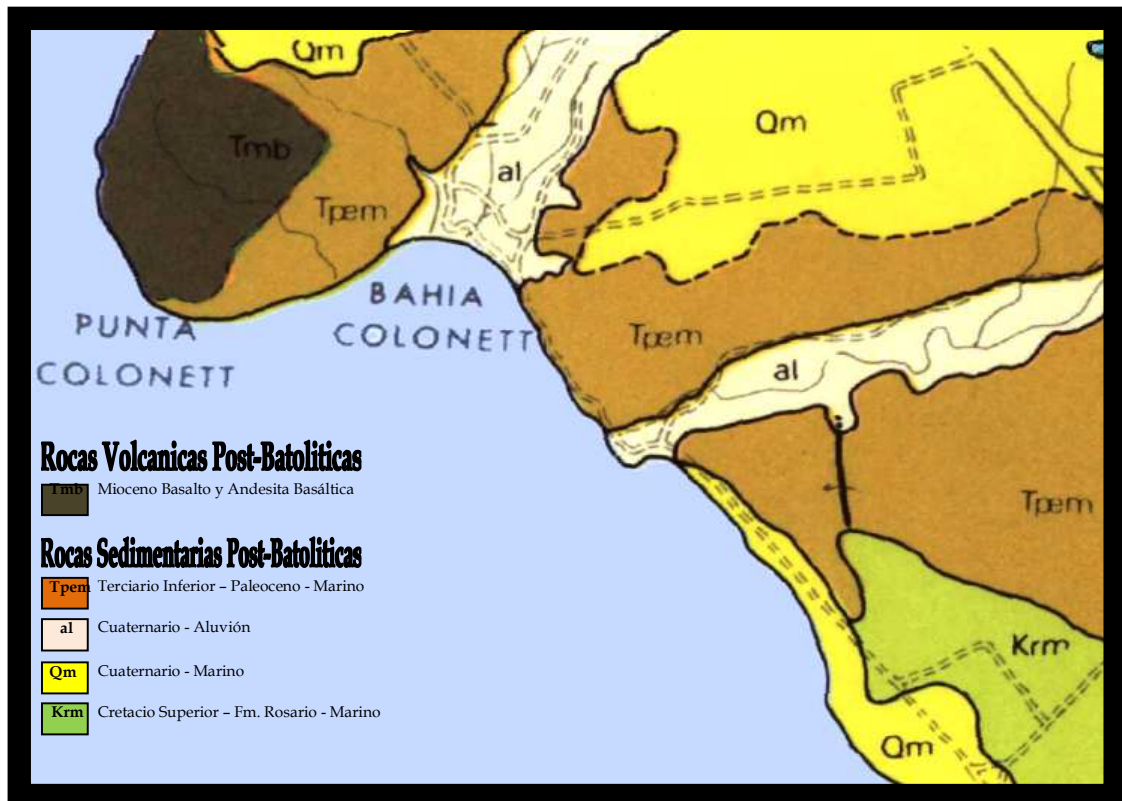


Figura 2. Mapa Geológico de la Zona de Estudio. Reconocimiento geológico de Baja California Recopilado por Gordon Gastil, et al., 1971.

El litoral es de cantiles altos excepto en las playas de las desembocaduras de los arroyos, que están conformadas principalmente por conglomerados y gravas gruesas. Básicamente son mesetas parchadas con una llanura costera de lomeríos y pisos de valle en los lechos de los arroyos. Hacia las partes más internas y altas hay una sierra baja compleja que conforma todo el paisaje posterior. La mayor parte de la superficie se caracteriza por secuencias sedimentarias compuestas de areniscas y conglomerados, en las tres mesetas; los cauces de los arroyos se caracterizan por su condición aluvial; a lo largo del espacio costero únicamente destaca la zona de Cabo Colonet por la existencia de basaltos. Algunas manchas de suelo lacustre aparecen ligadas a las concentraciones de areniscas. En general las características geológicas en el área de estudio manifiestan una gran movilidad a lo largo del tiempo. Los depósitos aluviales y la concentración de conglomerados sugieren un fuerte arrastre de material pétreo desde las montañas hacia la costa. La tipología geológica de los conglomerados plantea ciertas condiciones a la ocupación urbana en tanto que son suelos de consolidación media (Directrices de Generales para el Desarrollo Urbano, 2007).

Capítulo 4: Materiales y método

4.1 Trabajo de Campo

Se realizaron cuatro campañas de muestreo durante los meses de abril, agosto y noviembre del año 2007 y marzo del año 2008 para la caracterización de la zona costera, continental y oceánica de Bahía Colonet, B.C. (Fig. 3). Se tomaron un total de 147 muestras de sedimento divididas en cuatro áreas de muestreo:

- Muestras de sedimento oceánicas,
- Muestras de sedimento en arroyos,
- Muestras de sedimento en cantiles, y
- Muestras de sedimento en perfiles.



Figura 3. Área de estudio que indica la ubicación de los puntos de muestreo. Modificado de Google Earth-Imagen Satelital NASA, 2008.

4.1.1 Muestras de Sedimento Oceánicas

Las muestras de sedimento oceánicas se obtuvieron a bordo de los buques Humbledot (agosto 2007) y Altair (noviembre 2007 y marzo 2008) en campañas de muestreo utilizando dragas Van Veen para su colecta. Un primer grupo de muestras se obtuvo entre los 5 y 15 metros de profundidad; estas muestras se denominaron muestras costeras (C). El segundo grupo de muestras se obtuvo a unas profundidades mayores a 20 metros; al estar más alejadas de la costa, estas muestras se denominaron como muestras oceánicas (E, F y G). En total, se colectaron 29 muestras de sedimento oceánicas y 46 muestras de sedimento costeras las cuales se usaron para el análisis textural y 16 de ellas para el análisis de proveniencia, cuatro muestras de la parte oceánica y doce muestras de la parte costera. La figura 4a muestra la ubicación de todas las muestras de sedimento que se procesaron para el análisis de proveniencia en el área de estudio.

4.1.2 Muestras de Sedimento en Arroyos

Durante el mes de agosto del 2008, se realizaron muestreos sistemáticos sobre los lechos de los arroyos San Rafael y San Telmo desde la desembocadura y río arriba, se obtuvieron muestras a 10 cm de profundidad y espaciadas aproximadamente 100 metros. En total se colectaron 22 muestras de arroyo incluyendo 4 colectadas cerca de la carretera federal No.1 con el fin de comparación (R1, R2, T10 y T11). En las 22 muestras colectadas se determinó la granulometría y 10 de ellas se procesaron para el análisis de proveniencia, cinco pertenecientes al arroyo San Rafael y cinco pertenecientes al arroyo San Telmo (Figs. 4b y 4c).

4.1.3 Muestras de Sedimento en Cantiles

Durante el mes de octubre del 2008 se realizó una campaña de campo con el fin de coleccionar muestras de sedimentos de los cantiles que bordean la bahía de Colonet, así como de la cara de la playa adyacente a los mismos. Con esto se obtuvieron muestras representativas de los cantiles sur y norte de la bahía. Las muestras se denominaron como, C-CA y PC. El sedimento se colectó por medio de un nucleador de mano y con una pala; el criterio fue un muestreo sistemático tomando en cuenta las características de los cantiles y la playa, observando los

cambios de color en los sedimentos así como el tamaño de grano. En total se colectaron 6 muestras, de las cuales se determinó la granulometría y todas ellas se procesaron para el análisis de proveniencia (Figs. 4b y 4c).

4.1.4 Muestras de Sedimentos en Perfiles

Durante las campañas de abril, agosto y noviembre del 2007, se realizaron perfiles de playa a lo largo de la bahía, de los cuales se obtuvieron 44 muestras de sedimento; las muestras corresponden a la cara de playa y rompiente. Estas muestras se etiquetaron como P.

Es importante mencionar que durante las tres campañas de muestreo se colectaron en promedio 15 muestras a lo largo de la bahía por cada mes, lo que representa el 60% del área. Sin embargo, durante el muestreo realizado en octubre del presente año, se tomaron muestras de los lugares faltantes, cubriendo de esta manera el 100% del área. De estas muestras, 21 se procesaron para el análisis textural y 9 se procesaron para el análisis de proveniencia (Figs. 4b y 4c).

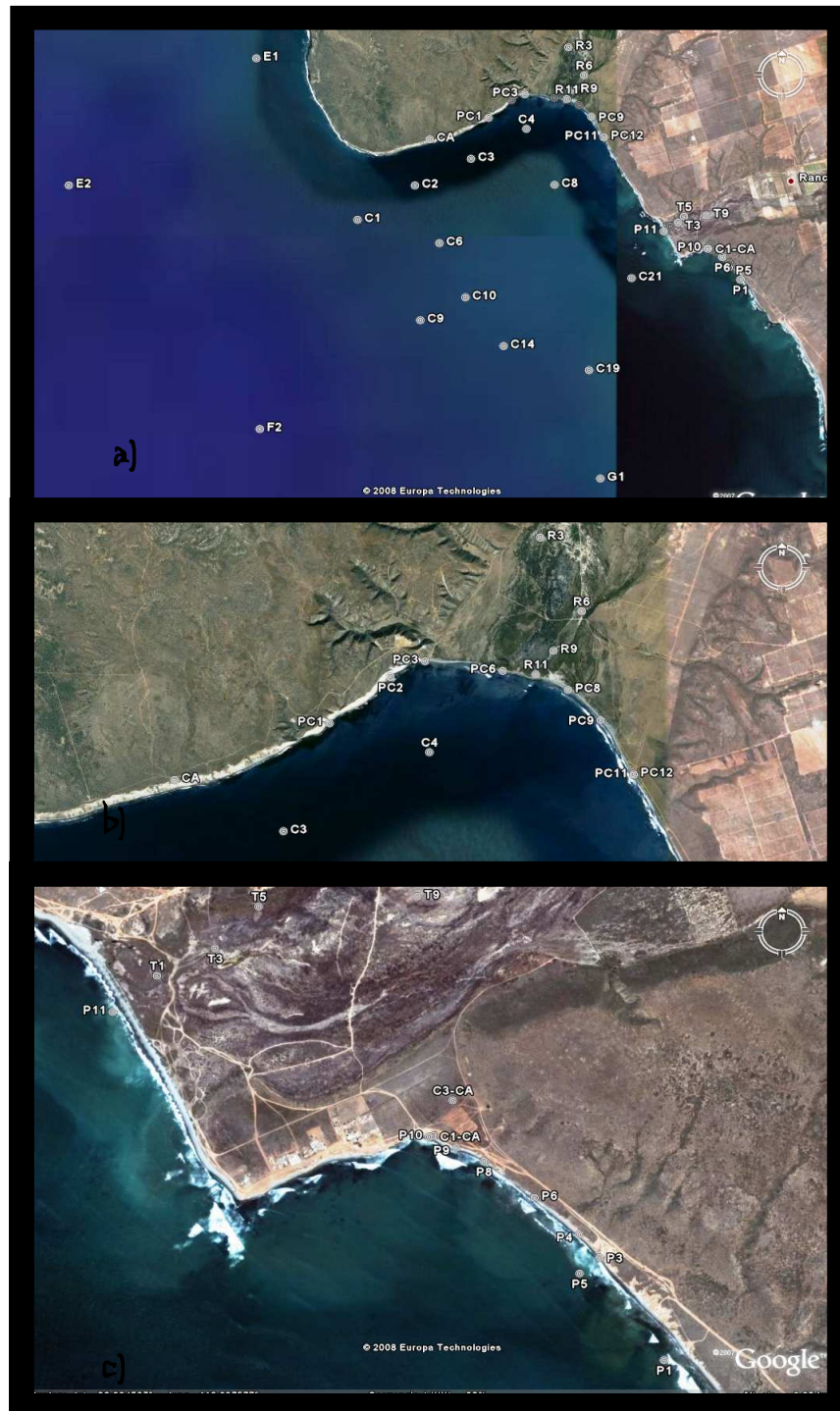


Figura 4. Estaciones de Muestreo Láminas Delgadas. a) Ubicación de las muestras de sedimento en lámina delgada, b) Detalle del Cantil Colonet y desembocadura de Arroyo San Rafael, c) Detalle del Cantil San Telmo y desembocadura de Arroyo San Telmo. Modificado de Google Earth-Imagen Satelital NASA, 2008.

4.2 Trabajo de Laboratorio

4.2.1 Preparación de la muestra

El trabajo en el laboratorio consistió en lavar todas las muestras de sedimento con agua destilada para eliminar las sales minerales, posteriormente se secaron en una estufa a una temperatura de 60°C. en la Estación Oceanográfica de Ensenada, B.C., de la Secretaría de Marina (SEMAR); una fracción de cada muestra ($\frac{3}{4}$ del total), no procesada, se almacenó como muestra testigo. A la fracción restante se le eliminó la materia orgánica con peróxido de hidrógeno, se lavó con agua destilada y se secó nuevamente en la estufa. Una vez seca se tamizó en tamices Tyler en intervalos de 0.5 Φ , dando por resultado diez fracciones de sedimento (0 - 4.5 Φ).

4.2.2 Análisis Textural

El análisis del tamaño de grano de los sedimentos se realizó de acuerdo a las metodologías de Ingram (1971) y Galehouse (1971). Los parámetros texturales [método de Folk Y Ward; método de los momentos (McManus, 1975)] fueron calculados de los datos granulométricos, utilizando para ello un programa de Microsoft Office Excel GRADISTAT (Blott y Pye, 2001). Estos datos se procesaron a su vez en el programa Golden Software Surfer v.8 para generar mapas de distribución textural.

4.2.3 Análisis de Proveniencia

Se seleccionaron las fracciones arenosas de 41 muestras de sedimento: nueve pertenecientes a los sedimentos de perfiles (P1, P3-P6, P8-P11), doce pertenecientes a los sedimentos oceánicos costeros (C1-C4, C6, C8-C10, C14, C19, C21-C22), cuatro a los sedimentos oceánicos (E1-E2, F2 y G1), seis muestras pertenecientes a los sedimentos en cantiles (C1-CA, C3-CA, PC3, PC6, PC8 y PC9) y diez muestras de sedimento en los arroyos (R1, R3, R6, R9, R11, T1, T3, T5, T9 y T11), las cuales fueron consolidadas artificialmente con resina epóxica Buehler Epo-Kwick, Fast Cure Epoxy Kit, No. 20-8128 para formar una roca arenisca artificial, la cual posteriormente fue preparada como lámina delgada en una laminadora Ingram

Thin Section Saw/Grinder Modelo 65C del laboratorio de preparación de rocas del Departamento de Geología de CICESE (Fig. 5).

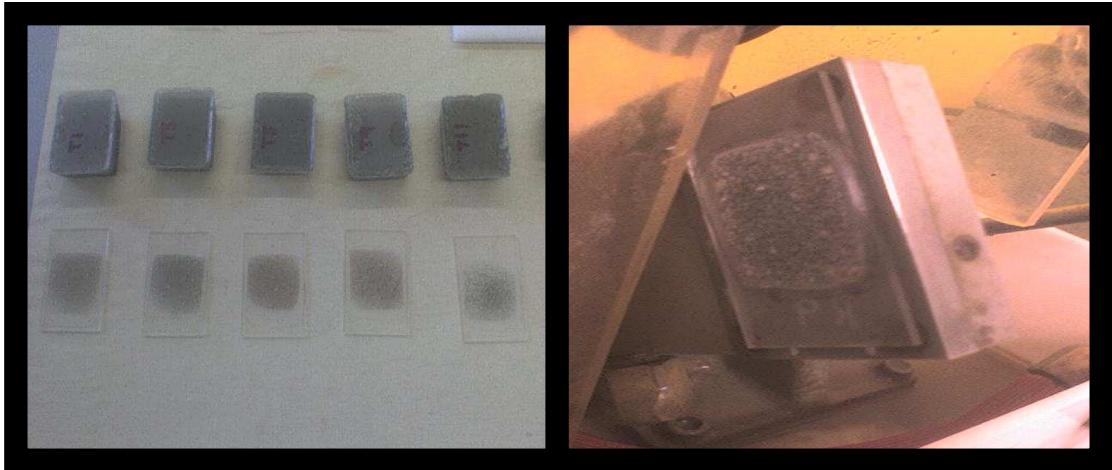


Figura 5. Elaboración de láminas delgadas. A la izquierda se muestra la roca artificial de sedimentos y el corte estándar de la sección delgada. La imagen derecha muestra el pulido final en el esmeril.

Las secciones delgadas fueron teñidas para facilitar la identificación de feldespatos potásicos, plagioclasas y cuarzo siguiendo el método sugerido por Rendón-Márquez (1995). Para el teñido de feldespatos se utilizó una solución de cobaltinitrito de sodio, y para las plagioclasas una solución de rododizinato de potasio. Ambas sustancias se aplican previas a una exposición a los vapores de ácido fluorhídrico sobre la superficie de la lámina.

Con el fin de determinar la fuente de los sedimentos se realizó un análisis modal de los minerales de las láminas delgadas elaboradas según el método de conteo por puntos de Gazzi-Dickinson (Ingersoll et al., 1984). Para fines estadísticos y de precisión se contaron 600 puntos por cada lámina delgada, usando un microscopio petrográfico binocular Olympus BH-2, Modelo BHT 246901.

Los parámetros contados se describen en la Tabla II; estos parámetros y los criterios para su identificación se describen en Dickinson (1970), Graham et al. (1976), Ingersoll (1978), e Ingersoll y Suczek (1979). La matriz y el cementante no fueron considerados debido a que las arenas no consolidadas contienen poco o nada, así mismo, los granos más finos que 0.03 milímetros tampoco fueron considerados.

A partir de los parámetros recalculados se generaron tres tipos de diagramas ternarios: 1) Diagrama QFL, 2) Diagrama QpLvLs y 3) QmPK.

Tabla II. Parámetros de grano considerados en el conteo. Recopilado de Dickinson, 1970; Graham et al., 1976; e Ingersoll y Suczek, 1979.

Parámetros contados	Parámetros recalculados
Qp = Cuarzo Policristalino	$Q = Q_m + Q_p$ (incluyendo pedernal y calcedonia)
Qm = Cuarzo Monocristalino	$F = P + K$
P = Feldespato de Plagioclasa	$L = L_v + L_m + L_s + L_p$
K = Feldespato de Potasio	$L_{vm} = L_v + xL_m$ (donde x son los rangos de 0 a 1 [operacionalmente 1, usualmente 0])
Lv = Fragmentos Volcánicos	$L_{sm} = L_s + (1 - x)L_m$ (operacionalmente, Lsm usualmente es igual a $L_s + L_m$)
Lm = Fragmentos Metamórficos	Fragmento = $Q + F + L + M + D + Misc.$
Ls = Fragmentos Sedimentarios	
Horblendas	% Fragmentos Densos = $100 D / \text{Fragmentos}$
Micas	
Piroxenos	
Opacos	

4.2.4 Análisis Estadístico

El análisis petrográfico por el método de Gazzi-Dickinson identifica las petrofacies utilizando un conteo estadístico de los componentes mineralógicos esenciales y parámetros estadísticos, como la media y la desviación estándar. Con estos parámetros se calcula la moda detrítica y se interpreta la fuente de los sedimentos y el posible ambiente de depósito. La figura 6 muestra los principales minerales encontrados en las muestras de análisis de proveniencia del área de estudio. La Hornblenda es el nombre de un grupo de minerales perteneciente a los silicatos ó aluminosilicatos, su color es generalmente oscuro a verde oscuro (Hornblenda, 2009-23), (Fig. 6a). Algunos fragmentos líticos son representados por fragmentos volcánicos bien definidos (Fig. 6b). Algunos clastos monominerales constituidos principalmente por cuarzos y plagioclasas con abundancia de silicatos y fragmentos líticos se pueden distinguir como en la figura 6c. La importancia de

en la identificación de minerales radica en determinar sus propiedades ópticas, la figura 6d muestra colores, maclas y ángulos de extinción de algunos cristales.

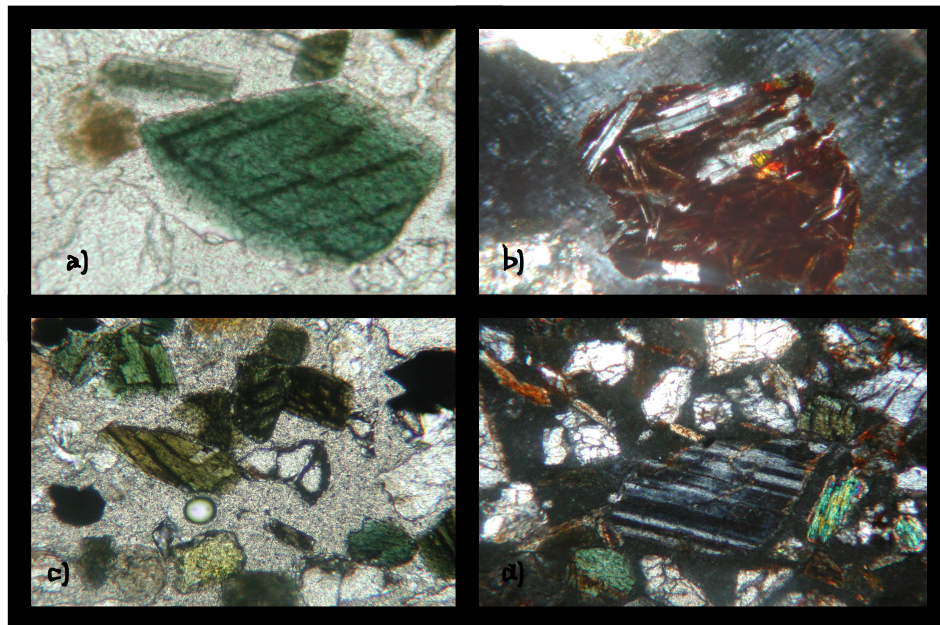


Figura 6. Componentes mineralógicos del sedimento. a) Hornblenda, b) Fragmento volcánico, c) Comunidad de minerales, parches oscuros identificados como minerales opacos y d) Vista con nicoles cruzados, se observan maclas de plagioclasas, hornblendas en verde y cuarzo en blanco.

Capítulo 5: Resultados

5.1 Descripción textural de los sedimentos

Para una mejor comprensión del área de estudio, la bahía se dividió en tres zonas identificadas como: Zona Oceánica, Zona Norte y Zona Sur.

5.1.1 Zona Oceánica

Los sedimentos analizados en ésta zona pertenecen a las muestras de sedimento colectadas dentro de la bahía y se dividieron en: muestras oceánicas y muestras costeras.

Muestras de sedimento Oceánicas: los sedimentos encontrados en las muestras oceánicas corresponden principalmente a arenas de grano grueso a muy fino (1Φ [0.5mm] - 3.5Φ [0.088mm]). Durante el primer mes de muestreo (abril 2007) de nueve estaciones de muestreo (E1-E3, F1-F3, y G1-G3), dos no presentan muestras de sedimento (G2 y G3) y cinco de ellas (E1-E2, F1-F2 y G1) corresponden a arenas de grano muy fino variando la clasificación de moderada a moderadamente bien clasificada, las dos sobrantes (E3 y F3) presentan una pobre clasificación, sin embargo E3 corresponde a arena media y F3 a arena de grano grueso. La pobre clasificación sugiere una mezcla de grano grueso con grano más fino en la mayoría de los casos.

En agosto, los sedimentos corresponden al mismo intervalo de arenas descrito anteriormente, de igual forma, dos estaciones no presentan muestra de sedimento (E2 y G3), cuatro de ellas (F1-F2 y G1-G2), corresponden a arenas de grano muy fino, dos resultaron arenas finas (E1 y E3), y por último se encontró arena media en la estación F3. La clasificación se mantuvo parecida al mes de abril con granos moderadamente bien clasificados en su mayoría, presentando la estación F3 una pobre clasificación.

En el mes de noviembre el tamaño de grano se mantuvo dentro del intervalo establecido en los meses anteriores, sin embargo, se obtienen las nueve muestras de cruceo (E1-E3, F1-F3 y G1-G3) de las cuales cinco (E3, F1 y G1-G3) son arenas muy finas (AMF), una arena fina (AF) en E1 y tres (E2 y F2-F3) presentan arenas de grano grueso (AG), la clasificación sigue siendo moderadamente bien sorteada

hacia las muestras cercanas a la costa (MBS), siendo F3 la que presenta la pobre clasificación (PS) al igual que los meses anteriores.

Por último, durante marzo del 2008 se obtuvieron seis de las nueve muestras de sedimento para la zona oceánica (E2-E3, F2-F3, G1 y G3), se encontraron dos estaciones con arenas muy finas (E3 y G1) y el resto presentó arenas gruesas. A excepción de E2 y F3 presentando una pobre clasificación, las cuatro restantes presentaron una clasificación moderada (MS), (Fig. 7).

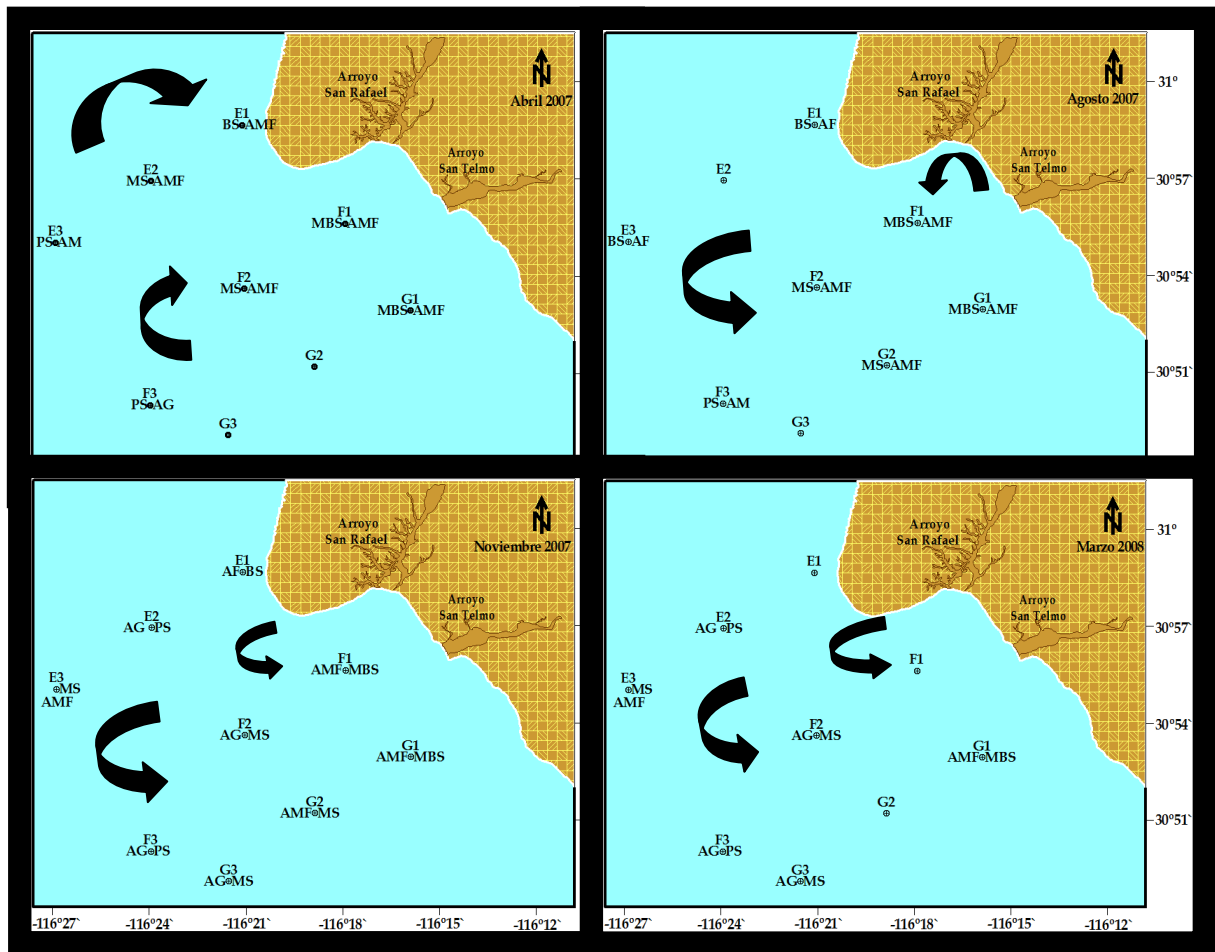


Figura 7. Parámetros Texturales. Muestras Oceánicas obtenidas en el periodo de Abril 2007 a Marzo 2008, donde observamos los cambios estacionales en tamaño de grano y clasificación, respectivamente. En los puntos sin datos no se obtuvo muestra de sedimento durante ese periodo.

De acuerdo con los resultados de tamaño medio de granos mostrados en la figura 7, durante el mes de marzo 2007 el transporte de sedimento muestra principalmente dos direcciones, una de norte a sur cerca de Punta Colonet y otra en dirección sureste-noreste simulando un giro hacia el interior de la bahía. En el

siguiente mes (agosto 2007), la principal dirección de sedimento es de norte a sur concentrando las AMF en el interior de la bahía. En noviembre del mismo año, aparecen granos gruesos en la mayoría de las estaciones de muestreo disminuyendo hacia granos más finos en la parte sureste, provocando la dirección de transporte norte-sureste. Durante el mes de marzo 2008, solo se presentan granos gruesos en las muestras de sedimento, sin embargo, la estación G1 sigue manteniendo el mismo tamaño de grano que los meses anteriores, derivado posiblemente del transporte generado en dirección norte-sur a lo largo del periodo de muestreo para las muestras de sedimento oceánicas.

Muestras de sedimento Costeras: los sedimentos encontrados en las muestras costeras corresponden principalmente a arenas de grano grueso a muy fino (1.0Φ [0.5mm] - 3.5Φ [0.088mm]). Durante el primer mes (abril 2007) de veintidós estaciones de muestreo (C1-C22), en doce no se recuperó material arenoso (C5, C11-C18 y C20-C22), las diez restantes (C1-C4, C6-C10 y C19) corresponden a arenas de grano muy fino variando la clasificación de moderada a moderadamente buena (MBS-BS).

En agosto, se obtuvieron diez muestras de sedimentos costeros (C1-C7, C9-C10 y C13), una de ellas resultó ser arena de grano fino (C4) y en las nueve restantes se identificaron AMF. La clasificación en este periodo resultó ser moderadamente buena (MBS) en la mayoría de los casos, siendo C1-C2, C4 y C9 las muestras de sedimento bien clasificado (BS).

Durante el mes de noviembre se presentaron más muestras de sedimento, siendo solo seis estaciones las carentes de resultados (C12, C17-C20 y C22), las AMF se encontraron en once puntos (C1, C4-C7, C9-C11 y C13-C15), mientras las AF fueron representadas en cuatro estaciones (C2-C3, C8 y C21) y por último, la muestra C22 resultó con arena de grano grueso (AG). La clasificación de los granos fue variada, nueve muestras estuvieron moderadamente bien clasificadas (C2, C4, C5, C7, C8, C10, C14, C15 y C21), mientras que las restantes presentaron una buena clasificación (C1, C3, C6, C9, C11 y C13), de nuevo se presenta la muestra de grano grueso como la pobremente clasificada (PS).

Para marzo del 2008 solo se obtuvieron diez muestras (C1, C3, C5-C11 y C13), ocho de ellas con granos de arena muy fina (C1, C5-C7, C9-C11 y C13) y las dos restantes con granos de arena fina (C3 y C5). La clasificación en este mes resultó por mayoría bien clasificada siendo seis muestras las que presentan dicha clasificación (C1, C3, C6, C9, C11 y C13), las cuatro restantes presentan una clasificación moderadamente buena (C5, C7, C8 y C10), siendo estos resultados los encontrados en el mes anterior, lo que sugiere un mayor transporte de sedimento alrededor de estas estaciones (Fig. 8).

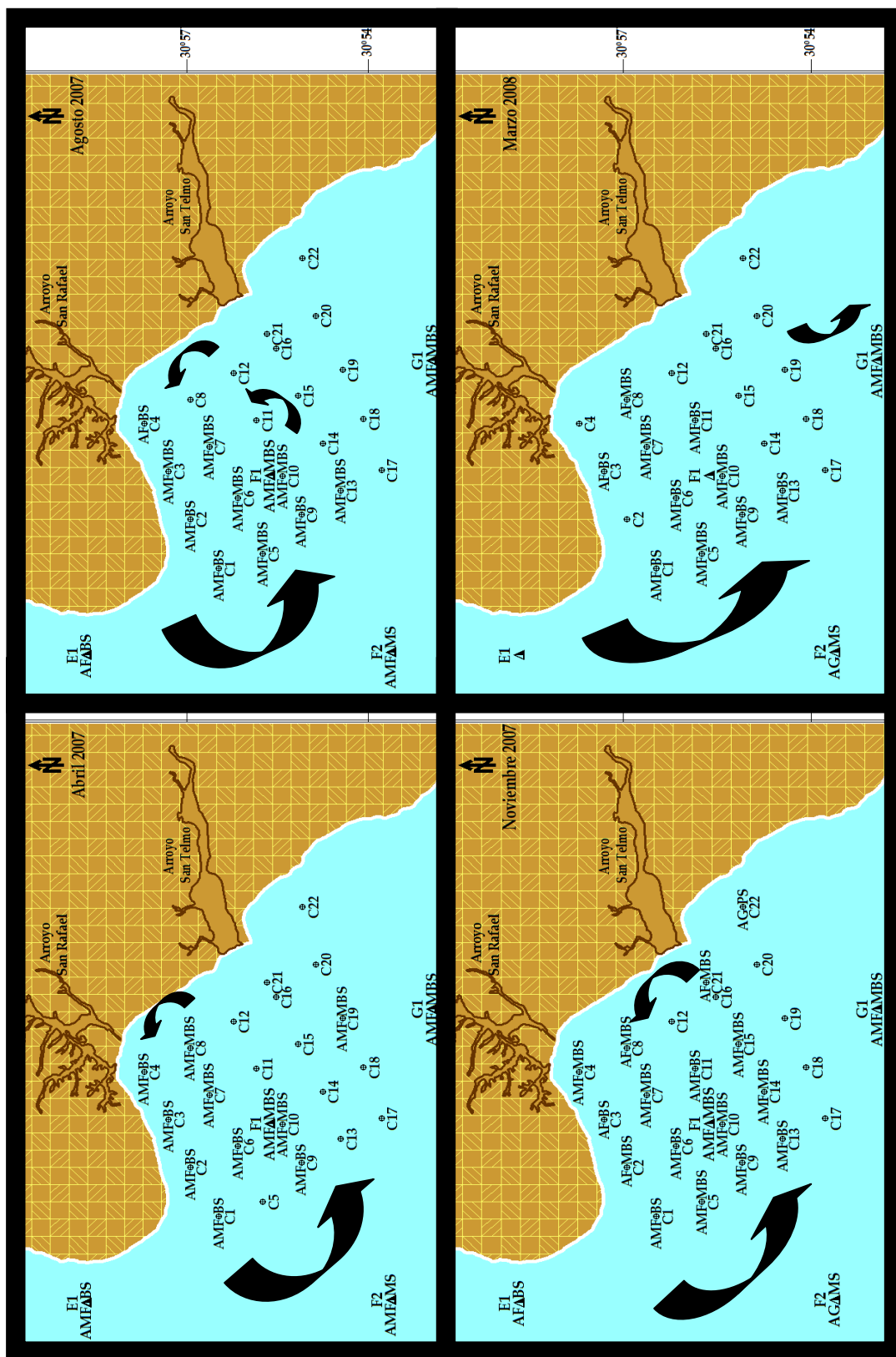


Figura 8. Parámetros Texturales Costeros. Muestras Oceánicas de Zona Costera obtenidas de Abril 2007 a Marzo 2008, donde observamos los cambios estacionales en tamaño de grano y clasificación. Los triángulos representan las estaciones oceánicas E1, F1, F2 y G1.

De acuerdo a la figura 8, el patrón de dispersión sedimentario para las muestras más cercanas a la costa indica una dirección de transporte dominante de norte a sur para los cuatro meses de campaña. Durante el mes de abril 2007 se presentaron AMF en las estaciones donde se obtuvo muestra de sedimento, sin embargo, la mayoría de ellas se encuentran concentradas en la parte norte de la bahía. En el muestreo de agosto 2007 se puede observar un ligero desplazamiento de las arenas muy finas hacia la parte sur-oeste de la bahía, la clasificación del sedimento en este periodo aumenta a muy buena (MBS) lo que sugiere el desplazamiento del mismo sedimento que el mes anterior. En noviembre del mismo año, la mayoría de las estaciones indican AMF, aunque aparecen arenas finas en la línea de costa y arenas gruesas en la parte más oceánica así como en la parte sur-este de la región, por lo cual, la dirección de transporte principal se muestra de norte a sur-este. Por último, en el mes de marzo 2008 las AMF observadas en la parte norte de la bahía muestran un desplazamiento hacia el centro de la región, de igual forma se siguen presentando arenas de grano grueso en las estaciones oceánicas, coincidiendo de esta manera con los meses anteriores en la dirección de transporte norte-sur para las muestras de sedimento costeras.

Cabe mencionar que las estaciones de muestreo que no presentan resultados en las figuras anteriores (Figs. 7 y 8), son tomadas en cuenta para el análisis de resultados como granos de arenas menores a 0Φ (mayor a 1 mm).

Con base en la media del tamaño de grano se realizaron diferentes interpolaciones para las muestras de sedimento oceánicas y costeras en conjunto; Con la ayuda del programa Surfer v.8. (Golden Software) se generó una malla con los datos granulométricos oceánicos y costeros de los cuatro meses de campaña.

En la figura 9 se muestran las zonaciones encontradas para las estaciones oceánicas y costeras de Bahía Colón, B.C., es importante mencionar que las mallas de datos generadas por los diferentes métodos de interpolación, incluyen todas las muestras de sedimento oceánico y costero 2007-2008, sin tomar en cuenta las estaciones donde no se obtuvo muestra de sedimento. Las AMF ($3 - 4\Phi$) aparecen en la zona norte de la bahía (señaladas en círculos negros) a diferencia de los granos gruesos que presentan variaciones conforme los métodos de interpolación utilizados. La figura 9a representa la interpolación utilizando el método de Shepard modificado, el cual de manera general interpola datos de grandes distancias tomando la influencia de cada punto en su proximidad. El siguiente método utilizado es el de Regresión polinomial (Fig. 9b), el cual utiliza un ajuste de mínimos cuadrados tratando de encontrar una relación lineal entre los datos. La figura 9c muestra el método Kriging que es el utilizado por el software como predeterminado, dicho método utiliza un número no muy grande de datos y no demasiado espaciados de forma irregular. Por último, el método de Mínima curvatura que aparece en la figura 9d infiere que la superficie interpolada es continua y con derivadas primeras y segundas continuas (Surfer 8: Users guide, 2002).

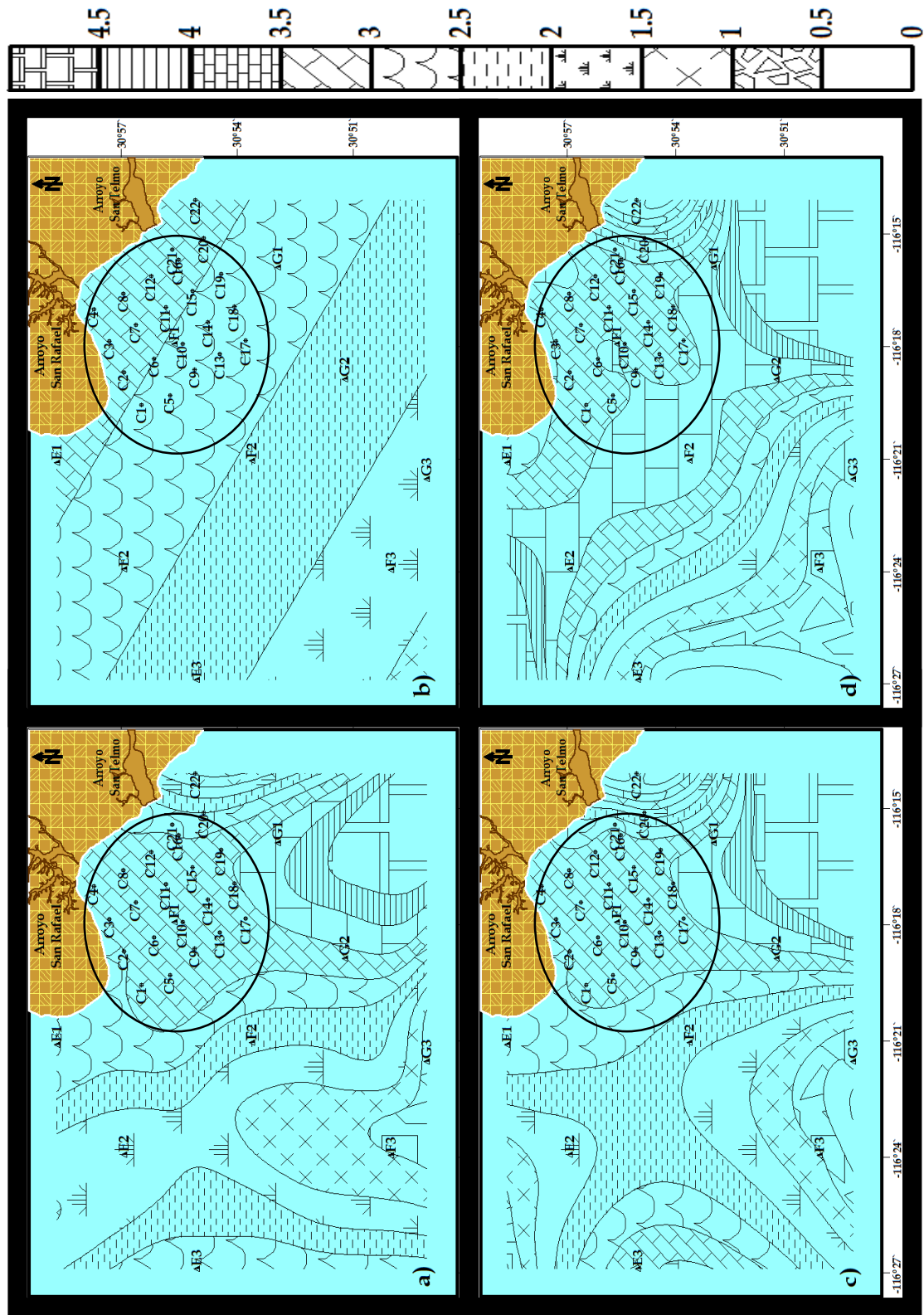


Figura 9. Interpolaciones. a) Método de Shepard Modificado, b) Regresión Polinomial, c) Método Kriging (Default) y d) Método de Mínima Curvatura. La barra de la derecha muestra tamaños de grano en unidades Φ , siendo los valores inferiores tamaños de arenas gruesas y aumentando a limos gruesos, 0.0 - 4.5 Φ (1 - 0.044 mm).

5.1.2 Zona Norte

El análisis textural de los sedimentos analizados en ésta área pertenecen a las muestras de sedimentos en cantiles y arroyos (Fig. 10). En esta zona se definen nuevas nomenclaturas como PC- y R mostradas en la figura 11; las primeras son para las muestras de sedimento en los cantiles norte pertenecientes a la campaña de octubre mientras que las segundas (R), se refieren a las muestras de sedimento obtenidas en el cauce del arroyo San Rafael durante la campaña de muestreo en el mes de julio 2008 para los arroyos de Bahía Colonet. A continuación, se describen los parámetros texturales encontrados en los sedimentos pertenecientes a esta zona.

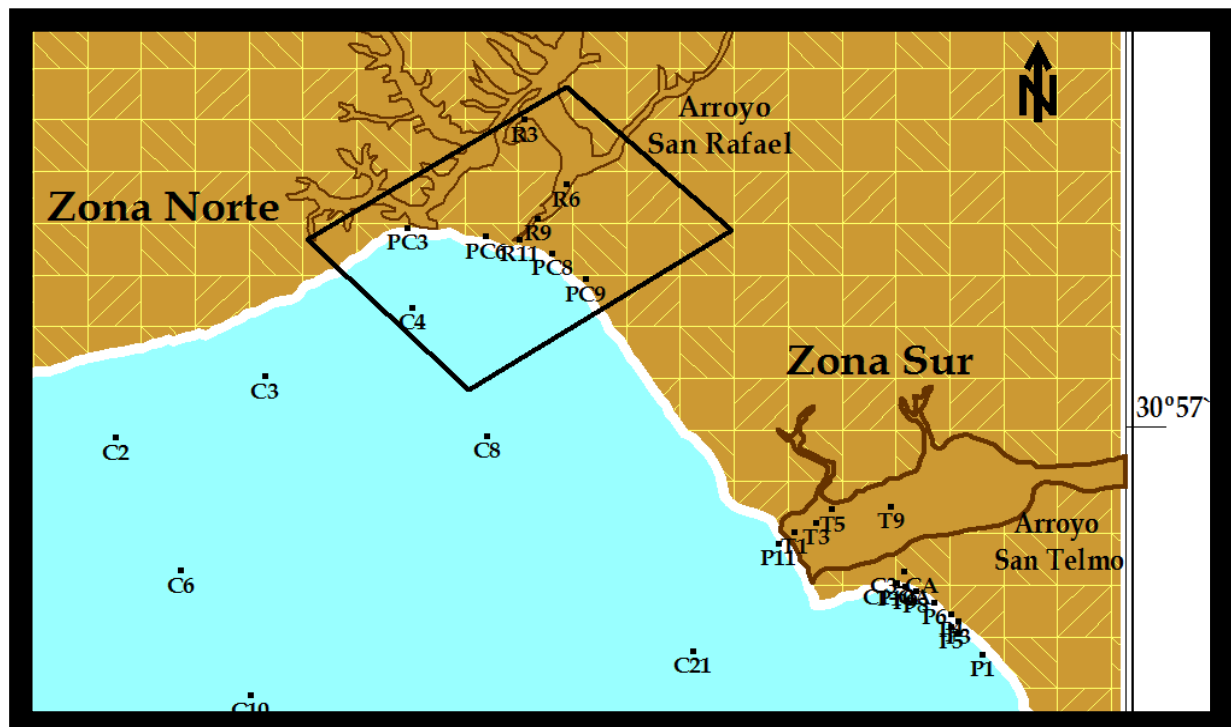


Figura 10. Zona Norte. Se observa la ubicación de muestras de sedimento pertenecientes a la zona norte, parte litoral. Los detalles en la línea de costa (señalados en polígono) se observan mejor en la figura 11.

Arroyo San Rafael. Los sedimentos encontrados en muestras de sedimento de arroyo corresponden principalmente a arenas de grano medio a fino (2.0Φ [0.250 mm] – 3.0Φ [0.125 mm]). El muestreo del arroyo San Rafael se realizó en julio del 2008, con el fin de verificar si existen aportes importantes de sedimento hacia la zona costera a través de su cauce. Se tomó la primera muestra (R1) en el cruce del

arroyo con la Carretera Federal No. 1 ($31^{\circ}04.458' \text{ N}$, $116^{\circ}12.534' \text{ W}$), correspondiendo ésta de acuerdo a su media textural, a grano de arena media, moderadamente bien clasificada, las siguientes muestras de sedimento se tomaron en la zona cercana a la costa, obteniendo para R3 granos de arena fina con una moderada clasificación, siendo R9 y R11 arenas de grano medio con clasificación moderada y R6 resultó arena de grano medio con una clasificación moderadamente buena. De acuerdo a estos resultados, en la figura 11 se sugiere un bajo o nulo transporte de material hacia la zona costera, ya que se presentan granos de mayor tamaño en comparación con los encontrados cauce arriba, lo cual puede ser originado por la cercanía de la costa formada por una barra de conglomerados y a su vez, el aporte de sedimento de los cantiles aledaños al arroyo San Rafael.

Muestras de Sedimentos en Cantil. Nos referimos a ellas como PC3, PC6, PC8 y PC9. En dichas muestras se encontraron sedimentos en un rango de arenas gruesas a medias (1.0Φ [0.5mm] - 2.0Φ [0.250mm]). La clasificación de granos se presentó moderadamente buena en las muestras PC3 y PC6, subiendo a bien clasificada en PC9 y muy bien clasificada (MMBS) en PC8, las dos últimas correspondientes a arenas medias (Fig. 11).

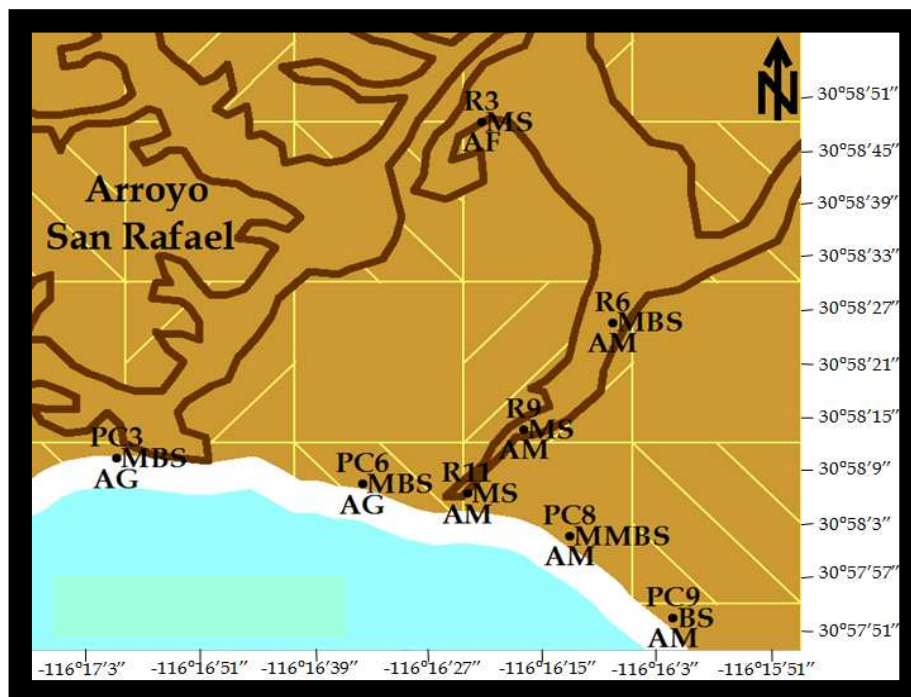


Figura 11. Acercamiento Zona Norte. Se observa la ubicación de muestras de sedimentos pertenecientes a la zona norte, parte litoral. La nomenclatura sigue siendo la misma que la figura anterior, aparecen Punta Colonet (PC) y Arroyo San Rafael (R) como etiquetas.

5.1.3 Zona Sur

Los análisis texturales que se describen a continuación pertenecen a las muestras de sedimento en perfiles y cantiles que se encuentran en la zona sur del área de estudio (parte litoral), así como las muestras de sedimento colectadas en el arroyo San Telmo. Se definen nuevas nomenclaturas como, T para los sedimentos colectados en el arroyo San Telmo, P para las muestras de sedimento obtenidas durante la campaña de perfiles y C-CA para las muestras de sedimento colectados en los cantiles sur. Por lo tanto, la zona sur comprende la parte litoral sur-este en la bahía de Colón, B.C (Fig. 12).

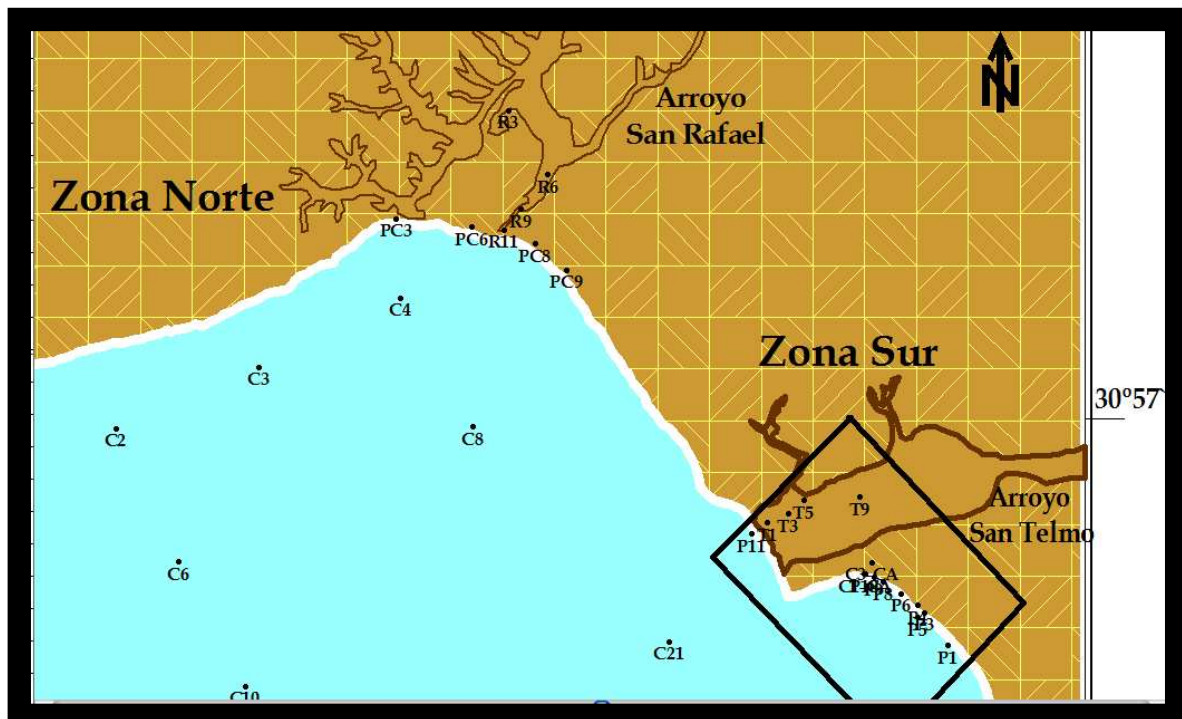


Figura 12. Zona Sur. Se observa la ubicación de muestras de sedimentos pertenecientes a la zona sur, parte litoral. Los detalles en la línea de costa (señalados en polígono) se muestran en la figura 13.

Arroyo San Telmo. Los sedimentos encontrados en muestras de arroyo corresponden principalmente a arenas de grano fino a muy fino (3.0Φ [0.125 mm] – 4.0Φ [0.063 mm]). El muestreo del arroyo San Telmo se realizó en julio del 2008, con el fin de verificar si existen aportes importantes de sedimento hacia la zona costera a través de su cauce. Se tomó la última muestra (T11) en el cruce del arroyo con la Carretera Federal No. 1 ($30^{\circ}57.925' N$, $116^{\circ}09.327' W$), correspondiendo a

grano de arena fina, moderadamente clasificada, las primeras muestras se tomaron en la zona cercana a la costa (Fig. 13), obteniendo para T1 granos de arena muy fina con una clasificación moderada, siendo las restantes T3, T5 y T9 arenas de grano muy fino con clasificación moderada a excepción de la primera (T3) con una clasificación pobre, sin embargo este cauce es el que muestra más efecto antropogénico debido a los caminos rurales marcados y evidencias observadas en campo que indican una modificación no natural en los sedimentos muestreados.

Muestras de Cantiles. Nos referimos a ellas como C1-CA, C3-CA, P1, P3, P4, P5, P6, P8, P9, P10 y P11, de las cuales las primeras dos corresponden a la parte superior de los cantiles San Telmo, se encontró en estos puntos arenas de grano fino con una clasificación moderada y moderadamente buena, respectivamente. De P1 a P4 los granos resultaron ser gruesos disminuyendo la clasificación de buena a pobre, P5, P6 y P10 (se sobrepone con C1-CA en la figura 13) mostraron granos de arena fina con clasificaciones de buena a moderadamente buena mientras que, en P8 y P9 observamos granos medios con buena clasificación. En la figura 13 de acuerdo a estos resultados, se sugiere un transporte sedimentario de sur a norte llegando a Punta San Telmo en el área costera.



Figura 13. Acercamiento Zona Sur. Se observan la ubicación de muestras de sedimento pertenecientes a la zona sur, parte litoral. Las muestras P10 y C1-CA se observan sobrepuestas debido a su cercanía una con la otra.

5.2 Análisis Petrográfico

Los componentes principales del análisis petrográfico corresponden a los utilizados en las modas detríticas del método de Gazzi-Dickinson (Tabla II).

El análisis cuantitativo de los componentes principales de las arenas permitió definir las principales petrofacies que serán descritas con detalle más adelante. La identificación de cada uno de los componentes se realizó con base en sus propiedades ópticas siguiendo los criterios descritos por Scholle (1979).

- a) **Cuarzo.** Es el sedimento dominante en los depósitos deltaicos. Se reconoce primordialmente por su baja birrefringencia, su ausencia de clivaje y por su comportamiento de extinción variable, además de su figura de interferencia uniáxica positiva. Las partículas de cuarzo se clasificaron y contabilizaron separadamente en cuarzo monocrystalino (Qm) y cuarzo policristalino (Qp). La forma de cuarzo más abundante en las muestras estudiadas es el cuarzo monocrystalino, seguido del cuarzo policristalino (Fig. 14).

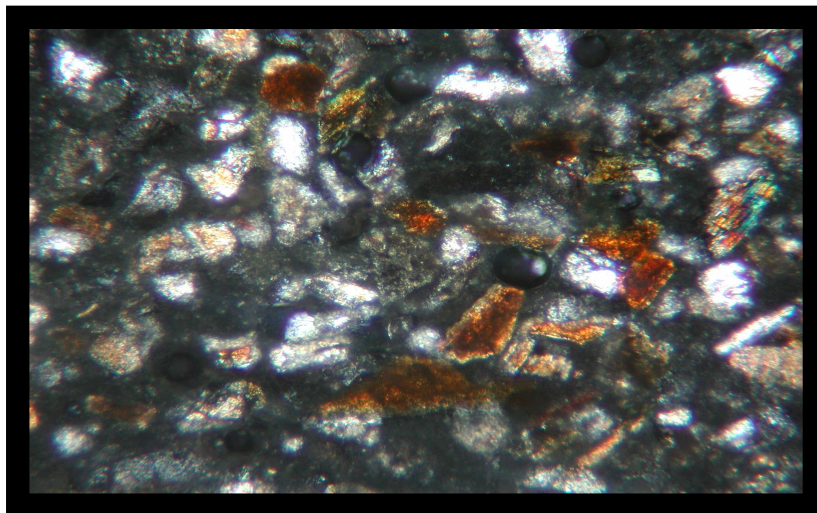


Figura 14. Cuarzo. Sección delgada donde se observa la abundancia de cuarzoes en color blanco.

Los fragmentos de cuarzo policristalino se consideraron cuando una partícula redondeada o subredondeada presenta dos o más cristales agregados de cuarzo. Es común observar clastos con cuarzo policristalino (Qp) con inclusiones de minerales de alta birrefringencia. En este caso el clasto se contó como un lítico metamórfico los cuales presentan colores de tercer orden.

b) Feldespatos y Plagioclasas. Los feldespatos fueron contados como feldespatos potásicos (K) y como plagioclasas (P). La identificación de los feldespatos, tanto potásicos como plagioclasas, se basó principalmente en la presencia de maclas. Además, se utilizó el teñido al que fueron sometidos, la presencia de clivaje y la alteración como rasgos distintivos (Fig. 15). Estos criterios permitieron una identificación acertada y rápida para los feldespatos y plagioclasas desprovistos de macla.

Los feldespatos y plagioclasas en las muestras analizadas comúnmente muestran alteraciones que hacen difícil su identificación. Algunos feldespatos y plagioclasas presentaron remplazamiento por minerales arcillosos y otros están reemplazados por calcita en proporción variada.

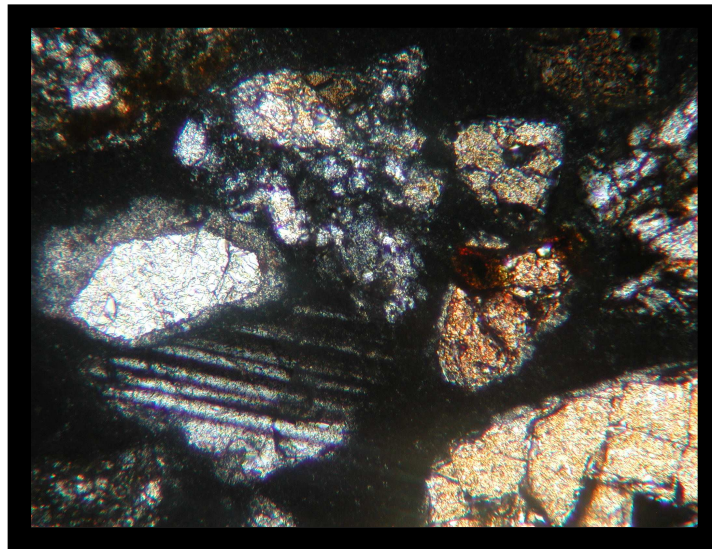


Figura 15. Feldespatos y Plagioclasas. Vemos los feldespatos en café, en la parte inferior derecha y las plagioclasas con maclas o barras blanco-negro.

c) Fragmentos Líticos. Se dividieron en líticos volcánicos (Lv), líticos metamórficos (Lm) y líticos sedimentarios (Ls).

Fragmentos líticos volcánicos. Los fragmentos de roca volcánica fueron identificados con base en sus texturas microporfirítica (felsítica), microlítica o vítrea (Fig. 16). La textura microporfirítica (felsítica) se reconoce por la presencia de una matriz vítrea o recrystalizada con microfenocristales. La textura micro lítica está formada por microcristales de plagioclase en ocasiones orientados (micro lítica de flujo). Es común observar la matriz vítrea recrystalizada con microcristales de forma acicular. Los fragmentos volcánicos (Lv) son característicamente porfiríticos, por lo que la presencia

de pequeños cristales de plagioclasas hizo posible la distinción entre estos granos volcánicos y los fragmentos de rocas sedimentarias.

En las muestras estudiadas la presencia de fragmentos volcánicos fue muy abundante llegando a tener algunas de ellas más del 50% de fragmentos volcánicos en su composición (Ver Anexo B). Se encontraron clastos de estos fragmentos en las muestras PC3, C2, C1, P11 y T9, en las zonas norte y sur principalmente.

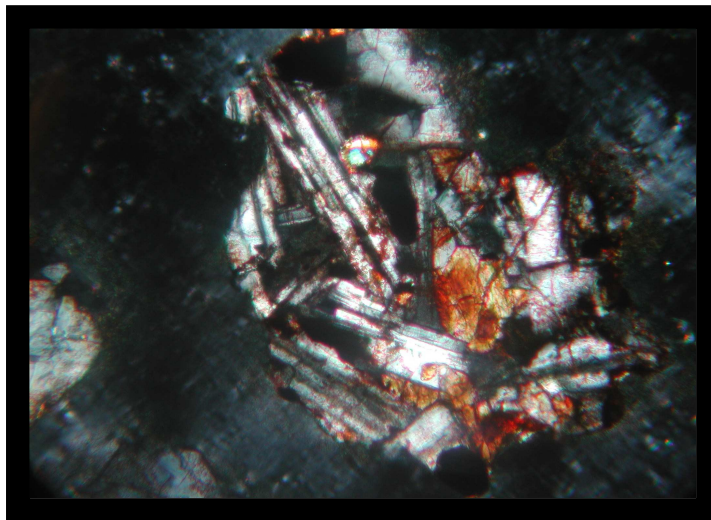


Figura 16. Líticos Volcánicos. Fragmento de roca volcánica, observamos plagioclasas con maclas y minerales opacos.

Fragmentos líticos metamórficos. Los fragmentos de roca metamórfica fueron reconocidos por sus texturas con una orientación preferencial de los cristales que los componen, y en ocasiones, por la deformación de los cristales en los mosaicos que componen la partícula. Los clastos metamórficos también incluyen clastos de rocas metasedimentarias con el protolito formado por areniscas, lodolita y limolita. Se encontraron también fragmentos de origen sedimentario, posiblemente de lodos, con una matriz arcillosa recrystalizada, estos fueron considerados como Lm (Fig. 17).

Fragmentos líticos sedimentarios. Los fragmentos de roca sedimentaria están compuestos por granos de cuarzo, feldespato, pedernal, fragmentos metamórficos y fragmentos de lodolita de tamaños entre 0.008 mm y 0.03 mm (arena muy fina a limo grueso).

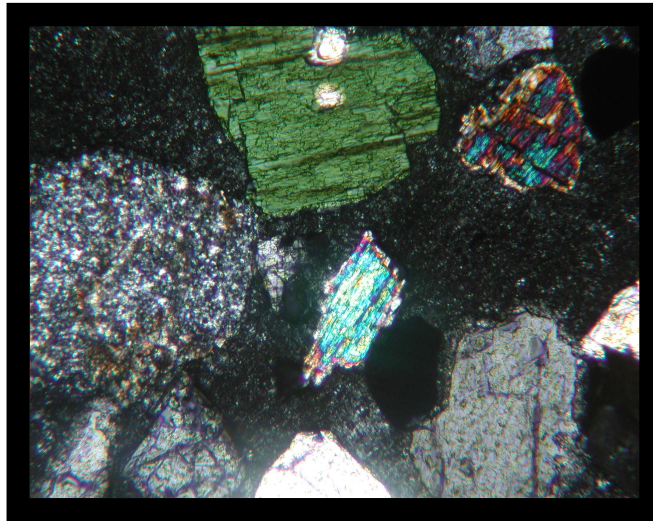


Figura 17. Fragmentos y Otros. Fragmento de roca sedimentaria en el margen izquierdo, en la parte superior se observa una hornblenda bien definida en verde y el parche negro en la parte inferior muestra un mineral opaco.

- d) Minerales Densos.** Dentro de los minerales densos se distinguieron abundantes hornblendas y menor contenido de piroxenos y biotitas, estos fueron considerados en el conteo como densos totales. Los minerales opacos, principalmente magnetita e ilmenita, fueron abundantes en algunas muestras y se contabilizaron también como opacos totales sin distinguir entre otros minerales como pirita, calcopirita, hematita etc. Tanto los minerales densos como opacos no se diferenciaron debido a que no son útiles para determinar modas detríticas.

5.3 Modas Detríticas

La caracterización litológica y la definición de petrofacies en este trabajo se basó en la técnica de modas detríticas y en los diagramas de composición de Folk (1968) - QFL y de proveniencia - QFL, QpLvLs y QmPK de Ingersoll et al. (1984), Tabla III. A partir de estos diagramas ternarios se determinó la proveniencia de los sedimentos hacia la bahía.

Tabla III. Poblaciones de Grano. Definición de poblaciones de granos para los diagramas ternarios de composición de Ingersoll (tomado de Dickinson, 1982).

Diagrama Ternario	Polo Central Superior	Polo Izquierdo Inferior	Polo Derecho Inferior
QFL	Q Cuarzo monocristalino + cuarzo policristalino (= Qm + Qp)	F Granos de feldespatos (= P + K)	L Fragmentos líticos afaníticos inestables (= Lv + Ls)
QmPF-K	Qm Granos de cuarzo monocristalino	P Granos de plagioclasa	F-K Granos de feldespato potásico
QpLvLs	Qp Fragmentos líticos cuarzosos policristalinos	Lv Fragmentos líticos volcánicos y metavolcánicos	Ls Fragmentos líticos sedimentarios y metasedimentarios

El análisis de proveniencia se realizó en tres partes a las cuales llamaremos secciones:

- *Sección uno*
- *Sección dos*
- *Sección tres*

La *sección uno*, abarca la mayor parte del área de estudio, la cual incluye la zona oceánica y la zona norte a excepción de las secciones delgadas que pertenecen al arroyo San Rafael.

La *sección dos*, incluye láminas delgadas en la zona sur a excepción de las que pertenecen al arroyo San Telmo.

La *sección tres*, indica los resultados encontrados en láminas delgadas de ambos arroyos (San Rafael y San Telmo) para el análisis de proveniencia.

5.3.1 Sección Uno

La figura 18 muestra los cuatro diagramas ternarios obtenidos para la *sección uno*. A continuación se hace una breve interpretación de ella:

- a) **QtFtLt.** Se observa una tendencia hacia la parte intermedia de cuarzo total y feldespatos, sin embargo podemos observar tres grupos definidos, el primero generado por C1, C2, E2, PC3 y PC6 provenientes de fragmentos líticos, lo cual concuerda con sus ubicaciones regionales ya que dichas muestras están muy cercanas a la costa norte, en donde la erosión de basamento es muy notoria. El segundo grupo lo componen PC8, C8, C14, C9, C10, C6 y C3 que en dicho orden sugieren un movimiento casi circular, en el cual se puede inferir que el sedimento proviene de la misma fuente que PC8, en este caso los cantiles norte, posiblemente se encuentra viajando de forma estacional alrededor de dichas muestras. Y el tercer grupo, C21, C19, G1, F2 y se podría inferir que E2 aunque se encuentra muy alejada de ellas, que debido a la saliente encontrada en Punta San Telmo transporta los sedimentos hacia fuera de la costa y podrían estar dispersándose en la zona oceánica, ya que estos muestran composiciones muy parecidas a las muestras costeras y de cantiles, sugiriendo así un transporte mar afuera. De igual forma la concentración de puntos infiere que la fuente de los sedimentos proviene de una orogenia reciclada, aumentando la madurez textural de los mismos (Fig. 18a).
- b) **QmFtLt.** Volvemos a observar la fuente del cantil norte sugerida por las muestras C1, C2, PC3 y PC6, las cuales se disgregan dejando a los feldespatos expuestos y que a su vez estos por el transporte inferido anteriormente se inclinan hacia los cuarzos monocristalinos siguiendo el patrón observado en el diagrama *a* (Fig. 18b).
- c) **QpLvLs.** Se continua mostrando la fuente principal en la parte inferior y el porcentaje tan alto de cuarzo policristalino sugiere que dichos sedimentos han sido re TRABAJADOS por un largo periodo de tiempo, lo cual concuerda con la fuente sugerida como orogenia reciclada (Fig. 18c).
- d) **QmPK.** Podemos observar los grupos definidos en el diagrama *a*, ya que en la parte superior se encuentran los sedimentos mas oceánicos y como se observa que se inclinan hacia las plagioclasas félsicas, las cuales indican una fuente de basamento, así como el transporte definido por la tendencia al cuarzo; más abajo se notan las muestras C2, PC6, C8 Y C14 que no están tan inclinadas al cuarzo debido a que la fuente de sedimento se encuentra muy cerca como lo podemos observar en los diagramas anteriores (*a*, *b* y *c*), recordemos que el componente principal de los fragmentos volcánicos son las plagioclasas, evidenciando de esta manera la composición basáltica en los cantiles norte (Fig. 18d).

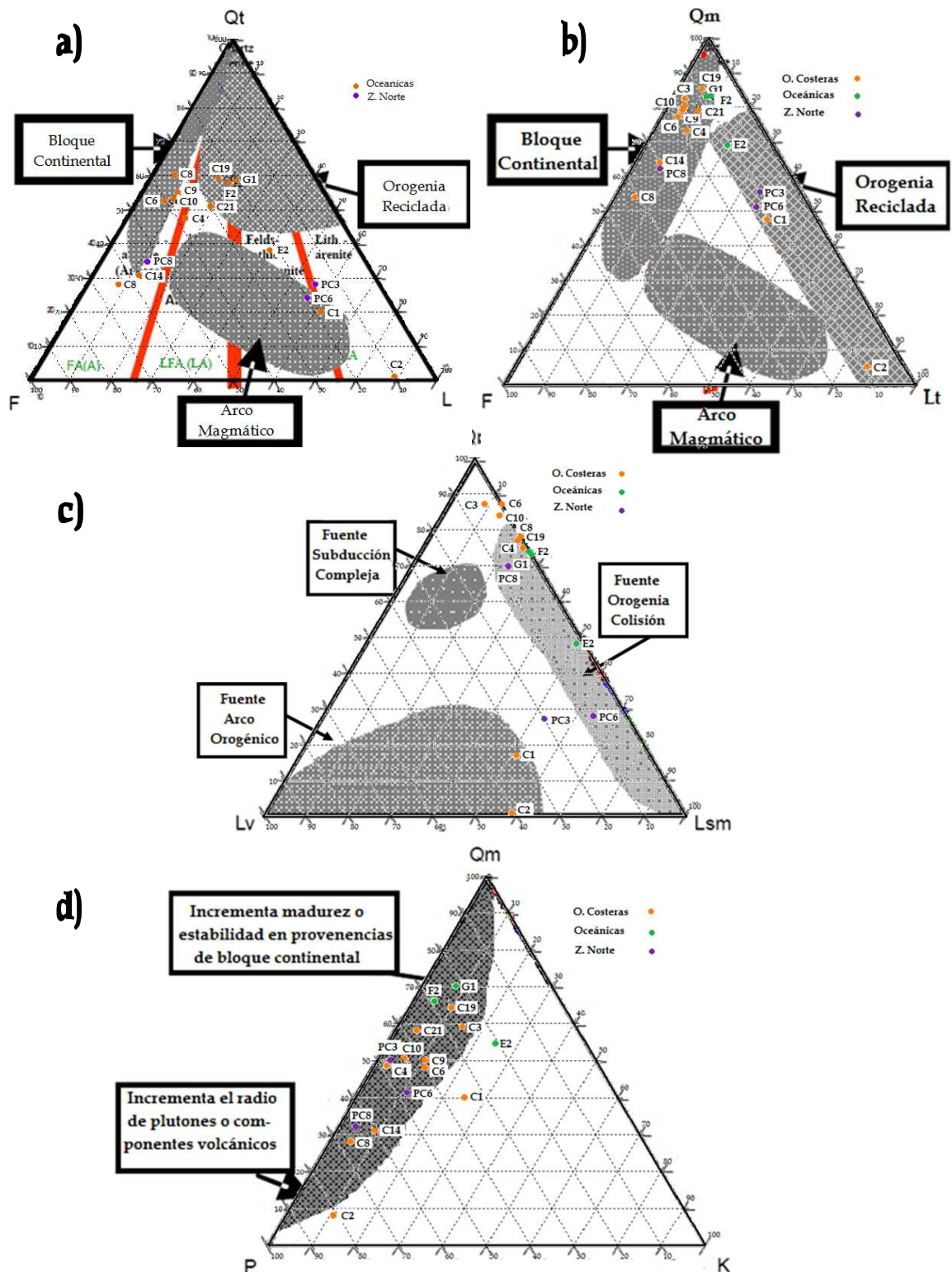


Figura 18. Diagramas Ternarios Sección Uno. a) QtFtLt, muestra modas detríticas derivadas de diferentes tipos de proveniencias, b) QmFtLt, progresión de líticos a cuarzo monocrystalino, c) QpLvLs, progresión de líticos sedimentarios a cuarzo policristalino y d) QmPK, progresión de plagioclasas a cuarzo monocrystalino.

5.3.2 Sección Dos

La figura 19 muestra los cuatro diagramas ternarios obtenidos para la *sección dos*. A continuación se hace una breve interpretación de ella.

- a) **QtFtLt.** Es el diagrama *a* (Fig. 19a), el cual indica de forma general el comportamiento de la zona, la parte inferior derecha pertenece a los fragmentos líticos, en la parte inferior izquierda vemos los feldespatos totales que incluyen los potásicos y las plagioclasas y en la parte superior observamos el cuarzo total en el cual se integra el tipo monocristalino y policristalino del mismo. Por lo tanto, la tendencia sugerida por dicho diagrama es de sur a norte, es decir, P1 se encuentra en el extremo inferior y concuerda en su ubicación regional siendo la primera muestra en el área de cantiles sur, su posición en el diagrama sugiere una fuerte aportación de los cantiles adyacentes a este punto. Después podemos observar el desplazamiento de las demás muestras hacia la parte media del diagrama en donde se encuentra una mezcla de sedimentos provenientes de los cantiles inmediatos como lo indica C1-CA y C3-CA (obtenidos en la parte superior del cantil), por lo que podemos inferir dos diferentes fuentes de sedimento, la que sugiere P1 y P4 y la fuente inmediata para el resto de las muestras pertenecientes a P6-P10.
- b) **QmFtLt.** La figura 19b, muestra que la muestra P1 definitivamente es aportada por una fuente diferente al resto ya que se encuentra muy pegada a los fragmentos líticos, por otro lado, encontramos que el resto de las muestras se inclinan hacia el cuarzo monocristalino, si observamos los puntos rojos que pertenecen a las muestras en la parte superior del cantil es fácil sugerir que las muestras P4-P10 provienen de esa fuente inmediata.
- c) **QpLvLs.** El tercer diagrama (Fig. 19c), sugiere que los fragmentos de roca son de tipo sedimentario y que estos a su vez evolucionan hacia el cuarzo policristalino, lo cual coincide con los diagramas anteriores y las ubicaciones de las estaciones mostradas en los mapas de análisis textural. Es importante observar que el cuarzo policristalino resultó ser más abundante en la mayoría de las muestras, lo que indica que el sedimento ha sido más reabajado.
- d) **QmPK.** En la figura 19d, podemos observar que la muestra P1 se extiende hacia las plagioclasas, las cuales son un componente principal de fragmentos volcánicos y que de la misma forma coincide en los resultados anteriores, así mismo P4 muestra una influencia de esta fuente ya que se encuentra separada del otro grupo que proviene de los cantiles sur pertenecientes a las muestras C1-CA y C3-CA, como se mencionó la abundancia de cuarzos monocristalinos resulta ser menos que la de cuarzos policristalinos.

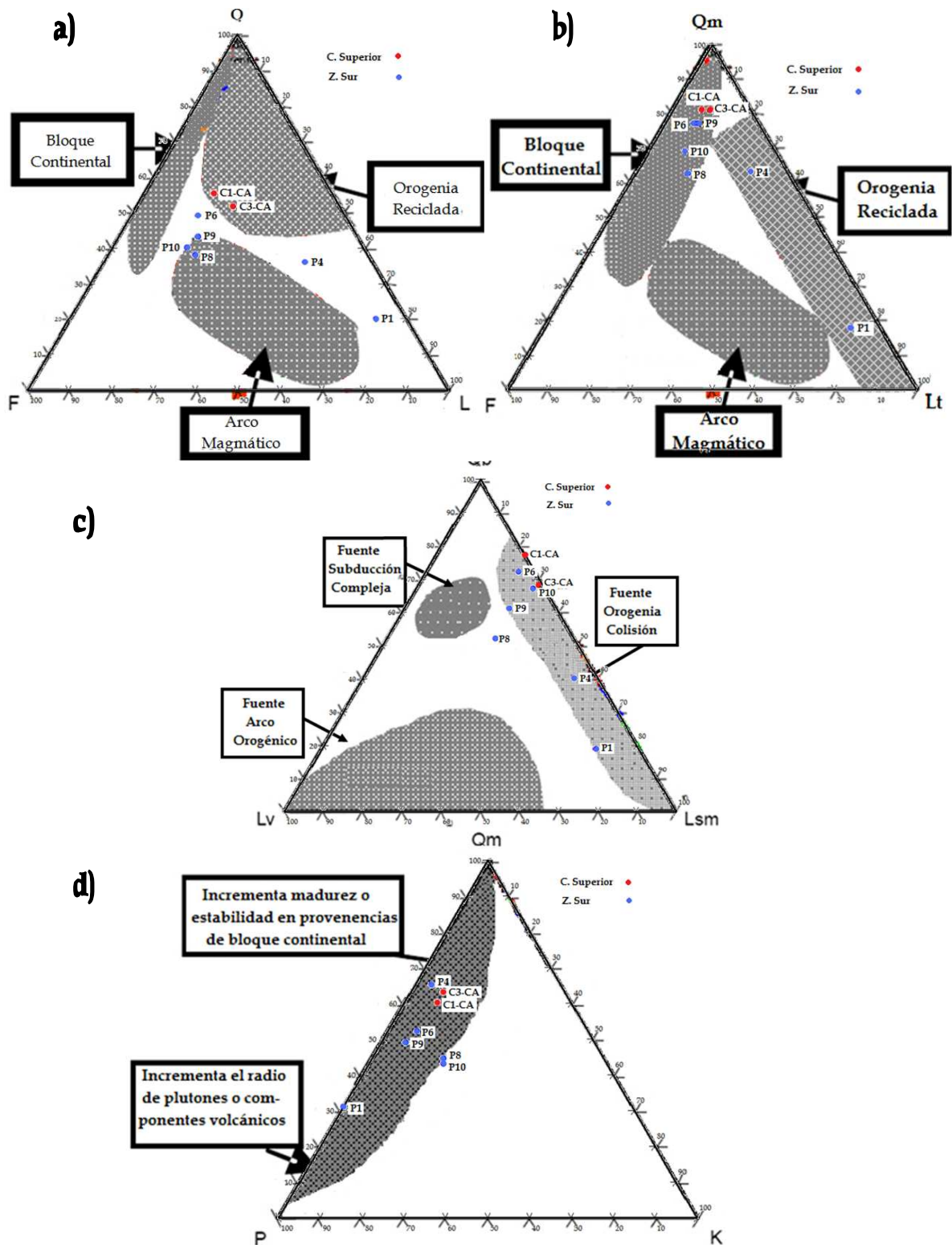


Figura 19. Diagramas Ternarios Sección Dos. a) QtFtLt, progresión hacia cuarzo total, b) QmFtLt, progresión de líticos a cuarzo monocristalino, c) QpLvLs, progresión de líticos sedimentarios a cuarzo policristalino y d) QmPK, progresión de plagioclasas a cuarzo monocristalino.

5.3.3 Sección Tres

La figura 20 muestra los cuatro diagramas ternarios obtenidos para la *sección tres* que incluye a los arroyos San Rafael y San Telmo. A continuación se hace una breve interpretación de ella.

- a) **QtFtLt.** La madurez textural de los sedimentos en el arroyo San Rafael (SR) muestra una tendencia inversa (Fig. 20a), lo cual sugiere que conforme nos acercamos al cauce el aporte de sedimentos costeros comienza a influir en la composición de este material. En comparación a ello se incluye una muestra de cantil PC8 (zona norte) que indica lo observado anteriormente, el cantil es la fuente principal del sedimento costero pero no influye de manera importante en las muestras del arroyo SR. San Telmo no indica algún patrón definido, sin embargo la muestra costera P11 no se ve influenciada por el aporte del arroyo, lo que sugiere que la fuente de sedimentos costeros y de arroyos es diferente, además cabe mencionar que este cauce es el que se encuentra de forma antropogénica más alterado. En general, es evidente que el aporte de sedimentos de este arroyo es casi nulo a lo largo del año.
- b) **QmFtLt.** Observemos el patrón desarrollado por los arroyos (Fig. 20b), conforme el arroyo San Rafael se acerca a la costa encontramos menores cantidades de cuarzo monocristalino lo que sugiere importante transporte de carga, sin embargo, San Telmo se comporta de forma inversa, el porcentaje más alto de cuarzo cristalino lo encontramos en la desembocadura del mismo y conforme nos adentramos en él vemos el aporte de una nueva fuente ya que T9 se inclina hacia los líticos, de igual forma se incorporan las muestras costeras para verificar la diferencia de fuentes en estos sedimentos.
- c) **QpLvLs.** Al desgranarse el cuarzo policristalino a monocristalino nos indica que el retrabajo del material ha sido importante, como se observa en la figura 20c, ya que el porcentaje de Qp es mayor al 50% para la mayoría de las muestras; la muestra T1 no aporta mucha información ya que es una muestra puntual colectada en la zona cercana al pueblo de Colonet, pero ambos arroyos sugieren una madurez textural grande debido a la composición mineralógica encontrada.
- d) **QmKP.** La figura 20d vuelve a mostrar los resultados intermedios del cuarzo monocristalino en las muestras de los arroyos con una tendencia hacia las plagioclasas félsicas de donde podemos inferir la fuente principal como las formaciones aledañas a estos cauces, ya que no podemos inferir en un resultado mejor debido a la modificación antropogénica de estos sedimentos.

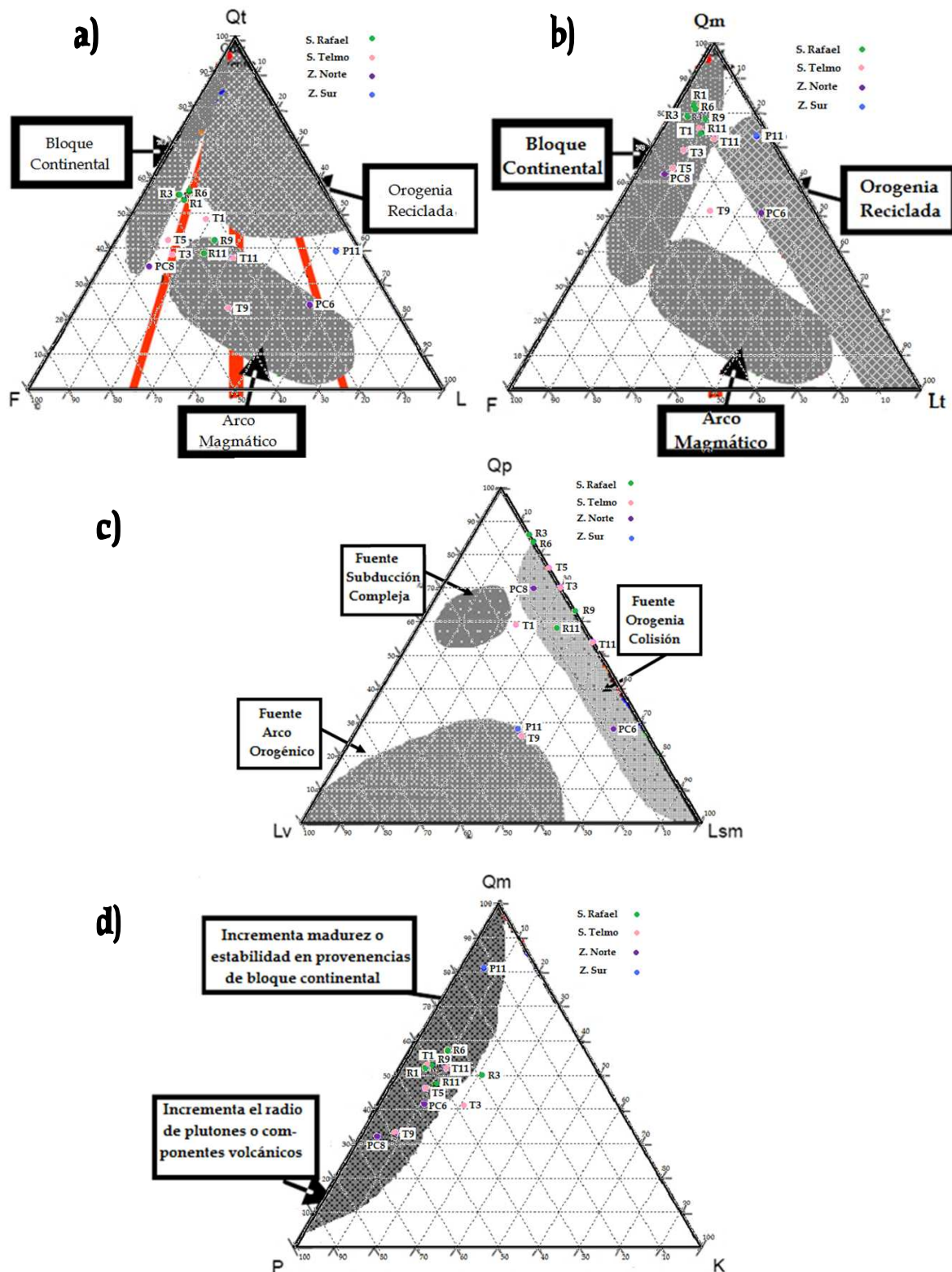


Figura 20. Diagramas Ternarios Sección Tres. a) $QtFtLt$, los arroyos San Rafael y San Telmo sugieren comportamientos inversos en madurez textural, b) $QmFtLt$, muestra la progresión de líticos a cuarzo monocrystalino, c) $QpLvLs$, progresión de líticos sedimentarios a cuarzo policristalino y d) $QmPK$, indica la progresión de plagioclasas a cuarzo monocrystalino.

5.4 Definición de Petrofacies

Las petrofacies (facies petrográficas) es una forma de caracterización de cuerpos de roca sedimentarios basada principalmente en el aspecto de los estratos o en la composición de los sedimentos (Weller, 1958). A partir de la moda detrítica y con base en los diagramas de proveniencia QFL y QmPF-K de Ingersoll y colaboradores (1984) se definieron dos petrofacies y una zona de mezcla, llamadas: 1) Petrofacies de fuente inmediata (V), 2) Petrofacies de reciclamiento (R) y 3) Petrofacies de mezcla (M). Esta última es producida por la interacción de las dos primeras o por alguna fuente alterna. Al momento no se tienen estudios de petrofacies en la Bahía de Colón.

Para la obtención de las petrofacies se agruparon los resultados de modas detríticas para las 41 láminas delgadas del estudio, de esta manera se obtienen grupos definidos a los que llamamos petrofacies V, R y M, descritas a continuación:

- 1) La petrofacies de fuente inmediata (V), se define en el diagrama QtFtLt de la figura 21a por las muestras que se agrupan en la parte inferior hacia el componente Lt. El límite de este campo es alrededor de 40-45% del componente Lt (fragmentos líticos volcánicos, metamórficos y sedimentarios). Este límite se basa en los resultados obtenidos para todas las muestras de láminas delgadas en conjunto. En el campo de la petrofacies de reciclamiento (R) la mayoría de las muestras, alrededor de 25-30 secciones delgadas, se ubican en esta zona. En promedio, la relación de Qt y Ft es de 4 a 1, respectivamente (Anexo B, Tabla 9). Además, las muestras estudiadas indican procesos de diagénesis que han podido modificar la composición original de los sedimentos. Para el diagrama QmPK (Fig. 21b), encontramos que la petrofacies (V) se define alrededor del 10% de su contenido en cuarzo monocristalino (Qm) mientras que la de reciclamiento es mayor al 50%.
- 2) La petrofacies de reciclamiento (R) es cuarzo-feldespatita y está definida por las muestras Oceánicas, Costeras y de Perfiles que se ubican hacia los componentes F y P de los diagramas QtFtLt y QmPK (Fig. 21a y Fig. 21b) respectivamente. Estas muestras se encuentran cerca de los campos de los diagramas lo que sugiere que la fuente local es de los cantiles Norte y Sur respectivamente y que se reciclan en la cuenca. En general, las muestras representativas de fuentes locales se caracterizan por ser más arcósicas y por un mayor contenido relativo de plagioclasa sobre feldespato.
- 3) La zona o facies de mezcla (M) se define por las muestras que se ubican entre el 55% y el 65% del componente Q en el diagrama *a* de la figura 21 (QtFtLt) y entre el 55% y 70% del componente Qm en el diagrama *b* de la misma figura (QmFK). Esta mezcla puede ser debido al retrabajo de sedimentos aluviales y

fluviales para el caso de los arroyos y por el aporte de material a la cuenca en el caso de la zona costera, principalmente en los cantiles.

La figura 21 muestra las tres petrofacies formadas por los resultados del análisis mineralógico. En resumen, la figura 21a muestra los tres grupos definidos en la parte inferior del diagrama, concentrándose la mayoría de las muestras en la petrofacies R; la figura 21b nos indica la influencia de los cuarzos en las petrofacies R y M, ya que se encuentran cerca de los porcentajes más altos del cuarzo monocristalino, sin embargo, la petrofacies V se mantiene cerca de los fragmentos líticos con dos muestras, una perteneciente a los sedimentos en perfiles, probablemente de la zona sur y otro de muestra costera; la figura 21c muestra la petrofacies R completamente dominada por los cuarzos, esta vez policristalinos, la zona de mezcla aumenta y la petrofacies V aparece cerca de los fragmentos líticos sedimentario. Por último, la figura 21d representa las petrofacies a mayor detalle, donde se observa la separación de dichas facies, una hacia el extremo de las plagioclasas y otra hacia el cuarzo monocristalino, representando la petrofacies de mezcla el punto intermedio de dichos extremos. En general, se observa la tendencia hacia la madurez textural enriqueciéndose cada vez más en cuarzos y en feldespatos, las muestras más ricas en líticos se encuentran mostrando una fuente cercana pues aun no han terminado su ciclo de transporte.

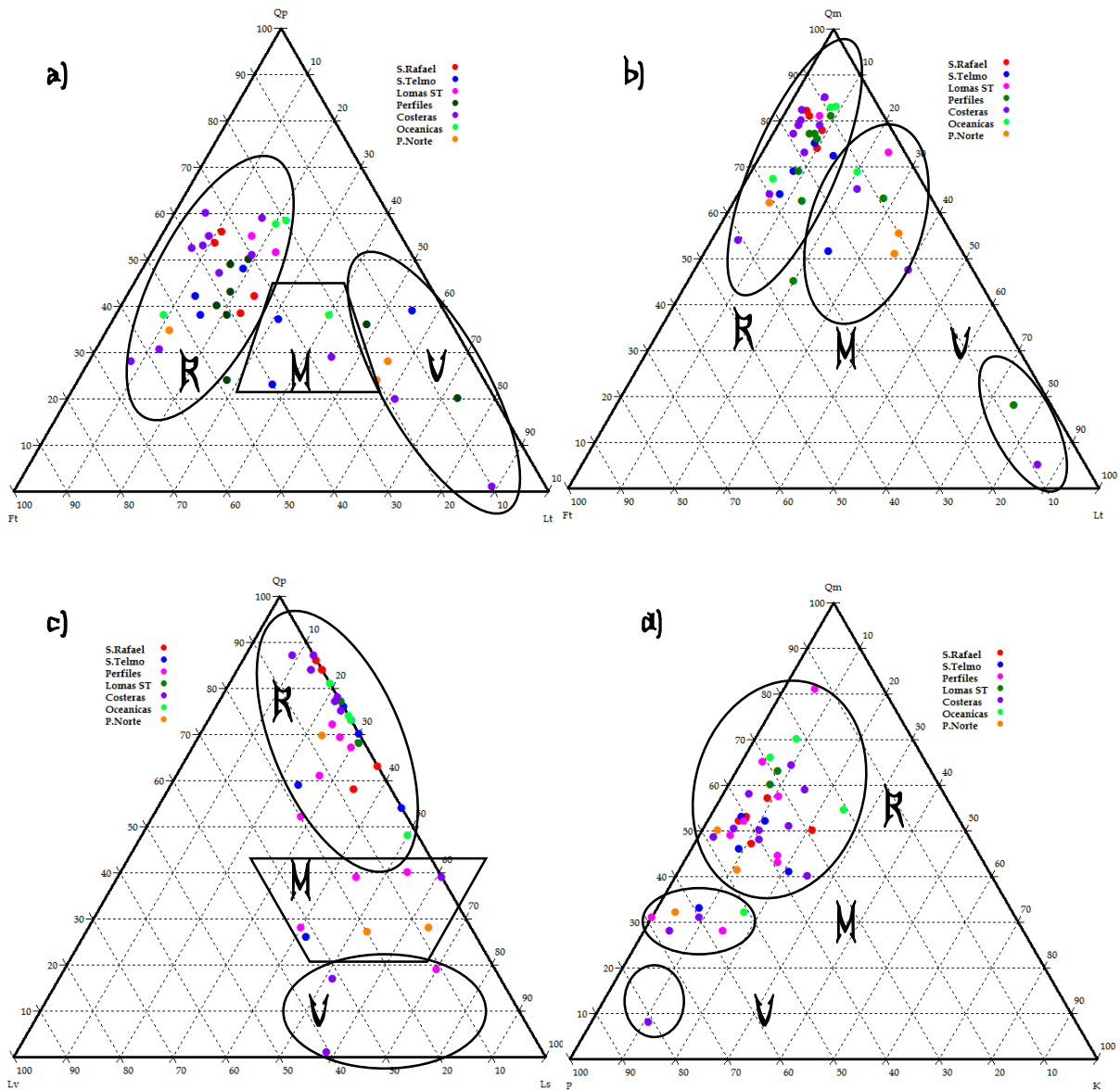


Figura 21. Petrofacies. a) QtFtLt, es el cuadro general de la zona de estudio, se distinguen claramente las tres petrofacies, b) QmFtLt, la petrofacies V separada de las otras dos indicando la fuerte tendencia hacia los fragmentos líticos, c) QpLvLs, las tres petrofacies se separan claramente inclinándose hacia el cuarzo policristalino d) QmPK, la petrofacies V se mantiene constante y se distinguen de nuevo los tres grupos (R, M y V).

Capítulo 6: Discusiones

6.1 Parámetros texturales

Los resultados de los análisis granulométricos en las muestras de sedimentos para bahía Colonet, aportaron información importante sobre el comportamiento de las arenas en el área de estudio. Durante el análisis textural se definieron tres zonas, identificadas como: Zona Oceánica, Zona Norte y Zona Sur. En total, se colectaron cien muestras de sedimentos durante un periodo de once meses de muestreo (abril 2007- marzo 2008) para poder determinar el patrón de dispersión en la bahía, así como la fuente y proveniencia de dichos sedimentos.

En la *zona oceánica* se infiere que, existe un desplazamiento de las arenas en dirección norte-sur. El comportamiento textural de estas muestras de sedimento indica variaciones estacionales principalmente de la primavera (marzo - abril), al otoño (agosto - noviembre); ya que durante la primavera se observa que el tamaño de grano es más fino hacia el este presentando una clasificación moderada en la mayoría de las muestras, sin embargo, las muestras más alejadas a la costa (E3, F3 y G3) presentan granos más gruesos, lo que sugiere un transporte en dirección noroeste-sureste en la parte media de la bahía principalmente. Durante las campañas de muestreo no se encontró material arenoso en algunas estaciones como G2 y G3 (abril 2007), E2 y G3 (agosto 2007) y E1, F2 y G2 (marzo 2008), que indica un sustrato rocoso debido a los intentos de dragado durante la colecta de sedimento, esto sugiere que las condiciones cambiaron durante esos periodos y el sedimento se desplazó ligeramente hacia el sureste. Las arenas finas se mantienen durante todas las campañas de muestreo en las muestras cercanas a la costa como E1, F1, F2 y G1 principalmente, mientras que las muestras más alejadas de la costa presentaron arenas de grano medio a grueso. Del mismo modo, la clasificación de arenas se mantuvo consistente ya que los granos más gruesos presentaron clasificaciones de moderada a mala, mientras que los granos más finos presentaron muy buenas y buenas clasificaciones.

La zona oceánica presenta muestras de sedimento más cercanas a la costa que se denominaron como muestras de sedimentos costeras (C) las cuales, muestran un patrón muy similar a las anteriores (E, F y G). Los sedimentos en esta área van aumentando su clasificación que resulta generalmente buena cerca de los cantiles norte (cabo Colonet), disminuyendo hacia el sur y centro de la bahía, tal como lo venían haciendo las estaciones E1, F1 y G1. La media del tamaño de grano es de arenas muy finas, concentrándose en la parte litoral del cantil norte. Debido a que en la parte sur no se encontraron arenas durante el dragado, se sugiere la existencia de un sustrato rocoso, evidenciado también por la gran abundancia de

macroalgas y salientes rocosas en esta zona (punta San Telmo) observadas en campo.

En este tipo de muestras, el cambio estacional del tamaño de grano no es muy notorio salvo algunas estaciones puntuales como C2, C3 y C4 que presentan arenas muy finas (AMF) con clasificaciones buenas y moderadamente buenas en abril y agosto (2007) y después cambian hacia arenas finas en agosto y durante el mes de marzo (2008) presentan sustrato rocoso, sugiriendo un aporte de sedimento diferente al de las muestras a su alrededor. Sin embargo, el resto de las muestras no presenta mucha variación estacional; durante noviembre las AMF se hacen presentes en la mayoría de las estaciones, mientras que para el siguiente mes de muestreo dichas arenas se concentran en la parte media del área de colecta con sustrato rocoso alrededor de ellas. Se sugiere un estudio de esta área para verificar el transporte de dichos sedimentos en un periodo de tiempo mayor.

El comportamiento general de los sedimentos en la zona oceánica, infiere el desplazamiento de las arenas en dirección noroeste-sureste con un ligero vórtice hacia la parte costera norte en dirección contraria, posiblemente debido a la morfología misma de la bahía. De igual forma, las variaciones estacionales encontradas en los parámetros texturales sugieren que, el oleaje actúa como principal agente en la remoción del sedimento.

Las interpolaciones generadas con los datos de media de grano para la campaña de muestreo 2007-2008 no mostraron cambios significativos en los granos 3.5Φ - 4.0Φ , ya que dichas arenas se mantienen en la misma área a pesar de las diferencias estadísticas de los métodos de interpolación; este comportamiento es consistente con el trabajo de Carranza-Edwards et al., (1988b) el cual afirma que las arenas finas en la zona de estudio son abundantes. Por el contrario, las variaciones estacionales de los tamaños de grano medio-grueso si mostraron diferencias significativas tal como se puede observar en los cambios estacionales durante el periodo de muestreo para los tamaños de grano medio-grueso en la zona oceánica.

El análisis textural de los sedimentos en la *zona norte* se dividieron en: resultados de cantiles y de arroyo San Rafael. Las muestras de sedimentos en cantiles en esta zona fueron cuatro (PC3, PC6, PC8 y PC9), las cuales fueron colectadas en el mes de julio 2008; el rango de arenas fue de gruesas a medias (1.0Φ [0.5mm] - 2.0Φ [0.250mm]), que resulta similar al de la campaña de agosto 2007 para muestras de sedimento costero, lo que sugiere la remoción del sedimento hacia la costa. La media de tamaño de grano encontrado en la parte litoral puede deberse también a la cercanía de las muestras PC3 y PC6 con el cantil norte ya que la erosión de este es constante, presentando granos de arena gruesa y disminuyendo hacia granos medios en dirección sur donde la cara de playa es más amplia y el cantil norte desaparece. Las muestras de sedimento en la parte litoral fueron difícil de colectar debido al oleaje que presenta la bahía durante casi todo el año, lo cual, dificulta la obtención de muestras en esta región; para sugerir una dirección de transporte en

la parte litoral, los datos presentados en este trabajo son escasos, sin embargo, son importantes en el análisis de proveniencia para comparación de resultados.

Los sedimentos encontrados en el arroyo San Rafael sugieren un bajo o nulo transporte de material hacia la zona costera, ya que se presentan granos de mayor tamaño en la costa (R11) en comparación con los encontrados cauce arriba (R1), lo cual puede ser originado por la cercanía de la costa la cual se encuentra formada por una barra de conglomerados y a su vez, el aporte de sedimento de los cantiles aledaños al arroyo a lo largo del cauce. Estos resultados reflejan la condición intermitente de éste arroyo, sin embargo se propone un estudio en épocas de eventos extremos como lluvias o periodo El Niño para observar el comportamiento de este arroyo.

En la *zona sur*, los sedimentos también se analizaron como parte de los cantiles y como parte del arroyo San Telmo. Debido a que el cantil sur es más pequeño en altura, se tomaron dos muestras que representan la parte superior del cantil (C1-CA y C3-CA) y que resultaron en arenas de grano fino con una clasificación moderadamente buena. El resto de las muestras del cantil se tomaron en la parte litoral durante la primera campaña de muestreo (abril 2007) comenzando de sur a norte; como de igual forma que en la zona norte no se pretende inferir la dirección de transporte a lo largo del tiempo en esta parte, solo se usaron estos datos para comparar los resultados con los de análisis de proveniencia de sedimentos. Sin embargo, de forma puntual los granos de tamaños de grueso se encontraron en las muestras P1 a P4 disminuyendo hacia granos más finos de P5 a P10, lo que refleja una dirección de transporte de sur a norte durante el periodo de muestreo. La clasificación de igual forma disminuyó de buena a mala en la misma dirección, lo que sugiere una erosión del cantil alrededor de las muestras P8-P10, la mala clasificación es debida posiblemente a la combinación de material del cantil con material costero.

En los análisis texturales del arroyo San Telmo las muestras correspondieron a arenas de grano fino a muy fino (3.0Φ [0.125 mm] – 4.0Φ [0.063 mm]). El patrón de madurez textural que muestra este arroyo es de aspecto normal, es decir, la muestra tomada en el cruce de la carretera federal No. 1 (T11) corresponde a un tamaño de grano fino, disminuyendo la media en dirección a la costa y terminar con la muestra T1 en grano de arena muy fina. Sin embargo, es difícil sugerir una madurez real de este sedimento, ya que el cauce del arroyo San Telmo se encuentra modificado por causa de caminos rurales, pastoreo de animales, agricultura a lo largo del cauce, por mencionar algunos factores observados en campo. Para la colecta de los sedimentos en este cauce, se trató de coleccionar granos de sedimento que no estuvieran alterados por dichos factores, pero era difícil identificar lugares no afectados. Por lo tanto, se sugiere un estudio en eventos extremos como El Niño o lluvias que permita determinar el comportamiento de este cauce.

6.2 Validación de los Conteos Modales

Al utilizar el método de Gazzi-Dickinson para la caracterización litológica de arenas y areniscas se minimiza la variación de la composición con el tamaño de grano, por lo tanto se elimina la necesidad de tamizar y de realizar conteos múltiples de fracciones de diferentes tamaños y pueden ser usadas muestras no clasificadas de cualquier tamaño de arena. El método también reduce los efectos de tamaño de grano y de alteración en la composición y por lo tanto permite una determinación precisa de la moda detrítica original y de la proveniencia (Ingersoll et al., 1984).

El análisis modal de las muestras estudiadas no considera los efectos de la forma de muestreo en cada campaña ya que se hacían por diferentes operadores cada vez. En este trabajo se siguieron los criterios de identificación de sedimentos clásticos descritos por Scholle (1979). Sin embargo, al observar que algunas de las muestras presentaban alteración diagenética, se establecieron algunos criterios para intentar disminuir las posibles fuentes de error o de variación en los conteos. Por ejemplo, se identificaron plagioclasas que por la alteración no respondieron al teñido y/o no conservan características ópticas originales que facilitarían su identificación. En este caso se puso especial atención a los efectos de alteración de las plagioclasas para distinguirlas de otros fragmentos líticos. También se estableció que un fragmento con aspecto de pedernal pero con un arreglo alineado de sus cristales se contó como fragmento lítico metamórfico.

La variación promedio en los conteos por duplicado de los componentes en las muestras de sección delgada fue baja. Se estimó una variación promedio entre conteos duplicados menor al 5%, por lo que el resultado de los conteos en este estudio es confiable (Apéndice B, Tabla VIII y VIII.a).

6.3 Procedencia y dispersión sedimentaria.

Según los diagramas de Dickinson et al., 1979 y de composición de Folk (1968), las muestras utilizadas para este análisis fueron seleccionadas en primer orden por su periodo de colecta, tratando de que las muestras de sedimento a procesar fueran colectadas durante el mismo mes, o en su defecto, durante la campaña más cercana; como segundo factor se tomó en cuenta la proximidad a la línea litoral y muestras de sedimento clave, aquellas encontradas en puntas o salientes (cabo Colonet y punta San Telmo) y puntos medios, como las muestras de sedimento oceánicas y costeras ubicadas en la parte central del área de muestreo. El muestreo de los arroyos fue sistemático, seleccionando para el análisis de procedencia las

muestras de sedimento tomadas en el cruce de la carretera para comparación de resultados con aquellas colectadas más cerca de la costa. En total, se procesaron 41 muestras de sedimento para el análisis de proveniencia; para dicho estudio se dividieron los resultados por secciones, siendo la sección uno la que representa la zona oceánica y zona norte a excepción de los datos que presenta el arroyo San Rafael; la sección dos, representa la zona oceánica y zona sur a excepción de los datos que presenta el arroyo San Telmo; y la sección tres representa los datos encontrados en ambos arroyos para efecto de comparación entre ellos. De igual forma, durante el análisis de proveniencia en la sección tres, se incluyeron algunas muestras ubicadas en la parte litoral, para verificar las fuentes de sedimento en dichos puntos (antes y después de la barra de conglomerados).

De acuerdo al diagrama 18a, las muestras en la *Sección Uno*, E2, C1, C2, PC3 y PC6 se encuentran ubicadas dentro de la fuente plutónica y volcánica que indica una proveniencia de arco magmático, además conforme el sedimento se mueve hacia la parte superior, se infiere un incremento en el transporte o madurez textural. Existe una mezcla de componentes plutónico-volcánicos y una proveniencia de bloque continental en las muestras C3, C4, C6, C8, C9, C10, C14 y PC8. En la región de orogenia reciclada podemos observar las muestras C19, C21, F2 y G1 que indican un constante reciclamiento de este sedimento; notemos que dichas muestras se encuentran ubicadas en la parte media y sur de la bahía, en comparación con las anteriores que se encuentran ubicadas en la parte media y norte de la misma.

El diagrama 18b refleja que en las arenas tenemos una mezcla derivada de fragmentos de roca volcánica y plagioclasas, especialmente en las muestras C1, C2, PC3, PC6 y E2, además de cuarzos y feldespatos de fuente plutónica en el resto de las muestras (C3-C4, C6, C8-C10, C14, C19, PC8, F2 Y G1). Este diagrama sugiere que la influencia del transporte puede ser de efecto moderado, mientras que la del clima se considera de efecto mínimo, debido al porcentaje tan alto de Qm en la mayoría de las muestras, debido a esto se sugiere una fuente cercana ya que los granos se encuentran muy unidos hacia la parte superior del triángulo.

En el siguiente diagrama (Fig. 18c), se infiere que el material continental que al parecer es de origen sedimentario y de orogenia reciclada, formó los grandes cantiles y ahora están llegando a la cuenca, es decir su origen es de una orogenia reciclada de levantamiento tectónico. El principal diagnóstico para inferir esto es el alto contenido de cuarzo policristalino con bajo contenido de feldespatos y menor contenido de líticos en casi todas las muestras, a excepción de C1, C2 y PC3, donde las primeras dos caen dentro de una fuente de arco orogénico y PC3 cae dentro del punto medio entre la orogenia reciclada y el arco orogénico. Las observaciones en campo indican que, las muestras C1 y C2 se encuentran muy cercanas a fragmentos de material basáltico que es constantemente erosionado por el oleaje, lo cual refleja que, los minerales encontrados en este sedimento contienen mucho

material de origen volcánico y se inclinan hacia la parte inferior izquierda de este diagrama indicando una fuente diferente al resto de las muestras.

En el último diagrama de la sección uno (Fig. 18d), podemos observar como la orogenia reciclada nos envía a una fuente continental transicional, ya que la tendencia hacia los fragmentos líticos va evolucionando y estos a su vez, se van disgregando comenzando a irse hacia el cuarzo y otros hacia el feldespato, aquellas muestras derivadas del arco orogénico aumentan en composición de fragmentos volcánicos (C1 y C2) hacia la parte superior, mientras que el resto de ellas (fuente de orogenia reciclada) aumentan en madurez textural en la misma dirección.

En general, se observa que las muestras costeras C1 y C2 provienen del cantil norte ya que nunca se alejan del extremo Lv en los diagramas ternarios, y es fácil inferirlo ya que en esta zona se encuentran abundantes conglomerados de origen basáltico en la zona de rompiente. De igual forma, se sugiere que dichos sedimentos no están siendo retrabajados de manera importante como el resto de las muestras ya que siempre se distinguieron en los cuatro diagramas, los cambios en la fuente y proveniencia de sedimento en esta sección. Se sugiere además que, existen corrientes marinas que dispersan el sedimento dentro y fuera de la bahía en conjunto con el oleaje, ya que de otra manera se esperaría encontrar un orden o patrón consecutivo en las muestras.

En la figura 19a de la *sección dos* se observa que, las muestras C1-CA y C3-CA caen dentro de la orogenia reciclada, mientras que P8, P9 y P10 se ubican en el área de arco magmático, P6 se encuentra ubicada en el punto medio de ambas fuentes, mientras que P1 y P3 se acercan más hacia los fragmentos líticos sin definir un grupo en particular. El mapa geológico de Gordon Gastil, et al. (1971), muestra que las muestras tomadas sobre el cantil (C-CA) coinciden en edad geológica (Tpem) con las muestras que presentan la misma fuente (orogenia reciclada) en el cantil norte, sin embargo, el resto de las muestras de acuerdo a dicho mapa, representan otra edad (cuaternario marino -Qm-), lo que se refleja probablemente en la fuente de arco magmático. En el siguiente diagrama (Fig. 19b), P1 y P4 se definen dentro de los componentes de orogenia reciclada, mientras que el resto de las muestras se mueven hacia la parte superior del triángulo sugiriendo una composición de bloque continental, de lo cual se deduce que, la principal erosión la está sufriendo el cantil con edad geológica Tpem, ya que todas las muestras en esta área reflejan la proveniencia del cantil sur, de acuerdo con C-CA. En el diagrama c (Fig. 19), se comprueba lo que se ha venido sugiriendo desde el principio del análisis de acuerdo a los diagramas ternarios, ya que todas las muestras se ubican dentro del área de fuente orogénica, a excepción de P8, sin embargo, dicha muestra se encuentra muy cerca de los límites de la fuente y es la que presenta mayor cantidad de componentes continentales de acuerdo al porcentaje de fragmentos Ls mostrados en los diagramas anteriores a este (mayor a 50%).

Por último, la figura 19d refleja que los sedimentos se mueven en dirección sur-norte, en relación con su madurez textural, ya que encontramos P1 en la parte inferior del diagrama y P4 se encuentra en la parte superior, después los granos se ordenan en forma ascendente hacia el resto de las muestras P6, P8-P10, y por último se ubican las muestras C-CA, indicando la estabilidad de los componentes orogénicos. Recordemos que la clasificación presentada en estas muestras resultó ser de moderadamente buena a mala, esto se refleja en la madurez textural ya que se esperaba tener un orden de P1-P10, aunque para fines prácticos, los resultados en los diagramas ternarios muestran un patrón definido. La dispersión de los sedimentos es generada principalmente por el oleaje debido a la similitud de los resultados de proveniencia con los de análisis textural que indican la misma dirección de transporte definida por la madurez textural.

Los diagramas ternarios de la *sección tres* (Fig. 20), aportaron valiosa información con respecto a la fuente y proveniencia de los arroyos San Rafael y San Telmo. En el diagrama *a*, las muestras que se definen dentro de un grupo (arco magmático) son: R9, R11, T9 y T11. Las muestras T, se distribuyen de manera descendente, es decir, T1 (colectada cerca de la costa), presenta el mayor porcentaje de cuarzo total en relación con las demás muestras; sin embargo en el arroyo San Rafael, el orden es inverso, siendo R1 la primera muestra colectada en el cruce de la carretera y descendiendo a la costa hasta llegar a R11. En ambos arroyos las muestras se van inclinando hacia la parte izquierda del triángulo (bloque continental), de acuerdo al porcentaje de feldespatos, lo que es de suponerse debido a que dichos sedimentos probablemente provienen de una fuente diferente al resto de las muestras oceánicas y litorales y contienen menor cantidad de fragmentos líticos. Como método de comparación, se incluyeron dos muestras cercanas a la desembocadura de ambos arroyos para verificar la posible similitud de fuentes, sin embargo, se observa que PC6 y PC8 (para San Rafael) y P11 (para San Telmo), se encuentran separadas del grupo, inclinándose hacia los fragmentos líticos, lo cual refleja una proveniencia diferente para los arroyos del área de estudio. PC8 se acerca mucho al límite de la proveniencia de bloque continental, derivado posiblemente de la remoción de sedimentos en esa área, ya que en ese punto se encuentra una vereda para embarcación menor construida por los habitantes del poblado.

En el siguiente diagrama (Fig. 20b), las muestras de ambos arroyos se encuentran distribuidas en el área de bloque continental (PC8 se incluye de nuevo en dicha región), mientras que PC6 y P11 se ubican dentro de los componentes de orogenia reciclada; T9 muestra una menor cantidad de cuarzo a diferencia del resto de las muestras en el arroyo San Rafael, con un porcentaje medio de feldespatos y fragmentos líticos, siendo este cauce el que contiene mayor porcentaje de Qm (mayor a 70%) en comparación con el cauce de San Telmo (mayor a 50%) donde las muestras se encuentran más dispersas con relación al anterior.

En la figura 20c, las muestras de los arroyos se inclinan hacia la parte derecha del diagrama, donde los fragmentos volcánicos se vuelven casi inexistentes y los sedimentarios aumentan en porcentaje, la excepción sigue siendo la muestra T9 con porcentaje de fragmentos medio (alrededor de 30%) y una baja cantidad de cuarzo. Notemos que P11 en este diagrama se encuentra muy cerca de T9, sin embargo, regionalmente se encuentra muy alejadas una de la otra, lo cual nos indica que los sedimentos se encuentran alterados por efectos externos como lo podrían ser de orden antropogénico por caminos rurales, remoción de sedimentos u otros factores que afecten la estabilidad mineralógica. La fuente que se indica en el diagrama c, es una orogenia de colisión, este tipo de fuente se presenta cerca de márgenes continentales o arcos magmáticos. De acuerdo al mapa geológico de Gordon Gastil, et al. (1971), los sedimentos alrededor de ambos arroyos se encuentran conformados por areniscas calcáreas, arcosas, arenas y lutitas, incluyendo sedimentos tanto marinos como fluviales, lo cual se refleja en la similitud de la composición mineralógica en las muestras de arroyos.

En el ultimo diagrama (Fig. 20d), se encontró que el sedimento en el arroyo San Telmo va evolucionando de material inmaduro a maduro, es decir aumentando su madurez textural, esto es evidente ya que mientras más lejos se encuentre el material de la costa menos retrabajo va a presentar, sin embargo, San Rafael no muestra este patrón en la zona costera, lo cual sugiere que los cantiles aledaños al cauce y el efecto antropogénico son los que modifican el patrón natural aportando material nuevo al cauce o alterando la clasificación de los granos como se observó en el análisis textural de los sedimentos. De cualquier forma, se sugiere realizar un estudio de fuente y proveniencia más detallado para los arroyos, cauce arriba, de esta forma se tendrán más datos sobre lo que ocurre conforme nos acercamos al partearguas de los arroyos.

6.4 Petrofacies

Las petrofacies encontradas en los diagramas ternarios (Fig. 21) nos indican una zona de reciclamiento (R) debido a la tendencia hacia el extremo del cuarzo, otra zona de composición lítica principalmente, en la cual se encontraban las muestras C1, C2 y P principalmente indicando de esta manera la fuente de sedimentos provenientes de los cantiles adyacentes a dichas muestras (cantil norte para C y cantil sur para P), y por último, la zona de mezcla que ubica a las muestras de sedimentos oceánicas, litorales y de arroyos, diferentes en composición mineralógica.

La figura 21a, indica que las muestras ubicadas en el extremo inferior derecho (Lv) se van enriqueciendo en cuarzo monocrystalino en un orden ascendente, esto

es característico de rocas plutónicas, si tomamos en cuenta que el análisis textural de los sedimentos refleja una dirección de transporte sur-norte para aquellas muestras con una fuente cercana como lo son P y C1-C2, que se encuentran ubicadas en la petrofacies V de este diagrama, así mismo, la petrofacies R contiene la mayor cantidad de muestras (27), debido al porcentaje tan alto de cuarzo encontrado en la mayoría de los conteos, lo que indica esta petrofacies es el constante reciclamiento de material sedimentario en la zona de estudio. La petrofacies de mezcla como su nombre lo indica, sugiere las muestras que indican una composición mineralógica media, no se inclinan hacia ninguna de las otras dos petrofacies, debido a que los minerales contenidos en estas muestras se contabilizaron casi en la misma proporción, en este caso aparecen cinco muestras para la petrofacies M.

En el siguiente diagrama (Fig. 21b), la petrofacies R se encuentra ubicada en la parte superior del triángulo, aumentando el porcentaje de cuarzo monocristalino, el cual resultó ser el segundo más abundante para la mayoría de las muestras. Estos cuarzos provienen de rocas sedimentarias o metamórficas. Enseguida, se observa la petrofacies M aumentando la cantidad de muestras en ella, sin embargo, el porcentaje de fragmentos líticos aumenta un poco, disminuyendo la proporción de feldespatos, notemos que el porcentaje de Qm se mantiene casi igual que las muestras ubicadas en la petrofacies R. al extremo inferior derecho se ubica la petrofacies V con dos muestras en ella, la cantidad de cuarzo es muy poca en comparación con la cantidad tan alta de fragmentos líticos, si observamos los diagramas de proveniencia, se puede notar que dichas muestras corresponde a C2 (Fig. 18b) y P1 (Fig. 19b), donde la fuente de ambas eran los cantiles aledaños a ellos, es por eso que la cantidad de fragmentos encontrados en dichas muestras resulta ser tan elevada.

En la figura 21c, se observa que la petrofacies R sigue ubicando a la mayor parte de las muestras, esto se debe probablemente a que, el pedernal es un cuarzo micro cristalino que proviene de rocas sedimentarias y el cuarzo monocristalino proviene de rocas metamórficas, por lo tanto, la tendencia de las rocas sedimentarias es disgregarse hacia el cuarzo policristalino, por esa razón encontramos tal abundancia de este en las muestras analizadas, ya que la mayor parte de las muestras proviene de una orogenia reciclada. La petrofacies de mezcla (M) vuelve a tener un porcentaje promedio para las siete muestras que la componen, mientras que la petrofacies V sigue manteniendo a C2 y P1 dentro de ella, esto refleja la erosión constante que sufren estos puntos, ya que en caso contrario se esperaría encontrar una petrofacies R o en su defecto un acercamiento a la petrofacies M.

El último diagrama (Fig. 21d), sugiere que la fuente del material es efectivamente de los cantiles ya que estos contienen mayor cantidad de material volcánico, para el caso de los cantiles norte y material lítico para el caso de los cantiles sur, por lo que la tendencia encontrada en dicho diagrama es hacia las plagioclasas que son componente principal de fragmento líticos volcánicos

(petrofacies V). De igual forma se sugiere que estos cantiles se formaron por la erosión del arco volcánico y del basamento granítico metamórfico.

La composición cuarzosa de estos sedimentos y su madurez textural nos indica sedimentos de uno o más ciclos sedimentarios (petrofacies M) y una fuente lejana para el caso de las muestras de arroyos (petrofacies R). Esta relación indica una selección de cuarzos sobre feldespatos, debido a que, por ser estos más inestables, son susceptibles a fragmentación por abrasión, transporte y alteración *in situ* en climas húmedos y por diagénesis (Pettijohn et al., 1987).

Capítulo 7: Conclusiones

1. Las principales fuentes de sedimento en el área de estudio son: los cantiles norte, los cantiles sur y en menor proporción para el periodo de muestreo los arroyos San Rafael y San Telmo.
2. Se determinó como la fuente de sedimentos para las muestras de la zona oceánica y norte cercanas a punta Colonet, a los cantiles norte.
3. Se determinó como la fuente de sedimentos para las muestras de la zona sur cercanas a punta San Telmo, a los cantiles sur.
4. Se determinó como la fuente de sedimentos para las muestras de los arroyos San Rafael y San Telmo, a los cantiles aledaños en ambos cauces.
5. La fuente original de los sedimentos en los cantiles es de orogenia reciclada de componentes continentales principalmente.
6. Para las muestras C1 y C2 se infiere una zona de erosión constante debido a los pocos cambios de composición mineralógica que sufren con respecto a las demás.
7. Con base en el análisis de moda detrítica, en la bahía de Colonet se definieron tres petrofacies en la zona costera: 1) Petrofacies de fuente inmediata (V), 2) Petrofacies de reciclamiento (R) y 3) Petrofacies de mezcla (M).
8. Se determinó la dirección de transporte sedimentario en la bahía, proveniente de noroeste al sureste para el periodo de muestreo.
9. Se determinó también un cambio en la dirección de transporte hacia la parte media superior del área de estudio en dirección sur-norte, derivado de la morfología misma de la zona.

Bibliografía

- Álvarez, Jr., Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Provincias fisiográficas de la República Mexicana. 1962.3-20.24(2).
- Aranda-Manteca, F. 1983. Estudio de minerales pesados como trazadores de la corriente litoral en la BTS, Baja California. Tesis de Licenciatura. ESCM., Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.
- Archibold, O.W. 1995. Ecology of world vegetation. Chapman and Hall, London. 510 pp.
- Blott, S.J. y Pye, K. 2001. GRADISTAT. A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surf. Process. Landforms. 26, 1237-1248 pp.
- Boca-Chacón, C. 1981. Procedencia de minerales en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. ESCM., Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 49 p.
- Carranza-Edwards, A., Gaceta Minera., Soc. Mex. Mineral, A.C., Materias primas y minerales del mar. 1985.22-26.1 (3):
- Carranza-Edwards, A., An. Inst. Cienc. Del Mar y limnol., Ambientes sedimentarios recientes de la llanura costera del Istmo de Tehuantepec. Univ. Nal. Auton. México. 1980. 13-66. 7(2).
- Carranza-Edwards, A., ¿Qué oculta el subsuelo marino? Médico Moderno, 1987. 11-125.25(7):
- Carranza-Edwards, A., Márquez-García, A., Morales de la Garza, E., An. Inst. Cienc. Del Mar y limnol., Estudio de sedimentos de la plataforma continental del Estado de Guerrero y su importancia dentro de los recursos minerales del mar. Univ. Nal. Auton. México (1986 a).241-262.13 (3):
- Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L., Lozano Santa Cruz., An. Inst. Cienc. Del Mar y limnol., Investigación de Sedimentos de plataforma en el área de San Antonio del Mar, B.C.N., México. Univ. Nal. Auton. México (1988).15 (1).
- Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L., Lozano Santa Cruz., An. Inst. Cienc. Del Mar y limnol., Estudio de metales en arenas de playa de San Antonio del Mar, B.C.N., Mexico. Univ. Nal. Auton. México (1988 b).15 (1).
- Clifton, H.E., A preliminary report. Geol. Survey, Circ. 587. Gold distribution in surface sediments on the continental shelf of Southern Oregon. 1968.
- Comisión Estatal del Agua. 2003. Plan Estatal Hidráulico 2003-2007.
- Cotton, M.L. y Vonder Haar, S., 1979. Microfossils from Cerro Prieto Geothermal wells, Baja California, México. Second Symposium on the Cerro Prieto

- Geothermal Field, Baja California, México. Proceedings/Actas. San Francisco, California. P. 162-168.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente. México D.F. 64 pp.
- Dickinson, W.R., 1970, Interpreting detrital modes of greywacke and arkose: Jour. Sed. Petrology, v. 40, p.695-707.
- Dickinson, W.R., 1982. Composition of sandstones in Circum-Pacific subduction complexes and fore-arc basins. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull. 66, 121-137.
- Dickinson, W.R. Y Suczek, Plate tectonics and sandstone compositions. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1979. Vol. 63, No. 12. 10 p. 0149-1423.
- Directrices de Generales para el Desarrollo Urbano. 2007. Punta Colonet.
- Folk, 1968, Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's United States of America, 170 p.
- Galehouse, J., Sedimentation analysis. pp. 69-94. En: Carver, R.E. (ed), Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley Interscience, N.Y. 1971.
- Hernández-Morlán, X.I., Grado de mineralización hidrotermal de sedimentos marinos del plioceno en arroyo El Mono, rancho Santa Rosalita, B.C.S. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. 56 p.
- Ingersoll, R.V., T.F. Bullard, R.C. Ford, S.P. Grimm, J.D. Pickle y S.W. Sares. The effect of grain size on detrital mode: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. J. Sedim. Petrol., 54:103-116. 1984.
- Ingram, R.L., Sieve analysis, pp. 49-68. En: Carver, R.E. (ed), Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley Interscience, N.Y. 1971.
- Jones, H.A. and Davis, P.J., Marine Geology Preliminary studies of offshore placer deposits eastern Australia. 1979.243-268.30:
- Lancin, M. Y A. Carranza-Edwards, Estudio geomorfológico de la Bahía y de la Playa de Santiago en Manzanillo, Colima. Inst. Geol. Univ. Nal. Auton. México. 1976. 43-65. 2:
- LaPorte, L. F. 1968. Ancient Environments. Englewood Cliffs, N.L. Prentice Hall. Pp. 112.
- McLaren, P., y Bowles, D. 1985. The effects of sediment transport on grain-size distribution. Journal of sedimentary petrology, Vol. 55, No. 4, July, 1985. 457-470 pp.
- McManus, L.D., Grain size determination and interpretation, pp. 63-85. En: Tucker, M. (ed), Techniques in sedimentology. Blackwell, Oxford. 1975.
- Navarro-Palacios, R.A. 1985. Procedencia de minerales pesados en arroyos y playas del litoral de Punta Cono a Punta San Carlos en la costa Noroeste de Baja California. Tesis de Licenciatura. ESCM, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

- Palacios-Chávez, V., 2008. Propuesta de Ordenamiento Ecológico Territorial Regional en la Zona Costera de Punta Colonet-Camalú, Baja California. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 93 p.
- Periódico Oficial del Estado de Baja California. 15 de Junio de 2007. Programa de Ordenamiento de San Quintín. Tomo CXIV No. 25.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. y Siever, R., 1987. Sand and sandstone; Springer-Verlag, New York, Inc., 553 p.
- Rangel-Aguirre, V., 2002. Petrología de los sedimentos deltaicos en la zona de reinyección del campo geotérmico de Cerro Prieto, Baja California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México. 100 p.
- Rendón-Márquez, G., 1995. Técnicas Petrográficas para el Estudio de Rocas y Sedimentos en el Laboratorio de Petrología del CICESE, Informe Técnico, Comunicaciones Académicas, Serie Geología, CICESE 33 pp. CTGOT9501.
- Royce, Ch. 1970. An introduction to the sediment analysis. Arizona state university. USA. 229 p.
- Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas, M.L. Lozano-Vilano, S. González-Guzmán, y J. Alaníz-García. 1998. Estatus ecológico y distributivo de los peces continentales del noroeste de Baja California, México: Distrito San Dieguense. Informe Técnico Final Proyecto 431100-5-1993PN, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, D.F. 150 pp. + 4 apéndices.
- Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas, M.L. Lozano-Vilano, S. González-Guzmán, y J. Alaníz-García. 2000. Ecological and distributional status of the continental fishes of northwestern Baja California, Mexico. Bulletin of the Southern California Academy of Sciences, 99:59-90.
- Scholle, P.A., 1979. A color illustrated guide to constituents, textures, cements, and porosities of sandstones and associated rocks. The American Association of Petroleum Geologists. Memoir 28. Oklahoma, 201 p.
- Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. Estudio geográfico de la región de Ensenada, B.C., 1974. 465 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto, Carta Geológica 1:1,000,000 (1 Hoja Tijuana). Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 1981.
- Skinner, B.J., 1974. Los recursos de la Tierra. Ediciones Omega, S.A. Serie de Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Barcelona. 150 p.
- Sunamura, T., y Horikawa, K. 1971. Predominant direction of litoral transport along Kujyukuri-Beach, Japan. Coastal Engng, Japan. Vol. 14, 107-117 pp.
- Surfer 8. 2002. User's guide. Golden Software, Inc. 1993-2002. 640 p.

- Tamayo, J.L., y R.C. West. 1964. The hydrogeography of middle America. Págs. 84-121 In Handbook of middle America (I.R. Wauchope, ed.). Vol I. University of Texas. Press, Austin.
- Vázquez-González, et al., 1998. Estudio geohidrológico del campo geotérmico de Cerro Prieto, Mexicali, Baja California. Informe Técnico, RE-05/98. Comisión Federal de Electricidad, Anexo 4, Geología. P. 1-final.
- Virgen-Mijares, M.L. 1985. Variación de parámetros texturales en cuarzo y feldespato en relación a los cambios de la profundidad en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. 33 p.
- Weller, J.M., 1958, Stratigraphic facies differentiation and nomenclature, American Association of Petroleum Geologists, Bulletin v.42, p. 609-639.
- Yancey, T.E. and Lee, J.W., Major heavy minerals assemblages and heavy mineral provinces of the Central California Coast Region. Gral. Soc. Amer. Bull., 1972.2099-2104.83:

Bibliografía Electrónica

- Bahía Colonet. (2008, 14) de octubre. Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 18:06, octubre 15, 2008 de http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bah%C3%ADa_Colonet&oldid=20947242.
- Google Earth Pro. 2008. Español
- Hornblenda. (2009, 23) de enero. Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 20:19, marzo 18, 2009 from <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Hornblenda&oldid=23477070>.
- Jiménez-Vega, José de Jesús. En marzo la licitación del megapuerto Colonet. La Voz de la Frontera [en línea]. 17 de enero de 2008. [fecha de consulta: 12 Mayo 2008]. Disponible en: <<http://www.oem.com.mx/lavozdelafrontera/notas/n561313.htm>>.

Anexos

Anexo A

Tabla IV. Estadística Múltiple Gradistat Abril. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Abril 2007, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

<i>MUESTRA</i>	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>F1</i>
Media (Φ)	3.017	3.647	1.328	3.509
Sorteo	0.429	0.918	1.808	0.522
Simetría	-0.154	-0.169	0.648	0.272
Kurtosis	1.060	1.311	0.589	1.184
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Media	Arena Muy Fina
Sorteo	Bueno	Moderado	Pobre	Moderado
Simetría	Hacia gruesos	Hacia gruesos	Hacia muy finos	Hacia finos
Kurtosis	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Muy Platicúrtica	Leptocúrtica
<i>MUESTRA</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>	<i>G1</i>	<i>P1</i>
Media (Φ)	3.797	0.826	3.848	1.184
Sorteo	0.740	1.116	0.557	0.563
Simetría	-0.025	0.363	-0.737	0.071
Kurtosis	1.129	0.593	5.548	1.138
Media	Arena Muy Fina	Arena Gruesa	Arena Muy Fina	Arena Media
Sorteo	Moderado	Pobre	Moderado	Moderado
Simetría	Simétrica	Hacia muy finos	Hacia Finos	Simétrica
Kurtosis	Leptocurtica	Muy Platicúrtica	Mesocurtica	Leptocúrtica
<i>MUESTRA</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>
Media (Φ)	0.423	0.657	2.428	2.234
Sorteo	0.960	1.001	0.479	0.617
Simetría	0.770	0.444	0.085	-0.057
Kurtosis	0.760	0.650	1.012	1.134
Media	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Fina	Arena Fina
Sorteo	Moderado	Pobre	Bueno	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia muy finos	Hacia muy finos	Simétrica	Simétrica
Kurtosis	Platicúrtica	Muy Platicúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica

Tabla IV.a Estadística Múltiple Gradistat Abril. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Abril 2007, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

MUESTRA	P8	P9	P10	P11
Media (Φ)	1.303	1.783	2.395	0.556
Sorteo	1.078	0.354	0.564	0.851
Simetría	-0.337	0.073	-0.177	0.390
Kurtosis	0.880	1.340	0.970	0.796
Media	Arena Media	Arena Media	Arena Fina	Arena Gruesa
Sorteo	Pobre	Bueno	Moderadamente bueno	Moderado
Simetría	Hacia muy gruesos	Simétrica	Hacia gruesos	Hacia muy finos
Kurtosis	Platicúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Platicúrtica
MUESTRA	Costera 1	Costera 2	Costera 3	Costera 4
Media (Φ)	3.371	3.126	3.075	3.014
Sorteo	0.465	0.490	0.449	0.428
Simetría	0.264	0.185	0.196	0.232
Kurtosis	1.570	1.068	0.899	1.006
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia finos	Hacia finos
Kurtosis	Muy Leptocúrtica	Mesocúrtica	Platicúrtica	Mesocúrtica
MUESTRA	Costera 6	Costera 7	Costera 8	Costera 9
Media (Φ)	3.469	3.304	3.469	3.498
Sorteo	0.492	0.630	0.542	0.451
Simetría	0.355	0.242	0.101	0.330
Kurtosis	1.236	1.023	1.265	1.090
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Bueno	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Bueno
Simetría	Hacia muy finos	Hacia finos	Hacia finos	Hacia muy finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica
MUESTRA	Costera 10	Costera 19		
Media (Φ)	3.253	3.306		
Sorteo	0.559	0.567		
Simetría	0.186	0.175		
Kurtosis	1.077	1.168		
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina		
Sorteo	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno		
Simetría	Hacia finos	Hacia finos		
Kurtosis	Mesocúrtica	Leptocúrtica		

Tabla V. Estadística Múltiple Gradistat Agosto. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Agosto 2007, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

MUESTRA	E1	E3	F1	F2
Media (Φ)	2.883	2.932	3.279	3.483
Sorteo	0.394	0.406	0.554	0.919
Simetría	0.053	0.285	0.179	-0.080
Kurtosis	1.020	1.041	1.138	1.400
Media	Arena Fina	Arena Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Bueno	Bueno	Moderadamente bueno	Moderado
Simetría	Simétrica	Hacia finos	Hacia finos	Simétrica
Kurtosis	Mesocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica
MUESTRA	F3	G1	G2	Costera-1
Media (Φ)	1.825	3.647	3.579	3.012
Sorteo	1.783	0.622	0.737	0.462
Simetría	0.133	0.108	-0.042	0.374
Kurtosis	0.676	1.196	1.247	1.041
Media	Arena Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Pobre	Moderadamente bueno	Moderado	Bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Simétrica	Hacia muy finos
Kurtosis	Platicúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica
MUESTRA	Costera-2	Costera-3	Costera-4	Costera-5
Media (Φ)	3.036	3.519	2.986	3.402
Sorteo	0.451	0.531	0.427	0.612
Simetría	0.263	-0.049	0.250	0.207
Kurtosis	0.941	1.329	1.023	1.162
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Bueno	Moderadamente bueno	Bueno	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia finos	Simétrica	Hacia finos	Hacia finos
Kurtosis	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica
MUESTRA	Costera-6	Costera-7	Costera-9	Costera-10
Media (Φ)	3.232	3.273	3.446	3.363
Sorteo	0.582	0.568	0.488	0.563
Simetría	0.243	0.190	0.221	0.134
Kurtosis	1.285	1.142	1.236	1.147
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Bueno	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia finos	Hacia finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica

Tabla V.a. Estadística Múltiple Gradistat Agosto. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Agosto 2007, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

<i>MUESTRA</i>	<i>Costera-13</i>
Media (Φ)	3.248
Sorteo	0.547
Simetría	0.177
Kurtosis	1.033
Media	Arena Muy Fina
Sorteo	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia Finos
Kurtosis	Mesocúrtica

Tabla VI. Estadística Múltiple Gradistat Noviembre. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Noviembre 2007, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

<i>MUESTRA</i>	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>F1</i>
Media (Φ)	2.993	0.815	3.445	3.066
Sorteo	0.478	1.450	0.769	0.520
Simetría	0.325	0.832	0.003	0.405
Kurtosis	1.138	0.890	2.019	1.111
Media	Arena Fina	Arena Gruesa	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Bueno	Pobre	Moderado	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia muy finos	Hacia muy finos	Simétrica	Hacia muy finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Platicúrtica	Muy Leptocúrtica	Leptocúrtica
<i>MUESTRA</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>	<i>G1</i>	<i>G2</i>
Media (Φ)	0.616	0.712	3.768	3.069
Sorteo	0.715	1.480	0.585	0.882
Simetría	-0.054	0.846	0.210	0.032
Kurtosis	0.818	1.382	0.993	0.910
Media	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Moderadamente bueno	Pobre	Moderadamente bueno	Moderado
Simetría	Simétrica	Hacia muy finos	Hacia finos	Simétrica
Kurtosis	Platicúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Mesocúrtica
<i>MUESTRA</i>	<i>G3</i>	<i>Costera-1</i>	<i>Costera-2</i>	<i>Costera-3</i>
Media (Φ)	0.848	3.050	2.817	2.896
Sorteo	0.730	0.448	0.342	0.395
Simetría	-0.378	0.058	0.197	0.391
Kurtosis	1.157	1.028	1.462	1.303
Media	Arena Gruesa	Arena Muy Fina	Arena Fina	Arena Fina
Sorteo	Moderado	Bueno	Muy bueno	Bueno
Simetría	Hacia muy gruesos	Simétrica	Hacia finos	Hacia finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica

Tabla VI.a. Estadística Múltiple Gradistat Noviembre. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Noviembre 2007, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

<i>MUESTRA</i>	<i>Costera-5</i>	<i>Costera-6</i>	<i>Costera-7</i>	<i>Costera-8</i>
Media (Φ)	3.217	3.423	3.050	2.904
Sorteo	0.600	0.487	0.519	0.638
Simetría	0.259	0.236	0.421	0.144
Kurtosis	0.940	1.325	1.136	1.269
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Fina
Sorteo	Moderadamente bueno	Bueno	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia muy finos	Hacia finos
Kurtosis	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica
MUESTRA	<i>Costera-9</i>	<i>Costera-10</i>	<i>Costera-11</i>	<i>Costera-13</i>
Media (Φ)	3.019	3.420	3.036	3.363
Sorteo	0.476	0.576	0.483	0.492
Simetría	0.356	0.141	0.392	0.117
Kurtosis	1.117	1.179	1.019	1.170
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Bueno	Moderadamente bueno	Bueno	Bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia muy finos	Hacia finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica
MUESTRA	<i>Costera-14</i>	<i>Costera-15</i>	<i>Costera-21</i>	<i>Costera-22</i>
Media (Φ)	3.255	3.217	2.857	0.921
Sorteo	0.563	0.600	0.521	1.604
Simetría	0.143	0.259	0.279	0.828
Kurtosis	0.988	0.940	1.989	0.745
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Fina	Arena Gruesa
Sorteo	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Pobre
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia finos	Hacia muy finos
Kurtosis	Mesocúrtico	Mesocúrtica	Muy Leptocúrtica	Platicúrtica
MUESTRA	<i>Costera-4</i>			
Media (Φ)	3.153			
Sorteo	0.634			
Simetría	0.404			
Kurtosis	0.995			
Media	Arena Muy Fina			
Sorteo	Moderadamente bueno			
Simetría	Hacia muy finos			
Kurtosis	Mesocúrtica			

Tabla VII. Estadística Múltiple Gradistat Marzo. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Marzo 2008, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

MUESTRA	E2	E3	F2	F3
Media (Φ)	2.704	2.661	3.429	2.019
Sorteo	1.421	1.700	1.226	1.527
Simetría	-0.267	-0.452	-0.162	-0.235
Kurtosis	1.141	1.030	1.559	1.057
Media	Arena Fina	Arena Fina	Arena Muy Fina	Arena Fina
Sorteo	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre
Simetría	Hacia gruesos	Hacia muy gruesos	Hacia gruesos	Hacia gruesos
Kurtosis	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Muy Leptocúrtico	Mesocúrtica
MUESTRA	G1	G3	Costera 1	Costera 3
Media (Φ)	3.847	1.263	2.999	2.987
Sorteo	0.582	0.862	0.451	0.444
Simetría	0.192	0.150	0.294	0.196
Kurtosis	0.980	3.282	1.046	1.003
Media	Arena Muy Fina	Arena Media	Arena Fina	Arena Fina
Sorteo	Moderadamente bueno	Moderado	Bueno	Bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia finos	Hacia finos
Kurtosis	Mesocúrtica	Extremadamente Leptocúrtica	Mesocúrtica	Mesocúrtica
MUESTRA	Costera 5	Costera 6	Costera 7	Costera 8
Media (Φ)	3.248	3.221	3.005	2.982
Sorteo	0.608	0.530	0.495	0.609
Simetría	0.262	0.180	0.415	0.243
Kurtosis	1.146	1.294	1.191	1.432
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Fina
Sorteo	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Bueno	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia muy finos	Hacia finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica
MUESTRA	Costera 9	Costera 10	Costera 11	Costera 13
Media (Φ)	3.298	3.211	3.291	3.314
Sorteo	0.581	0.508	0.681	0.561
Simetría	0.185	0.142	0.340	0.177
Kurtosis	1.151	1.188	0.977	1.257
Media	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno
Simetría	Hacia finos	Hacia finos	Hacia muy finos	Hacia finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica

Tabla VIII. Estadística Múltiple Gradistat Julio. Parámetros Texturales para muestras obtenidas en Julio 2008, de acuerdo a Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957).

MUESTRA	PC3	PC6	PC8	PC9
Media (Φ)	0.461	0.604	1.957	1.894
Sorteo	0.643	0.538	0.328	0.401
Simetría	0.174	-0.058	0.171	-0.002
Kurtosis	0.963	1.029	0.788	1.047
Media	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Media	Arena Media
Sorteo	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Muy bueno	Bueno
Simetría	Hacia finos	Simétrica	Hacia finos	Simétrica
Kurtosis	Mesocúrtica	Mesocúrtica	Platicúrtica	Mesocúrtica
MUESTRA	T1	T3	T5	T9
Media (Φ)	3.128	2.737	3.726	3.149
Sorteo	0.775	1.066	0.902	0.888
Simetría	0.222	-0.147	-0.208	0.226
Kurtosis	1.181	1.529	0.962	1.251
Media	Arena Muy Fina	Arena Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina
Sorteo	Moderado	Pobre	Moderado	Moderado
Simetría	Hacia finos	Hacia gruesos	Hacia gruesos	Hacia finos
Kurtosis	Leptocúrtica	Muy Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica
MUESTRA	T11	R1	R3	R6
Media (Φ)	2.020	1.702	2.074	1.729
Sorteo	0.715	0.643	0.880	0.670
Simetría	0.003	-0.021	0.204	0.020
Kurtosis	1.181	1.261	1.029	1.095
Media	Arena Fina	Arena Media	Arena Fina	Arena Media
Sorteo	Moderado	Moderadamente bueno	Moderado	Moderadamente bueno
Simetría	Simétrica	Simétrica	Hacia finos	Simétrica
Kurtosis	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Mesocúrtica
MUESTRA	R9	R11	C1-CA	C3-CA
Media (Φ)	1.842	1.819	2.714	2.400
Sorteo	0.794	0.878	0.880	0.679
Simetría	-0.005	-0.014	0.179	-0.148
Kurtosis	1.120	1.222	1.166	1.345
Media	Arena Media	Arena Media	Arena Fina	Arena Fina
Sorteo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderadamente bueno
Simetría	Simétrica	Simétrica	Hacia finos	Hacia gruesos
Kurtosis	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica

Anexo B

Tabla IX. Datos de Conteo. Conteo por puntos de acuerdo a Gazzi-Dickinson (1982).

	E1	E2	F2	G1	C1	C2	C3	C4
Qp (Φ)	33–33	12–42	26–35	21–38	22–21	0 -- 0	21–21	21–21
Qm	65–65	84–49	102–98	130–77	48–24	5 -- 0	96–96	72–72
Felde-k	34–34	35–25	9–5	10–13	31–15	7 -- 0	24–24	4–4
Plag	102–102	35–15	64–24	46–20	63–0	51 -- 0	42–42	72–72
Lv	0–0	7–0	01–0	01–0	71–150	135 -- 233	6–6	01–01
Ls	21–21	108–82	37–55	12–78	0–0	77 -- 67	3–3	22–22
Lm	02–02	0–0	0–0	7–0	60–77	15 -- 0	3–3	07–07
Opacos	02–02	0–5	4–3	01–0	01–0	0 -- 0	12–12	0–0
Densos	41–41	19–82	57-- 80	72–74	04–13	10 -- 0	93–93	101--101
	C6	C8	C9	C10	C14	C19	C21	C22
Qp (Φ)	32–32	4–4	29–57	8 -- 58	13–13	35–40	22–22	3–3
Qm	72–87	42–42	106–64	131 -- 60	62–62	143–81	90–90	66–66
Felde-k	26–15	07–07	21–15	13 -- 9	19–19	23–10	08–08	21–21
Plag	68–63	99–99	71–60	86 -- 78	121–121	45–43	58–58	42–42
Lv	0–0	0–0	05–0	5 -- 0	0–0	0–3	0–0	0–0
Ls	14–17	09–09	07–27	5 -- 31	25–25	20–50	36–36	96–96
Lm	01–0	04–04	03–0	2 -- 0	03–03	02–10	06–06	12–12
Opacos	8–0	12–12	0–14	2 -- 0	0–0	0–0	01–01	0–0
Densos	79-- 86	123–123	58--63	48 -- 64	57–57	32–63	79–79	60–60
	P1	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P10
Qp (Φ)	22–77	0–21	11–12	01–29	16–29	01–18	19–20	11–22
Qm	18–0	38–23	68–42	94–68	107–67	58–45	100–89	78–53
Felde-k	0–0	14–19	02–04	25–05	07–15	20–20	06–18	24–30
Plag	34–07	89–38	46–06	83–06	85–51	54–35	108–67	78–42
Lv	4–61	08–26	11–09	8–02	04–08	12–34	38–06	07–01
Ls	0–0	01–04	0–03	14–22	05–34	0–05	05–48	0–0
Lm	222–142	42–13	61–95	07–20	16–06	10–05	01–03	18–46
Opacos	0–0	13–65	37–63	30–48	20–15	49–45	0–04	05–01
Densos	0–13	95-- 91	64-- 66	38–100	40–80	96–93	23–45	79–105

Tabla IX.a. Datos de Conteo. Conteo por puntos de acuerdo a Gazzi-Dickinson (1982).

	P11	C1-CA	C3-CA	R1	R3	R6	R9	R11
Qp (Φ)	40–22	37–25	23–16	30–49	27–57	31–21	11–06	15–06
Qm	68–98	107–84	76–132	125–89	100–64	119–73	96–102	79–94
Felde-k	12–0	05–21	09–16	02–22	31–37	16–16	02–26	12–27
Plag	26–0	79–24	79–18	105–67	64–29	65–48	119–29	73–82
Lv	129–126	0–0	03–0	01–0	0–0	0–0	0–0	15–09
Ls	0–48	02–74	10–0	15–38	06–19	02–14	15–19	0–0
Lm	16–0	0–0	51–49	04–0	09–05	0–32	22–68	36–58
Opacos	0–0	14–10	07–06	01–0	0–07	02–05	0–0	01–0
Densos	9–6	56–62	42–63	17–35	63–82	65-- 91	35–50	69–24
	T1	T3	T5	T9	T11	PC3	PC6	PC8
Qp (Φ)	18–26	13–13	06–03	06–09	06–07	36–36	30–30	21–21
Qm	80–77	67–71	54–50	43–38	94–74	45–45	40–40	54–54
Felde-k	10–08	25–48	06–15	05–15	17–20	03–03	11–11	07–07
Plag	84–39	77–52	57–45	70–75	83–37	42–42	46–46	109–109
Lv	0–0	0–0	0–0	60–57	0–0	61–61	19–19	08–08
Ls	20–38	08–0	0–05	30–2	08–34	19–19	32–32	0–0
Lm	21–2	30–31	06–24	03–0	42–70	83–83	110–110	17–17
Opacos	02–01	0–0	0–0	01–0	03–03	0–0	0–0	14–14
Densos	65–109	80–85	171–158	82–104	47–55	11–11	12–12	70–70

Tabla X. Porcentajes Totales. Resultados totales en porcentajes del método de conteo por puntos de Gazzi-Dickinson, et al.1979.

	<i>Ft</i>	<i>Qt</i>	<i>Lt</i>	<i>Qm</i>	<i>Lv</i>	<i>Qp</i>	<i>Ls</i>	<i>Ft</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
R1	36	54	11	82	0	83	16	14	42	6
R3	36	55	9	79	0	86	14	17	29	21
R6	33	56	11	81	0	84	16	14	34	9
R9	34	42	24	77	0	63	37	13	40	7
R11	38	38	23	74	7	58	35	16	42	11
T1	33	48	19	75	17	59	24	16	41	6
T3	46	38	16	69	0	70	30	23	38	21
T5	45	42	13	64	0	76	24	28	45	9
T9	40	23	37	51	32	26	42	25	59	8
T11	32	37	31	73	0	54	46	14	37	11
P11	6	39	55	73	32	28	40	3	13	6
C1/CA	28	55	17	81	0	77	23	12	32	8
C3/CA	25	51	23	81	1	68	31	10	29	8
P1	7	20	73	18	11	19	70	7	69	0
P3	48	24	28	45	16	39	45	35	57	15
P4	16	36	48	63	6	40	54	9	31	4
P5	31	50	19	76	4	70	27	15	32	11
P6	35	49	16	77	4	72	24	16	41	7
P8	41	38	21	63	20	52	28	25	38	17
P9	38	43	19	77	12	61	27	15	45	6
P10	42	40	18	69	3	67	30	22	39	18
C1	19	20	62	47	32	17	52	12	35	25
C2	10	1	89	5	41	1	59	9	81	11
C3	34	60	6	83	4	87	9	15	26	15
C4	38	47	15	73	1	75	24	19	49	3
C6	40	52	7	77	0	87	13	19	40	12
C8	64	28	8	54	0	78	22	41	67	5
C9	36	55	9	79	2	84	14	17	39	11
C10	38	53	9	80	2	84	14	16	44	6
C14	58	31	12	64	0	73	27	30	60	9
C19	24	59	17	85	1	77	22	9	26	10
C21	30	51	19	79	0	73	27	13	37	5
C22	26	29	45	65	0	39	61	13	33	16
E1	53	38	9	68	0	81	19	28	51	17
E2	22	38	40	68	2	48	50	11	21	25
F2	22	57	20	82	0	74	26	9	29	5
G1	20	59	22	83	0	73	27	8	22	8
PC3	16	28	56	56	20	27	53	10	47	3
PC6	20	24	56	51	8	28	64	13	47	11
PC8	54	35	12	62	7	69	23	31	64	4