



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Caracterización de arenas de  
playas en Baja California  
Sur, México**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Geóloga**

**P R E S E N T A**

Gabriela Campirano Aguilar

**DIRECTOR DE TESIS**

Dra. Mayumy Amparo Cabrera Ramírez



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos.**

Agradezco a la Dra. Mayumy Amparo Cabrera Ramírez quién me invitó a participar en el proyecto PAPIME PE106016, “Análisis y clasificación de rocas y sedimentos obtenidos a partir de la exploración y muestreo de ambientes sedimentarios con la finalidad de crear guías de aprendizaje y prácticas de campo aplicadas a las ciencias de la Tierra”. El cuál es el seno de esta investigación.

Mis agradecimientos a mi directora de tesis Dra. Mayumy Amparo Cabrera Ramírez y los sinodales Dr. Arturo Carranza Edwards, Dr. Enrique Alejandro González Torres, M.C Emiliano Campos Madrigal e Ing. Alfredo Victoria Morales.

Agradezco al Instituto de Geología por haberme permitido utilizar sus instalaciones, a los químicos Dr. José Luis Arce Saldaña, Patricia Girón García, a los técnicos Santiago Avilés del Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X del Instituto de Geología, Ricardo Martínez Domínguez y al M. en C. Eduardo Morales de la Garza del Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Agradezco a mis padres Martha y Gerardo, a mi hermana Evelyn quienes siempre han sido una inspiración para mí, y a todas las personas que estuvieron apoyándome en todo momento, gracias.

## Índice.

### Contenido

1.	Generalidades.	1
1.1	Introducción.	1
1.2	Localización del área de estudio.	2
1.3	Vías de acceso.	5
1.4	Fisiografía.	6
1.5	Geología.	8
1.6	Antecedentes	11
1.7	Objetivos	11
1.7.1	Objetivo general	11
1.7.2	Objetivo Particular	11
2	Metodología	12
1.7	Trabajo de Campo	12
2.1	Descripción de las unidades visitadas	17
2.1.1	Formación Trinidad.	18
2.1.2	Formación Refugio.	20
2.1.3	Formación Los Barriles.	22
2.1.4	Grupo Comondú	23
3	Sedimentología.	26
3.1	Colección de muestras.	26
3.2	Lavado y secado de muestras.	26
3.3	Tamizado de muestras	27
3.4	Recolección de datos	28
3.5	Análisis de datos	29
3.6	Clasificación de las muestras de acuerdo a sus parámetros estadísticos.	30
3.7	Parámetros sedimentológicos de las playas.	33
3.7.1	Playa Balandra.	33
3.7.2	Playa Cerritos	36
3.7.3	Playa El Balcón	38
3.7.4	Playa Elías Calles.	40

3.7.5	Playa Ensenada Grande.....	42
3.7.6	Playa Ensueño .....	45
3.7.7	Playa Los barriles.....	47
3.7.8	Playa Migriño.....	50
3.7.9	Playa San Gabriel.....	52
3.7.10	Playa Solmar.....	53
3.7.11	Playa Tecolote .....	54
3.7.12	Playa Todos Santos.....	56
3.8	Parámetros sedimentológicos de las muestras obtenidas mediante buceo. ....	59
3.8.1	Buceo 1 Playa Bonanza.....	59
3.8.2	Buceo 2 Paileboat.....	61
3.8.3	Buceo 3 (Lobera) .....	62
3.9	Parámetros sedimentológicos de las muestras obtenidas en dunas.....	63
3.9.1	Muestreo en Duna “Migriño 1” .....	63
3.10	Parámetros sedimentológicos de la muestra obtenidas en laguna.....	64
3.10.1	Muestreo Laguna “La Poza.....	64
3.11	Parámetros sedimentológicos de la muestra obtenida en afloramiento. ....	65
3.11.1	La Trinidad 1.....	65
4	Análisis Petrográfico.....	67
4.1	Fotos de láminas delgadas.....	72
4.1.1	Playa Balandra .....	72
4.1.2	Playa Cerritos .....	72
4.1.3	Playa El Balcón.....	73
4.1.4	Playa Elías Calles.....	73
4.1.5	Playa Ensenada Grande.....	73
4.1.6	Playa Ensueño .....	74
4.1.7	Playa Los Barriles.....	74
4.1.8	Playa Migriño.....	74
4.1.9	Playa San Gabriel.....	75
4.1.10	Paya Solmar .....	75
4.1.11	Playa Tecolote .....	75
4.1.12	Buceo 1.....	76

4.1.13	Buceo 2.....	76
4.1.14	Buceo 3.....	76
4.1.15	Dunas Migriño-1.....	77
4.1.16	Formación Trinidad .....	77
4.1.17	Formación Trinidad - Arenisca .....	77
4.1.18	Laguna La Poza .....	78
5	Geoquímica .....	79
5.1	Fluorescencia de Rayos X .....	79
5.2	Elementos mayores.....	81
5.3	Elementos traza.....	82
5.4	Resultados de Análisis .....	84
6	Conclusiones.....	93
7	Bibliografía. ....	95

## **Resumen.**

El presente proyecto detalla aspectos físicos como la descripción de muestras de mano, análisis sedimentológicos y petrográficos correspondientes a algunas playas de Baja California Sur. Aspectos químicos para conocer los elementos mayores y elementos traza que están presentes en los sedimentos de las playas ya mencionadas.

Se colectaron muestras de mano correspondientes a diversas formaciones geológicas de edades del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno, las cuales constituyen parte del registro geológico de la península de Baja California. De igual forma se colectaron y analizaron muestras de arenas de las cuales doce corresponden a arenas de playa, tres a arenas obtenidas mediante buceo a diferentes profundidades, una muestra de arenas obtenida en dunas y una muestra obtenida de arenas en laguna. Las muestras de arenas fueron colectadas de las tres subzonas subzonas las cuales son infraplaya, mesoplaya y supraplaya.

Los análisis geoquímicos son de gran importancia, por lo que en este proyecto se utilizaron para determinar anomalías en los componentes de arenas de playa.

## **Abstract**

This Project details physical aspects as hand samples description, sedimentologic analysis, petrographic analyzes corresponding to Baja California Sur beaches. Chemical aspects wich help to know major elements and trace elements that are present in the beaches already mentioned.

Hand samples were collected corresponding to various geological formations inside of Miocene age, Pliocene and Pleistocene, wich conforms the peninsula of Baja California. In the same way, sand samples were collected and analyzed, twelve correspod to beach sand, three to sand samples obtained by dive to different depths, one sample of sands obtained in dunes and a sample obtained from lagoon sands. These sand samples were collected from three subzones wich are inshore, foreshore and backshore.

Geochemical analyzes are of great importanse, reason why in this project they were used to determine anomalies in beach sands components.

# **1. Generalidades.**

## **1.1 Introducción.**

Los estudios sedimentológicos en las zonas de litoral son importantes, debido a que las playas son ambientes sensitivos y usualmente están en equilibrio dinámico. Existe una interacción entre diversos factores como las corrientes oceánicas, las olas, el tectonismo y la sedimentación por mencionar algunas.

La composición de las arenas y el tamaño de grano son parcialmente dependientes de cuánto tiempo la costa ha sido sometida a erosión, a procesos de transporte y a los tipos de litología y relieve de las fuentes de origen (Carranza et al., 1998). Siendo las últimas dos características dominadas por el tectonismo.

Factores como el clima, la historia geológica, los procesos tectónicos y las fuentes de aporte desempeñan un papel importante en los procesos físicos, los cuales determinan la composición de las arenas de playa (Ingersoll, 1986).

Ecológicamente la importancia de las playas de Baja California Sur radica en la abundancia de especies tales como: la ballena azul, ballena gris, ballena jorobada, orcas, cachalotes, tortuga golfina, tortuga Jabalina y lobo marino de california por mencionar algunos.

Los cambios climáticos ocurridos durante el periodo Neógeno en especial durante las glaciaciones indujeron modificaciones en la distribución de la flora y fauna. Provocando la inmigración y emigración de diversas especies. Por lo cual dichos cambios están estrechamente relacionados con el origen de la fauna de Baja California Sur.

El turismo es una de las actividades económicas de gran importancia con la que puede contar una región. Los ingresos por turismo en México son inferiores a los de otros países de acuerdo con datos de la Organización Mundial de Turismo (OMT). En 2015 México registró 29.1 millones de turistas, número con el cual se logró ubicar en el 10° lugar de las naciones unidas más visitadas, pero se colocó entre los lugares 20 y 25 en cuanto a gasto por turistas internacionales, de manera preliminar (Reyna, 2015).

Las playas de Baja California Sur son de las más populares para visitar. Al término de 2016 se espera que el sector turístico en la ciudad de Los Cabos tenga una ocupación aproximada del 95%, esperando elevar esta cifra para el siguiente año. Las islas del Mar de Cortés son consideradas como "Patrimonio Mundial" por la UNESCO.

## 1.2 Localización del área de estudio.

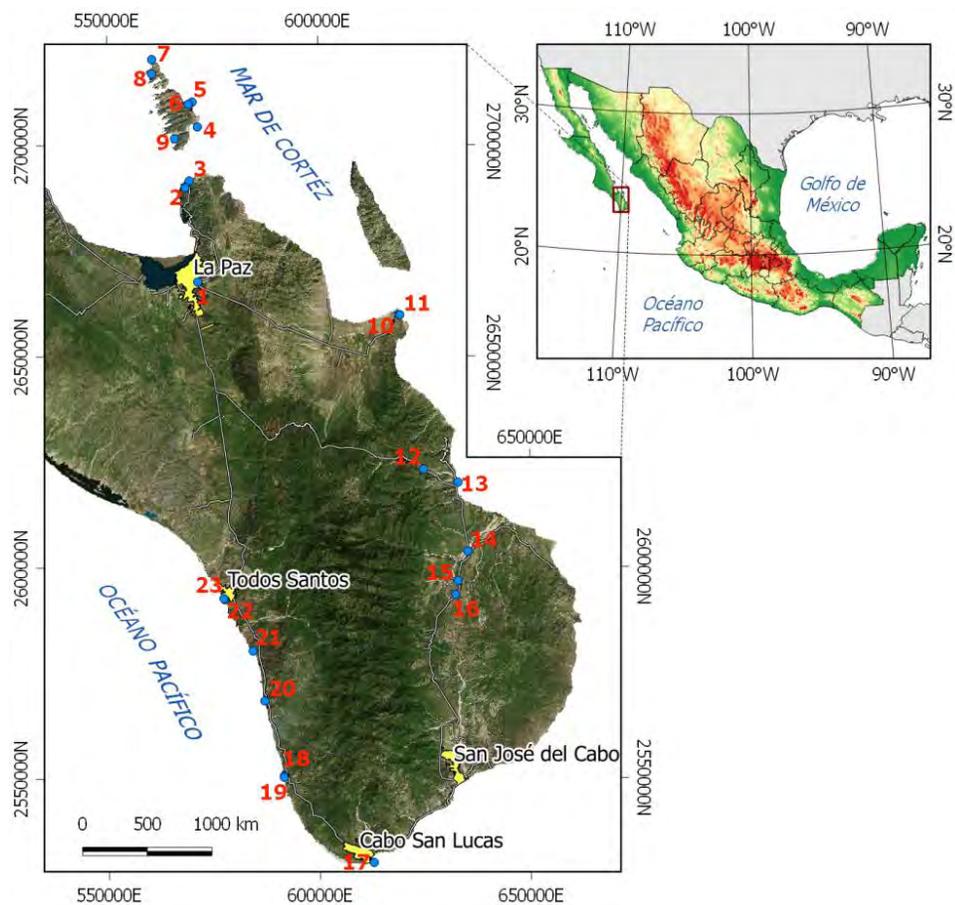


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio y numerados los puntos muestreados correspondientes al área visitada (Modificado de Google Earth 2016).

La zona de estudio se localiza en la península de Baja California Sur, la cual se localiza en el extremo noroccidental de la República Mexicana. Limita al norte con el estado de Baja California Norte, al este con el Mar de Cortés y Sonora y al oeste con el Océano Pacífico.

La ubicación de las diferentes localidades visitadas se muestra en la figura 1, dicha área se localiza entre las coordenadas 22° 48' latitud N, 110°42' longitud W y 24°35' latitud N, 109°10' longitud W.

Se visitaron ciertas áreas específicas como La Paz, Todos Santos, Cabo San Lucas y San José del Cabo. Como puede observarse la Península de Baja California Sur está rodeada por el Mar de Cortés, y el Océano Pacífico.

La isla Espíritu Santo también fue objeto de estudio, se colectaron arenas de playa y arenas mediante buceo. Dicha isla se localiza entre las coordenadas 24°24' Latitud N, 110°25' longitud W y 24° 35' latitud N, 110° 26' longitud W. La figura 2 muestra la localización de la isla Espíritu Santo, así como el muestreo realizado en la misma.

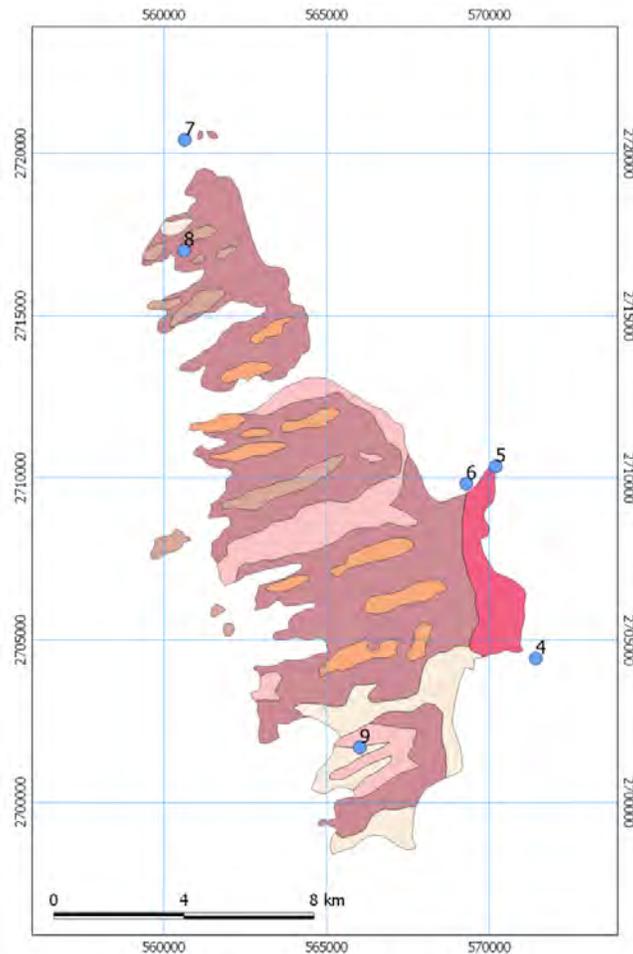


Figura 2. Localización de la Isla Espíritu Santo numeración correspondientes a las zonas visitadas (Modificado de SGM 2002).

En la Tabla 1 se muestran las zonas visitadas, la formación correspondiente, coordenadas y litología observada. Para las muestras recolectadas en playa la litología se obtuvo a partir de análisis sedimentológico.

Tabla 1. Localización de las muestras por numeración y coordenadas así como la litología observada.

NO.	NOMBRE	FORMACIÓN	COORDENADAS		ALTURA (m)	TEXTURA
1	Comondú	Comondú	110°17.851' O	24°07.211' N	53	Arenisca conglomerática
2	Balandra	Playa	110°19.505' O	24°19.312' N	15	Arena media
3	Tecolote	Playa	110°18.916' O	24°20.198' N	41	Arena fina
4	Buceo 1	Bonanza	110°17.707' O	24°27.109' N	-18	Arena gruesa
5	Buceo 2	Paileboat	110°18.420' O	24°30.318' N	1	Arena muy gruesa
6	Playa Paileboat	Playa	110°18.957' O	24°30.034' N	-18	Clastos ígneos.
7	Buceo 3	Los Islotes	110°24.057' O	24°35.803' N	-15	Arena muy gruesa
8	Ensenada Grande	Playa	110°24.078' O	24°33.952' N	4	Arena media a muy gruesa
9	San Gabriel	Playa	110°20.918' O	24°25.637' N	11	Arena media
10	Ensueño	Formación	109°49.633' O	24°02.743' N	10	Arenisca fósil
11	Ensueño	Playa	109°49.611' O	24°02.753' N	8	Grava fina -arena media
12	Ensueño	Los Barriles	109°46.537' O	23° 42.911' N	185	Arenisca conglomerática
13	Los Barriles	Playa	109°41.735' O	23°41.186' N	6	Arena gruesa a muy gruesa
14	Trinidad	Trinidad	109°40.488' O	23°32.304' N	67	Limolitas-lutitas
15	Refugio 1	Refugio	109°41.920' O	23°28.534' N	197	Areniscas
16	Refugio 2	Refugio	109°42.264' O	23°26.780' N	197	Areniscas -Limolitas
17	Solmar	Playa	109°54.025' O	22°52.492' N	5	Arenisca
18	Migriño 1	Dunas	110°06.361' O	23°03.738' N	16	Arena media
19	Migriño 2	Playa	110°06.394' O	23°03.548' N	11	Arena media
20	Elías Calles	Playa	110°08.991' O	23° 13.362' N	9	Arena media a gruesa
21	Cerritos	Playa	110°10.566' O	23°19.792' N	3	Arena fina a media
22	La Poza	Laguna	110°14.415' O	23°26.402' N	7	Arena gruesa
23	Todos Santos	Playa	110°14.550' O	23°26.549' N	10	Arena gruesa a media

### 1.3 Vías de acceso.

Las principales vías de acceso a las playas visitadas y a las formaciones rocosas, radica en tres rutas las cuales se muestran en la figura 3. El punto de partida para las tres rutas será La Paz, capital de Baja California Sur. A lo largo de esta ruta podrán visitarse las siguientes playas: playa Balandra, playa Tecolote, playa Paileboat, playa Ensenada Grande y la playa San Gabriel, así como las localidades en que se realizaron los buceos 1, 2 y 3

Primera ruta: Se tomará la avenida Isabel La Católica dirección noreste, hasta entroncar con la avenida Calle 5 de Mayo con la que se podrá acceder a la Carretera Federal 11 dirección noreste y tomar la desviación a la carretera Baja California Sur La Paz- El Tecolote, al terminar el recorrido por la carretera nos encontraremos en la playa El tecolote, donde se abordará transporte de embarcación, para llegar a las islas Espíritu Santo y la Isla Partida.

Segunda ruta: Se tomará la avenida Blvd. Forjadores de Sudcalifornia dirección sur, hasta incorporarse a la Carretera Federal Todos Santos - Cabo San Lucas. A lo largo de esta ruta podrán visitarse los siguientes puntos: Arco Cabo San Lucas, Migriño 1, Migriño 2, Elías Calles, Cerritos, La Poza y Todos Santos.

Tercera ruta: Se tomará la avenida Blvd Forjadores de Sudcalifornia dirección sur, hasta incorporarse con la Carretera Federal 19 también conocida como Carretera Transpeninsular La Paz-San José del Cabo. A lo largo de esta ruta podrán visitarse los siguientes puntos: Los Barriles, Trinidad 1, Refugio 1, y Refugio 2.

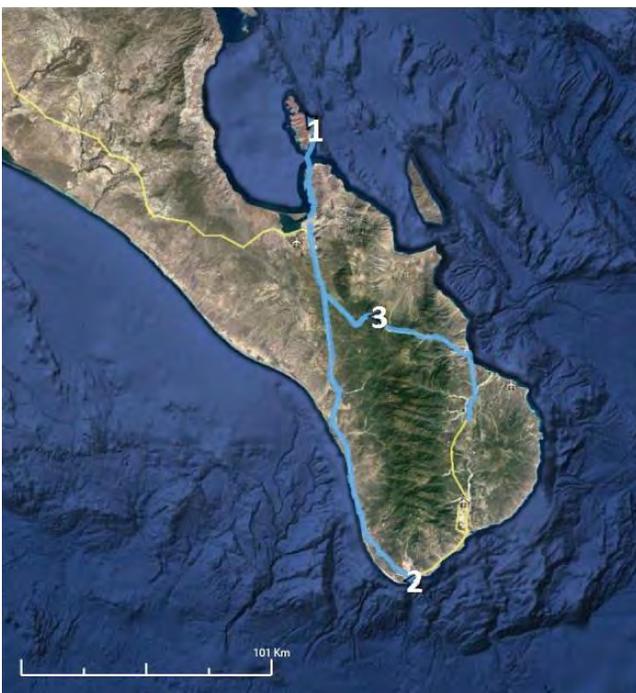


Figura 3. Vías de acceso a las zonas visitadas (Modificado de Google Earth 2016).

## 1.4 Fisiografía.

El Estado de Baja California Sur presenta diversos rasgos fisiográficos, al centro de la entidad se observa una orografía constituida por sierras y mesetas de gran altura. (Figura 4).

El carácter volcanoclástico de las rocas que constituyen las serranías infieren al terreno una topografía caracterizada hacia su porción central por mesetas alargadas con cantiles verticales disectados debido a la erosión de los arroyos.

Hacia el flanco oriental se presenta una topografía abrupta con cantiles mayores a los 200m con arroyos que drenan hacia la vertiente del Golfo de California y hacia su flanco occidental una topografía más suave la cual está conformada por mesetas alargadas, igualmente cortadas por arroyos que drenan hacia la vertiente del Océano Pacífico.

Baja California Sur forma parte de la provincia fisiográfica llamada “Península de Baja California”, la cual se divide en cuatro subprovincias descritas a continuación (Ruiz Campos y otros, 2010):

### **Desierto de San Sebastián Vizcaíno**

Localizado al noroeste del estado, hacia el norte limita con la Sierra de La Giganta, al oeste y sur con el Océano Pacífico. Es una llanura desértica, conformada por dunas y piso rocoso o cementado.

### **Sierra la Giganta**

Localizada casi en su totalidad dentro del estado, ya que comparte una pequeña porción con Baja California. La Sierra La Giganta forma parte de la Cordillera Peninsular y dominan las sierras con altas mesetas por el lado de la costa del Golfo de California, y en el occidente, mesetas basálticas con cañadas.

### **Discontinuidad Llanos de la Magdalena**

Distribuida en la porción central y suroeste del estado, las plataformas más sobresalientes consisten de llanuras comúnmente con desarrollo de dunas y suelos residuales. El límite oeste de esta subprovincia consiste en una serie de barras arenosas costeras. Hacia el este la topografía que conforma los Llanos de Magdalena aumenta en elevación progresivamente hacia la frontera con la subprovincia de la Sierra La Giganta.

### **Del Cabo**

Es un conjunto de sierras, las cuales se extienden de norte a sur. Se caracteriza por sierras y lomeríos que drenan hacia el Pacífico.

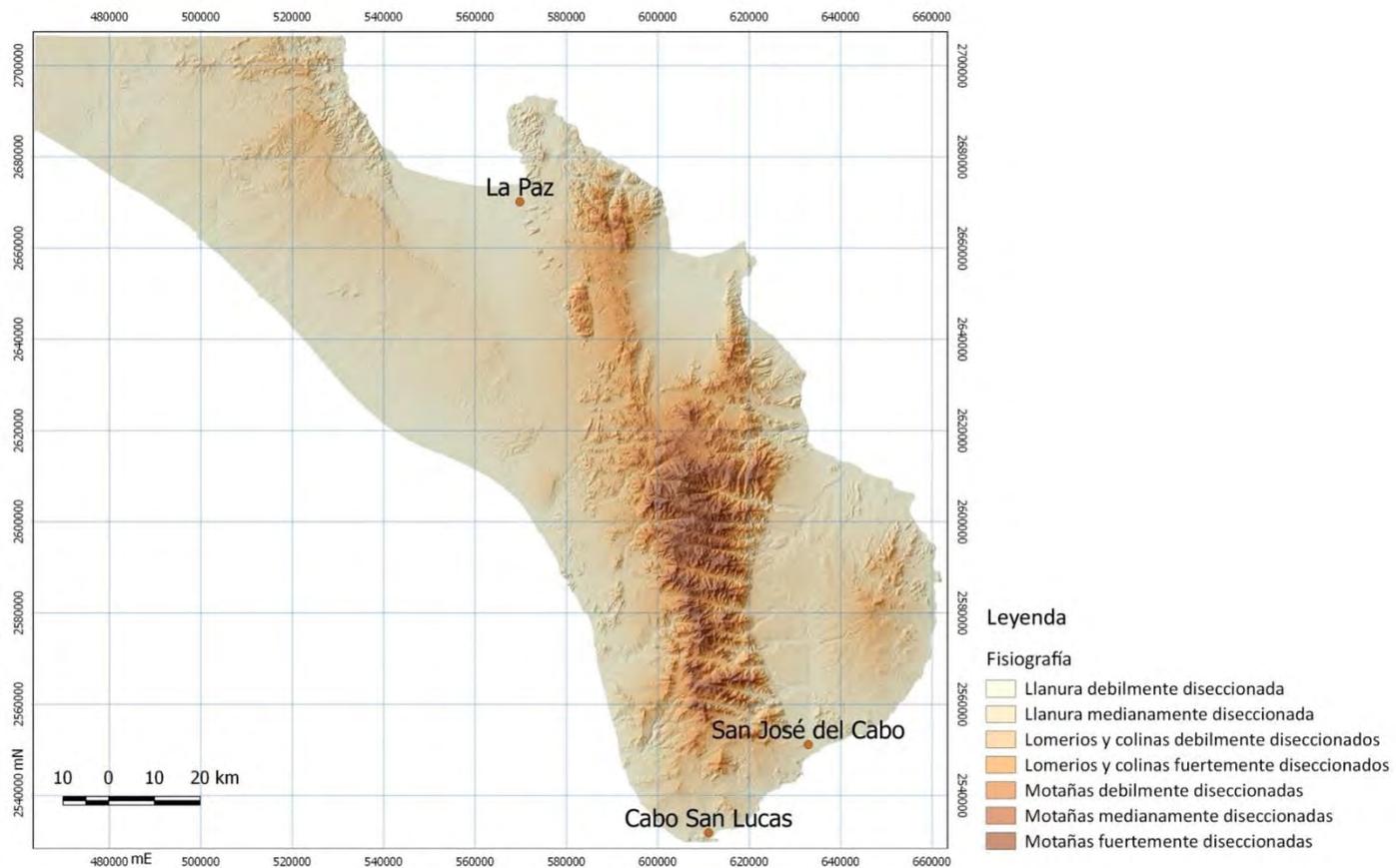


Figura 4. Modelo fisiográfico de la península de Baja California Sur (Modificado INEGI 2017).

## 1.5 Geología.

La geología de la península de Baja California Sur cuya longitud es de 1,300 km está influenciada altamente por los procesos ocurridos desde el Mesozoico al Reciente. El margen oeste de México se caracterizó por un límite convergente durante el Cretácico hasta el Mioceno.

La interacción de la extinta placa Farallón y la placa Norteamericana formó un arco volcánico (Atwater, 1970). Con este arco magmático se generaron los cuerpos graníticos cretácicos aflorantes en la península de Baja California (Schaaf et al., 2000; Venzor, 2013).

Actualmente la península de Baja California está siendo separada del continente desde el Mioceno, la primera apertura se ha dado en dos etapas extensionales principales: ortogonal y transtensional (Stock, 1989; Fletcher, 2007)

La descripción geológica de Baja California (Figura 5) puede describirse en la siguiente agrupación, considerando la cartografía geológica del Servicio Geológico Mexicano.

1.- Andesitas, riolitas y basaltos asociados con sus correspondientes rocas piroclásticas, las cuales están muy extendidas en la parte central de la sierra peninsular en la que ocupan el 42.2% superficial.

2.- Areniscas, lutitas y calizas del cretácico los cuales ocupan el 6.1% de la superficie de la sierra peninsular.

3.- Esquistos, gneises, cuarcitas y rocas metamórficas asociadas con granitos, granodioritas, dioritas y monzonitas cortadas por diques periodotíticos, gabróticos, pegmatíticos y de serpentinita. Estas rocas afloran en el 57.6% de la superficie de la sierra Peninsular.

4.- Rocas Sedimentarias continentales y marinas del Terciario al Cuaternario consistentes en lutitas, margas, areniscas, conglomerados y arcillas. Se encuentran principalmente en la planicie costera del Pacífico ocupando el 25.2% del área peninsular.

Al sur de la península de Baja California se localiza la cuenca San José del Cabo. El estudio de dicha cuenca radica en conocer la evolución de la parte Sur de la Península incluyendo también al Golfo de California.

La cuenca de San José del Cabo forma parte de la provincia Extensional del Golfo de California (Stock, 1989) y su evolución inició en el Mioceno tardío (Fletcher, 2000).

La cuenca San José del Cabo tiene una estructura de medio graben (Martínez-Gutiérrez y Sethi, 1997; McTeague y otros, 2005; McTeague, 2006; Schwennicke y otros, 2008; Piña, 2010; Busch y otros, 2011 y su relleno sedimentario alcanza un espesor de ~ 1.6 km en el centro de la cuenca (Busch y otros, 2011). El origen de la cuenca ha sido relacionado con la apertura del

golfo de California (McCloy, 1984; Martínez, 1997; McTeague y otros, 2005; Schwennicke y Umhoefer, 2008; Piña-Arce, 2010).

El relleno de la cuenca consiste de varias formaciones (Figura 6) las cuales fueron identificadas y definidas formalmente por Martínez-Gutiérrez y Sethi (1997).

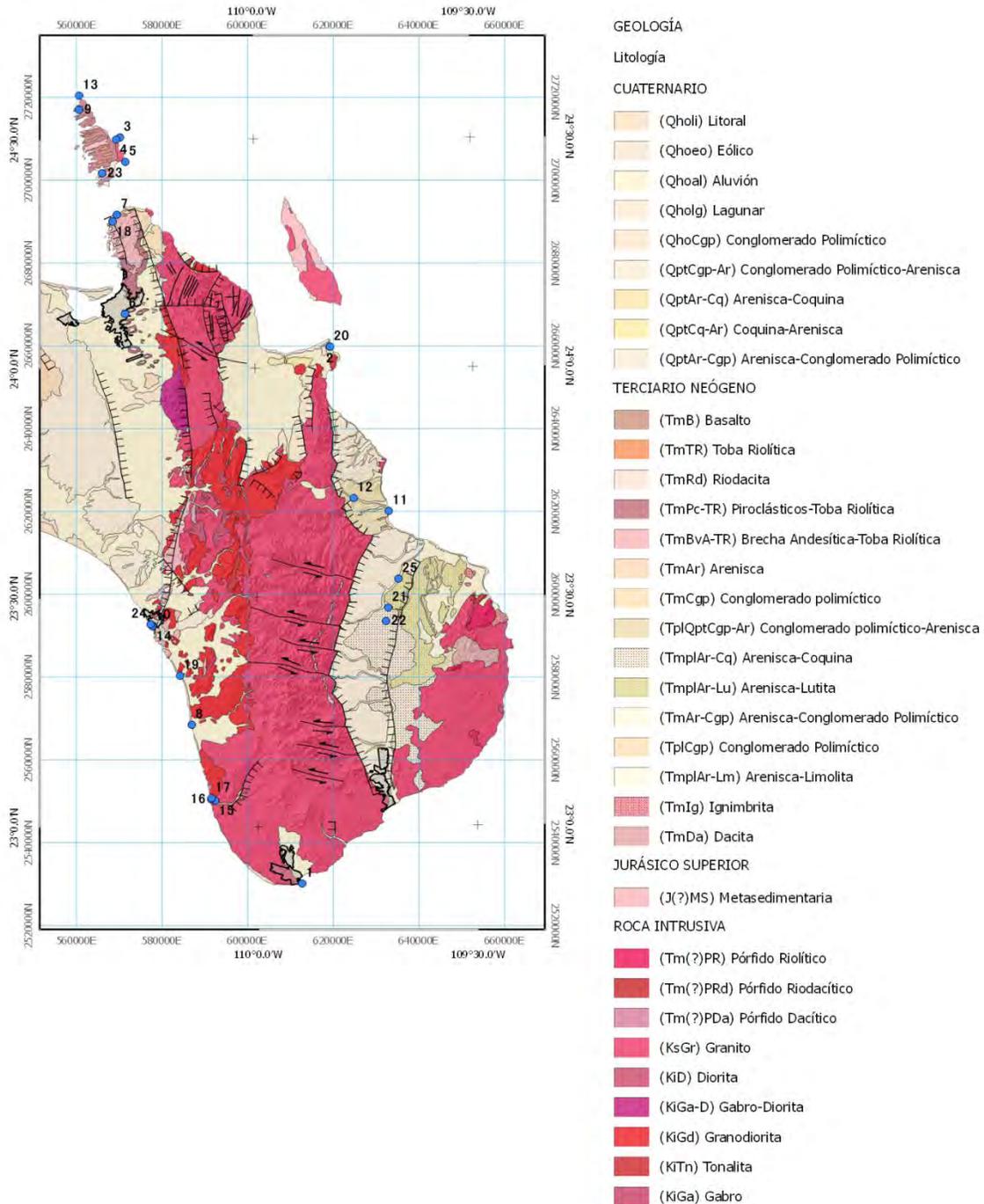


Figura 5. Geología regional de la península de Baja California Sur (Modificado de SGM 2002).

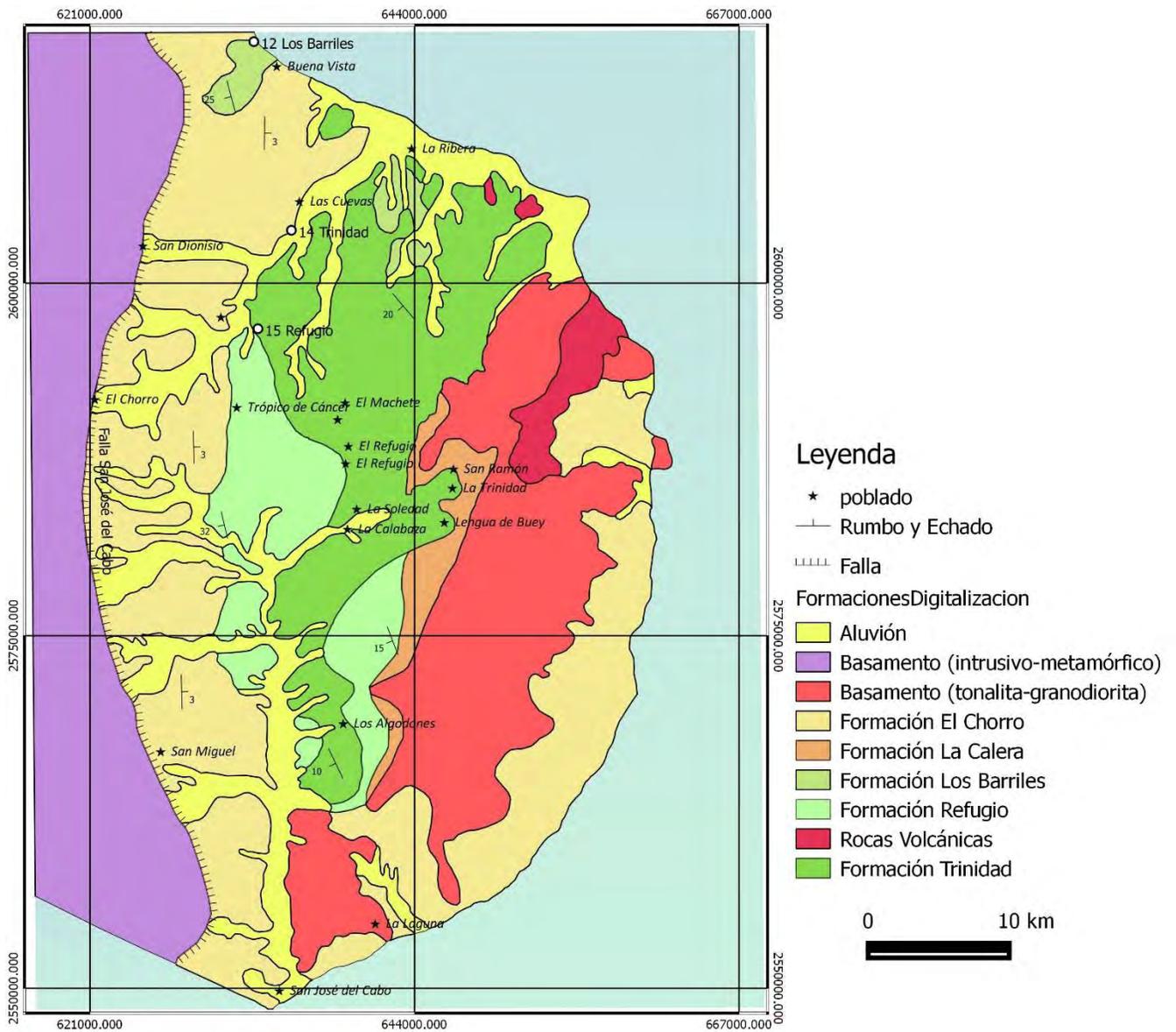


Figura 6. Localización de la cuenca San José del Cabo (CSJC) en el sur de la península de Baja California y mapa geológico de la CSJC (Basado en Martínez-Gutiérrez y Sethi, 1997; McTeague, 2006).

## 1.6 Antecedentes

Estudios anteriores sobre las playas de Baja California Sur señalan la existencia de contaminación; ejemplo de esto son los estudios realizados por el investigador titular de ecología y Manejo de Ecosistemas Costeros del Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste (Cibnor) José Alfredo Arreola Lizárraga, quien advirtió que el mar de Cortés desde hace varios años sufre los efectos debido a la contaminación. En dicha zona existen daños que tal vez podrían ser irreparables como la falta de oxígeno y modificación en las cadenas alimenticias. (BCS Noticias, 2014)

Debido a los aportes científicos de los últimos cinco años, se tomó importancia a controlar el exceso de nitrógeno que presenta el Golfo de California; además se localizaron metales pesados en especies marinas, factores como la sobrepesca y los asentamientos humanos en la franja costera son un problema para las zonas marinas de Baja California.

Uno de los principales medios de contaminación en el mar es el de descargas de residuales. Los monitoreos constantes, la evaluación de los recursos, así como la determinación de posibles focos de contaminación, son medidas con las que se puede diferenciar a largo plazo los cambios naturales del sistema y sus recursos bióticos de los cambios inducidos por el hombre (Yañez, 1984).

## 1.7 Objetivos

### 1.7.1 Objetivo general

Establecer los parámetros sedimentológicos, la composición mineralógica y la composición química de la fracción arenosa de doce playas ubicadas en las costas de Baja California Sur, tres muestras obtenidas mediante buceo en las proximidades de las islas Espíritu Santo e Isla La Partida, muestra de arenas del ambiente de duna, otra de laguna y muestras rocosas de la Formación Trinidad, valorar las posibles implicaciones ambientales relacionadas con el hábitat de los organismos.

### 1.7.2 Objetivo Particular

Determinar los parámetros sedimentológicos de todas las muestras obtenidas de arenas obtenidas en Baja California Sur.

Determinar la composición mineralógica de los sedimentos de las muestras mencionadas anteriormente.

Determinar la composición química de los sedimentos de las muestras mencionadas anteriormente

Valorar las posibles implicaciones ambientales.

## 2 Metodología

### 1.7 Trabajo de Campo

Se recolectaron muestras de arena de las tres zonas de playa (infraplaya, mesoplaya y supraplaya) correspondientes a las costas de Baja California Sur (Figuras 8-15), El muestreo se realizó en las siguientes playas: Playa Balandra, Playa Cerritos, Playa El balcón, Playa Elías Calles, Playa Ensenada Grande, Playa Ensueño, Playa Los Barriles, Playa Migriño, Playa San Gabriel, Playa Solmar, Playa Tecolote y Playa Todos Santos. El muestreo se realizó con ayuda de una pala y se colectó hasta una profundidad de 5cm. También se realizó un muestreo mediante buceo (Figuras 17-22). El buceo 1 y 2 se realizaron en las cercanías de la Isla Espíritu Santo, el buceo 1 tuvo una profundidad de 18m y se realizó en las cercanías de la playa Bonanza, el buceo 3 se realizó en las cercanías de la Isla La Partida con una profundidad de 15m.

También se realizaron muestreos de arenas en diferentes lugares, como el muestreo realizado en dunas, las cuales se localizan cerca de la localidad Migriño (Figura 23), arenas de la laguna La Poza (Figura 24), la cual se localiza en las cercanías del poblado Todos Santos y por último áreas correspondientes a la Formación Trinidad.

Así mismo se visitaron diversas formaciones de las cuales se obtuvo muestra de mano y una descripción breve de la misma. La carta de colores utilizada para la descripción de las muestras fue la propuesta por Munsell, 2009.

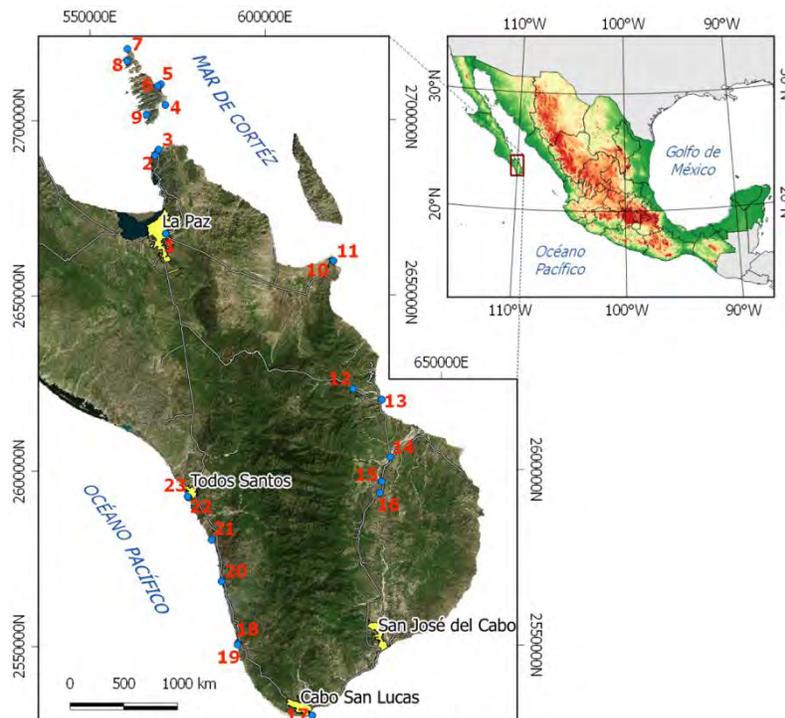


Figura 7. Puntos 21, 20, 8, 11, 13, 19, 23 correspondientes a las playas Cerritos, Elías Calles, Ensenada Grande, Ensueño, Los Barriles, Migriño y Todos Santos (Modificado de Google Earth 2016).



Figura 8. Playa Cerritos.



Figura 9. Playa Elías Calles.



Figura 10. Playa Ensenada Grande.



Figura 11. Playa Ensueño.



Figura 12. Playa Los Barriles.



Figura 13. Playa Migriño.



Figura 14. Playa Solmar.



Figura 15. Playa Todos Santos.

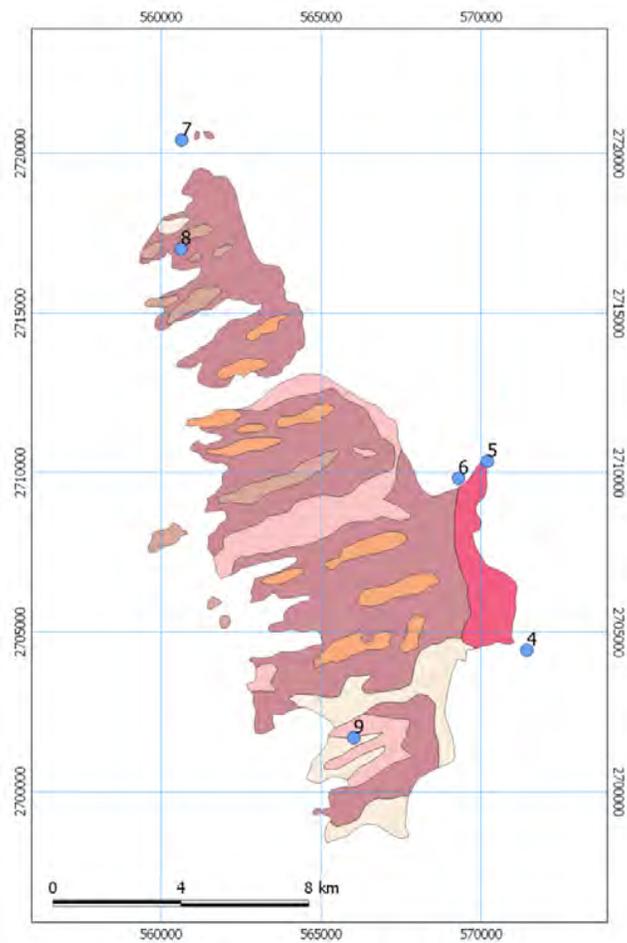


Figura 16. Islas Espíritu Santo y la Partida. Puntos 4, 5 y 7 correspondientes a los buceos uno, dos y tres (Modificado de SGM 2002).

Muestreo mediante buceo.



Figura 17. Muestreo mediante buceo, en las cercanías de playa Bonanza.



Figura 18. Playa Bonanza, correspondiente al buceo 1.



Figura 19. Muestreo mediante buceo, en las cercanías de Paileboat.



Figura 20. Paileboat, cercanías al buceo 2.



Figura 21. Muestreo mediante buceo en las cercanías de Isla Espíritu Santo.



Figura 22. Islotes, correspondiente al buceo 3.



Figura 23. Muestreo en Duna, en la localidad Migriño.



Figura 24. Muestreo en laguna La Poza.

## 2.1 Descripción de las unidades visitadas

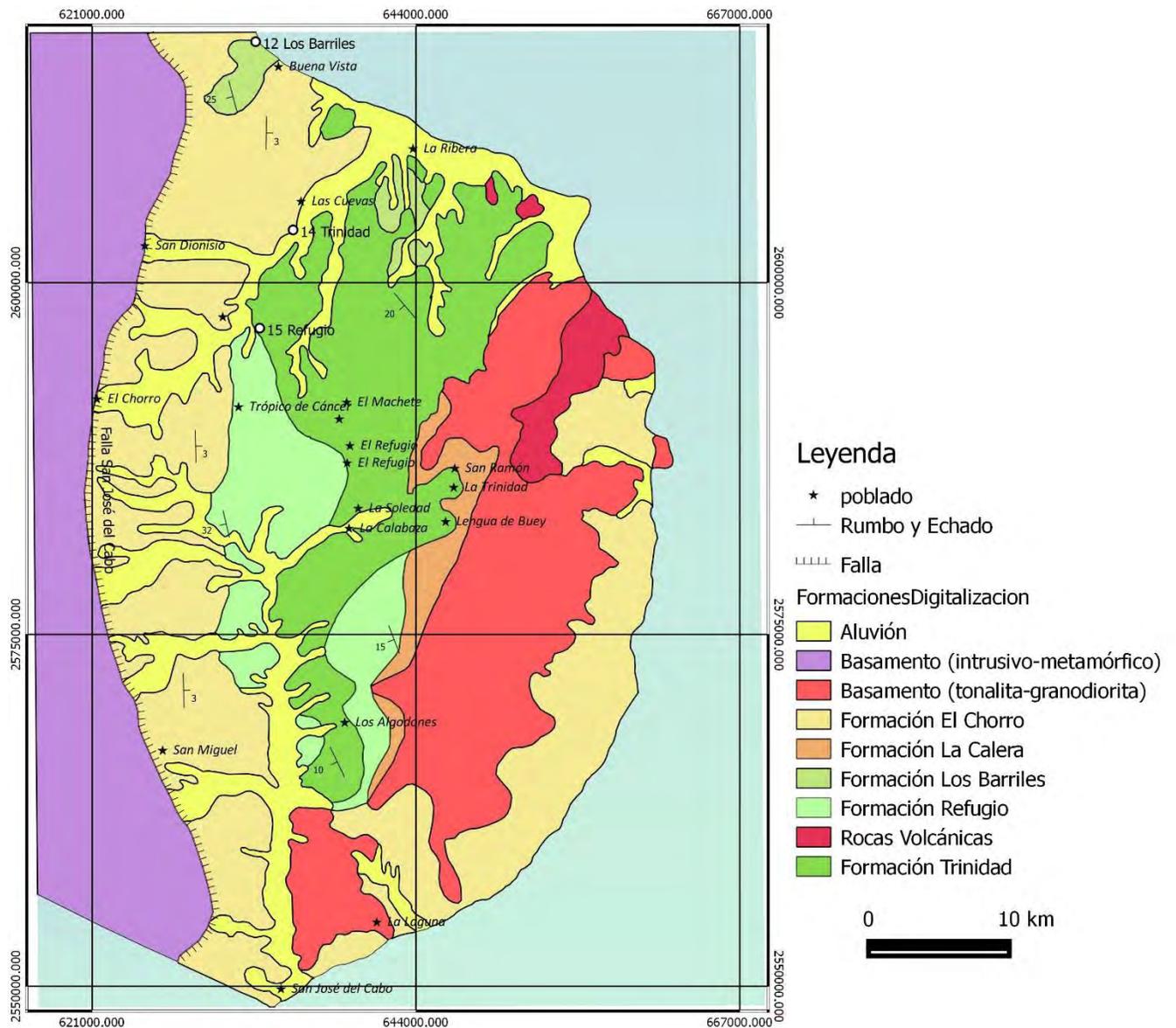


Figura 25. Localización de la cuenca San José del Cabo (CSJC) en el sur de la península de Baja California y mapa geológico de la CSJC (Basado en Martínez-Gutiérrez y Sethi, 1997; McTeague, 2006).

### 2.1.1 Formación Trinidad.

**Coordenadas: 109°40.488'O / 23°32.304'N (WGS84)**

Características:

Su espesor máximo se estima en 400m, consiste de manera general en lutita laminada y no laminada y arenisca (Figura 26). En algunas zonas marginales de la cuenca el espesor de la Formación Trinidad es menor de 100m (Piña-Arce, 2010). Dicha formación está interdigitada con la Formación Refugio.

Origen:

La formación trinidad está compuesta por depósitos marinos, los cuales indican una transgresión marina en la parte central de la cuenca probablemente debido a subsidencia.

Edad:

Las edades propuestas, con base en el registro fósil en diferentes localidades, varían de Mioceno tardío a Plioceno tardío (Hertlein y Jordan, 1927; Pantoja-Alor y Carrillo-Bravo, 1966; McCloy, 1984; Pérez-Guzmán, 1985; Trápaga-Martínez, 1985; Rodríguez-Quintana y Segura-Vernis, 1991; Carreño y Segura-Vernis, 1991; Carreño, 1992; Molina-Cruz, 1994; Ibaraki, 1997; McTeague, 2006; Carreño y Smith, 2007; Piña-Arce, 2010).



Figura 26. Formación Trinidad.

Muestra de mano:



*Figura 27. Color de la muestra: 10YR 6/2 (marrón amarillento pálido). Roca compuesta por granos de tamaño  $\sim < 1\text{mm}$ . Dichos granos se encuentran redondeados y altamente esféricos, el contacto entre ellos es suturado. Debido al tamaño de las partículas y la relación entre ellas se define como muy bien clasificada.*



*Figura 28. Se observan cristales de biotita, cuarzo y feldespato, el grado de compactación no es lo suficientemente alto así que la roca se desmorona con facilidad. Se observan planos de estratificación de 1 cm altamente carbonatados e intercalados con un horizonte de 3mm de color más oscuro, menor mineralización y no reaccionan al contacto con el ácido clorhídrico (diluido al 10%). Nombre de la roca: arcosa.*

### 2.1.2 Formación Refugio.

**Coordenadas: 109°41.920´O / 23°28.534´N (WGS84)**

Características:

Compuesta principalmente por arenisca bioclástica de grano grueso mal seleccionado de color blanco-grisáceo. Su espesor alcanza 380 m (Martínez-Gutiérrez y Sethi, 1997) y se interdigita con la Formación Trinidad (Piña-Arce, 2010) (Figura 29).

Origen: Debido a las características mencionadas anteriormente y la presencia de fragmentos de bivalvos y gasterópodos se infiere que es el ambiente de depósito es marino somero.

Edad: La edad propuesta para la Formación Refugio es Plioceno, con base en el registro fósil de moluscos marinos (Hertlein, 1927, 1966; McCloy, 1984; Smith, 1991; Pérez-López, 2002).



Figura 29. Formación Refugio.

Dentro de esta formación se observa una facie (Figura 30) correspondiente a areniscas fosilíferas, cuyos límites suelen ser muy transicionales.



Figura 30. Areniscas fosilíferas, correspondientes a la formación Refugio.

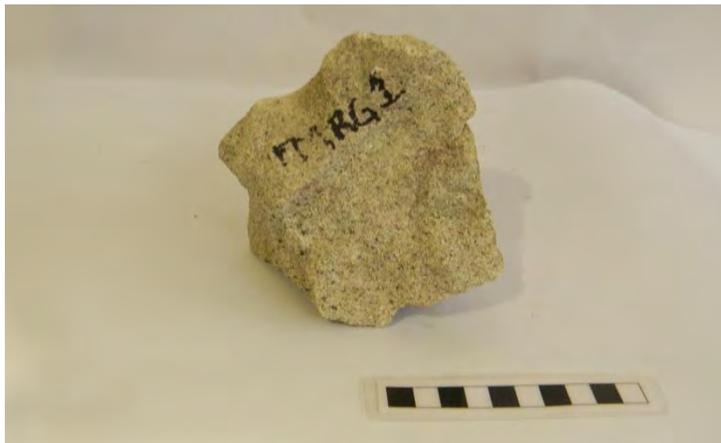


Figura 31. Roca sedimentaria de color 10Y 8/2 (amarillo verdoso pálido) compuesta por granos de cuarzo ~50% biotita ~25%, minerales opacos ~15% los cuales se encuentran sobre una matriz carbonatada. Los granos de cuarzo varían en tamaño de <1mm hasta 5mm. La forma de los clastos que conforman la roca en su mayoría son subredondeados y de baja esfericidad, compuesta por una fábrica aleatoria. El tipo de contacto entre granos es flotante, la roca está moderadamente clasificada. Debido al tamaño de los granos y minerales observados la roca se clasifica dentro de un ambiente de alta energía cinética.

### 2.1.3 Formación Los Barriles.

**Coordenadas: 109°46.537'O / 23° 42.911'N (WGS84).**

Características:

La Formación Los Barriles tiene un espesor de 1 650m en el arroyo Buenos Aires, localizado en el norte de la cuenca (Martínez-Gutiérrez y Sethi, 1997). Esta unidad está conformada por depósitos conglomeráticos y arenisca gruesa (Figura 32).

Origen:

La Formación Los Barriles fue depositada en un ambiente de abanico aluvial de alto gradiente (Martínez-Gutiérrez y Sethi, 1997) en un clima desértico.

Edad:

No hay evidencias claras para determinar la edad de la Formación Los Barriles; sin embargo, Martínez-Gutiérrez y Sethi (1997) estimaron una edad de Plioceno tardío a Pleistoceno temprano. Según estos autores la unidad sobryace discordantemente a la Formación Trinidad y se interdigita con la Formación Refugio.



Figura 32. Formación Los Barriles. Depósitos conglomeráticos.



Figura 33. Muestra de mano correspondiente a la formación Los Barriles. Clasificada como arenisca conglomerática. Roca compuesta por cristales de biotita de hasta 5mm, cuarzo ~7mm y cristales de calcita de hasta 1cm. La roca está cementada por carbonatos.

#### 2.1.4 Grupo Comondú

**Coordenadas: 110°17.851´O /24°07.211N (WGS84)**

Características:

Inicialmente el nombre de Formación Comondú fue empleado para referirse a las areniscas y conglomerados que afloran en las cercanías del poblado de Comondú, al oeste de Loreto. Posteriormente se incluyeron los flujos de laca y brechas que conforman la Sierra la Giganta (Heim, 1922). Recientemente Umhoefer y otros (2001), para el área de Loreto Propusieron asignar el rango de Grupo a la Formación Comondú, y lo subdivide en tres unidades principales sin definir las como formaciones, las cuales son las siguientes: 1) Unidad clástica inferior, 2) unidad media de brechas y flujos de lava y 3) unidad superior de flujos de lava y brecha.

##### 1) Unidad clástica inferior:

De composición predominantemente silícica, constituida por secuencias de areniscas fluviales y eólicas, areniscas tobáceas, conglomerados e intercalaciones de tobas.

##### 2) Unidad media de brechas:

La unidad media está expuesta principalmente en la Sierra La Giganta, donde se pueden observar hasta 700 m de brechas volcanosedimentarias y flujos de lava (Umhoefer y otros, 2001). Está constituida principalmente por capas de brecha sedimentaria masiva de origen volcánico, algunos flujos de lavay domos en general de composición intermedia (dacítica-andesítica) (Hausback, 1984; Umhoefer y otros, 2001). También se presentan abundantes diques también de composición intermedia.

##### 3) Unidad superior de flujos de lava y brecha:

Unidad compuesta predominantemente por lavas y en menor proporción brechas sedimentarias de origen volcánico, así como diques y domos. La composición de lavas es intermedia. Esta unidad es intrusionada por una serie de diques porfídicos (Hausback, 1984; Sawlan y Smith, 1984; Umhoefer y otros, 2001; Godínez y otros, 2010).

Origen:

Con las características físicas y litológicas de rocas se sugiere que el depósito ocurrió en un ambiente erosivo y de redepósito en aguas someras, constantemente regresivo seguido de una gran actividad volcánica de flujos piroclásticos, cuyo centro de emisión se debe haber localizado hacia el este del área (Ávalos, 1995).

Edad:

Para la base de la formación se realizaron fechamientos de unidades volcánicas intercaladas y de circones detríticos de las areniscas, con lo que se obtiene una edad máxima de depósito de ~30 y 19.5 ma (McFall, 1968; Hausback, 1984; Umhoefer y otros, 2001; Drake, 2005; Godínez y otros, 2010).

Las edades de la unidad media de la formación se obtuvieron por U-Pb y Ar-Ar (en biotita), para diques y domos emplazados van de  $18.94 \pm 0.38$  Ma a  $16.3 \pm 0.49$ Ma. (Godínez y otros, 2010).

Las edades obtenidas para algunos flujos de lava dentro de la unidad superior varían entre ~15 y ~ 11 Ma (Umhoefer y otros, 2001; Drake, 2005; Godínez y otros, 2010)



Figura 34. Formación Comondú.



Figura 35. Fragmentos de Conglomerados principalmente formado por clastos de origen volcánico.



*Figura 36.* Muestra de mano correspondiente a la formación Comondú. Clave: FMCM-1 Color al fresco: 10R 6/2. Roca compuesta por material altamente deleznable con fragmentos de roca volcánica de aproximadamente 1 cm y arenas. Algunos fragmentos son esferoidales y otros tabulares. No hay reacción al contacto con HCl. El contacto entre los granos es flotante soportados por matriz. Por el tamaño de grano y las demás características mencionadas el índice de clasificación es muy pobremente clasificado. Nombre de la roca: arenisca tobácea.



*Figura 37.* Muestra de mano correspondiente a la formación Comondú. Clave: FMCM-1.

## Trabajo de Laboratorio

Las muestras colectadas se examinaron mediante análisis sedimentológicos, petrográficos y químicos, los cuales posteriormente fueron interpretados.

Con ayuda del análisis sedimentológico se obtuvieron parámetros para clasificar arenas y obtener el ambiente de formación. Dicho trabajo se realizó en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar.

Durante el análisis petrográfico se identificaron de forma general los minerales que conformaban las arenas, los cuales fueron utilizados posteriormente para la clasificación de dichas muestras con ayuda de un diagrama ternario.

Gracias a los análisis geoquímicos se obtuvieron los componentes de las arenas para así identificar anomalías las cuales nos ayuden a decidir si es una zona contaminada o no. Dichos análisis se realizaron en el Laboratorio de Fluorescencia de rayos X del Instituto de Geología.

### 3 Sedimentología.

#### 3.1 Colección de muestras.

Se recolectó aproximadamente 1kg de arena correspondiente a las zonas de playas, formaciones, laguna, y muestras obtenidas mediante buceo en Baja California Sur. Dichas muestras fueron guardadas en bolsas de plástico y posteriormente selladas para evitar pérdidas de material.

#### 3.2 Lavado y secado de muestras.

Las muestras fueron lavadas hasta retirar todo rastro de suciedad y en algunos casos malos olores, utilizando solamente agua de grifo y en casos extremos agua destilada. Una vez lavadas, las muestras fueron colocadas en refractarios recipientes lo suficientemente amplios, (esto debido a la gran cantidad de muestra) para que el secado fuera de manera uniforme. El secado fue realizado al calor de lámparas. (Figura 38).



Figura 38. Secado de muestras.

### 3.3 Tamizado de muestras

Cuando las muestras han sido secadas completamente, pueden ser tamizadas ya que así se evita que el material pueda atorarse en las rejillas de los tamices entre otras complicaciones.

El tamizado se realizó conforme al sugerido por Folk (1980). Utilizando los tamices de -3.0, -2.5,..., 4.0 (Figura 39).



Figura 39. Los tamices utilizados fueron de -3.0 a -4.0  $\Phi$ .

Siendo el tamiz de -3.0 con un espaciado de 8mm y el tamiz de 4.0 de 0.0625mm, así las partículas de diversos tamaños son capturadas en los diferentes tamices (Tabla 2). El tamizado se realizó en un ROT-TAP con una duración aproximada de 15 minutos.



Figura 40. Tamizado en ROT-TAP.

Tabla 2. Escala Granulométrica de Wentworth (1922).

Escala $\Phi$	mm	Clase de tamaño Wentworth	Clasificación de la partícula
-8	256	Bloque	Gravas
-7	128	Canto	
-6	64		
-5	32		
-4	16	Guijarro	
-3	8		
-2	4		
-1	2	Gránulo	Arenas
0	1	Arena muy gruesa	
1	0.5	Arena gruesa	
2	0.25	Arena media	
3	0.125	Arena fina	
4	0.062	Arena muy fina	

### 3.4 Recolección de datos.

Una vez terminado el tamizado se procedió a pesar la cantidad de muestra recolectada en cada tamiz. Se procedió al llenado de la siguiente tabla (Tabla 3).

Tabla 3. Organización de la información. Debido al tamizado las muestras fueron separadas dependiendo el tamaño de la partícula, esta tabla muestra un ejemplo de cómo se organizó la información, y los datos que deben obtenerse una vez finalizado el tamizado.

$\Phi$	Playa Todos Santos			Playa Cerritos		
	Infraplaya [g]	Mesoplaya [g]	Supraplaya [g]	Infraplaya [g]	Mesoplaya [g]	Supraplaya [g]
-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-2.5	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
-2	0.32	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.5	1.86	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	3.30	2.10	0.09	0.25	0.00	0.00
-0.5	13.00	13.12	3.24	3.78	0.00	0.00
0	20.20	30.56	12.73	9.56	0.08	0.11
0.5	51.23	95.35	56.57	30.11	0.23	0.98
1	104.74	303.53	166.15	78.60	2.80	8.59
1.5	90.64	215.37	121.94	90.07	23.20	36.45
2	38.84	91.02	55.94	104.69	251.76	183.65
2.5	8.85	26.05	24.39	74.54	297.53	146.37
3	0.78	3.48	6.69	14.11	86.97	64.47
3.5	0.03	0.14	0.56	1.41	19.48	16.75
4	0.01	0.01	0.02	0.11	1.54	3.37
>4	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06

### 3.5 Análisis de datos.

Una vez obtenido el peso de muestra en cada tamiz se realizó el llenado de la siguiente tabla, la cual es fundamental para poder realizar gráficas y cálculos estadísticos.

Tabla 4. Pesos y porcentajes de acumulación. El llenado de esta tabla se realiza mediante el uso de operaciones básicas como suma, resta, multiplicaciones y divisiones.

		Peso (g)	Peso Acumulado	% Peso	% Acumulado
<b>Nombre de la muestra</b>	-3	a	a	$(a*100)/(SUMA\ TOTAL\ DE\ PESOS)$	
	-2.5	b	a+b	$(b*100)/(SUMA\ TOTAL\ DE\ PESOS)$	
	-2	c	a+b+c		
	-1.5	d			
	-1	e			
	-0.5	f			
	0	g			
	0.5	h			
	1	i			
	1.5	j			
	2	k			
	2.5	l			
	3	m			
	3.5	n			
	4	ñ			
	>4	o			

La primera columna de la tabla 4 nos indica el tamiz que fue utilizado, la segunda el peso registrado en ese tamiz.

El peso acumulado se calcula de la siguiente forma: si el primer peso registrado en la columna de pesos es “a” éste será el mismo dato para la siguiente columna, para el segundo dato “b”, el dato registrado en peso acumulado será la suma de a+b. y para el tercer dígito se compondrá de la suma de a+b+c y así sucesivamente.

El porcentaje en peso se realiza con la multiplicación del peso registrado “a” multiplicado por cien y dividido entre la suma total de todos los pesos.

La última columna “Porcentaje Acumulado” se realiza la misma operación utilizada que en la columna Peso Acumulado, pero ahora utilizando los valores del porcentaje.

### 3.6 Clasificación de las muestras de acuerdo a sus parámetros estadísticos.

Las muestras se clasifican de acuerdo a su tamaño, esto es posible debido al tamaño de partículas acumuladas en un medio en específico tiende a existir un predominio claro de un tamaño determinado.

Con ayuda de los datos registrados en la tabla 4 se realiza un gráfico (Gráfico 1). En el eje “x” corresponde al valor de  $\phi$  y el eje “y” corresponde al valor acumulado.

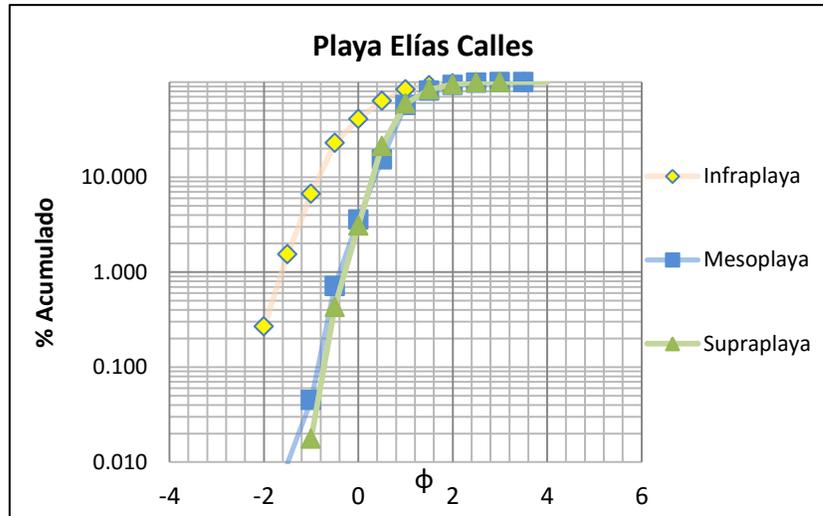


Gráfico 1. Con el uso de esta gráfica se obtienen valores de los cuartiles  $\phi_5$ ,  $\phi_{16}$ ,  $\phi_{50}$ ,  $\phi_{84}$  los cuales serán utilizados para determinar algunos parámetros estadísticos.

Las siguientes ecuaciones (Figura 41) son utilizadas para obtener diferentes parámetros tales como mediana, media, desviación estándar, asimetría y curtosis.

$$1) \text{ Mediana } (Md_{\phi}) = \phi_{50}$$

$$2) \text{ Media } (Mz) = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

$$3) \text{ Desviación Standard } (\sigma_1) = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

$$4) \text{ Asimetría } (SK_1) = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

$$5) \text{ Curtosis } (K_G) = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Figura 41. Ecuaciones para calcular parámetros sedimentológicos (Folk, 1978).

El análisis de la desviación estándar se calcula con la ecuación dada anteriormente, y también se hace uso de los siguientes parámetros (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de partículas de acuerdo a la desviación estándar (Folk 1980).

<b>Desviación Estándar (<math>\sigma_1</math>)</b>	
<b>&lt;0.35</b>	Muy bien clasificada
<b>0.35 – 0.50</b>	Bien Clasificada
<b>0.50 – 0.71</b>	Moderadamente bien clasificada
<b>0.71 – 1.0</b>	Moderadamente clasificada
<b>1.0 – 2.0</b>	Mal clasificada
<b>2.0 – 4.0</b>	Moderadamente mal clasificada
<b>&gt; 4.0</b>	Extremadamente mal clasificada

El siguiente parámetro a analizar es la curtosis. Folk 1980 menciona que en una curva normal de probabilidad el diámetro entre el intervalo de  $\phi_5$  y  $\phi_{95}$  debe ser 2.44 veces el diámetro entre el intervalo de  $\phi_{25}$  y  $\phi_{75}$ . Cuando se cumple lo anterior, se dice que la curtosis es normal y la gráfica será una línea recta. En otras palabras, la curtosis mide cuantitativamente la deformación de la curva. Dependiendo de la forma de la curva, lo cerrada que se encuentre y la forma de las “colas” (extremos) de dicha curva se le asignará un nombre en particular. Es por eso que nos ayudamos de parámetros respecto al valor de la curtosis (Tabla 6).

Tabla 6. Clasificación de una muestra respecto al valor de la curtosis.

<b>Curtosis (<math>K_G</math>)</b>	
<b>&lt;0.67</b>	Muy platicurtica
<b>0.67 – 0.90</b>	Platicurtica
<b>0.90 – 1.11</b>	Mesocurtica
<b>1.11 – 1.50</b>	Leptocúrtica
<b>1.50 – 3.0</b>	Muy leptocúrtica
<b>&gt; 3.0</b>	Extremadamente leptocúrtica

Tabla 7. Clasificación de una muestra respecto a la asimetría Folk (1980).

<b>Asimetría</b>	
<b>1.0 a 0.3</b>	Muy asimétrica – finos
<b>0.3 a 0.1</b>	Asimétrica – finos
<b>0.1 a -0.1</b>	Simétrica
<b>-0.1 a -0.3</b>	Asimétrica – gruesos
<b>-0.3 a -1.0</b>	Muy asimétrica – gruesos

El tipo de ambiente sedimentario de las arenas se determinó de acuerdo a su asimetría y clasificación con el gráfico de Bjorlykke 1984.

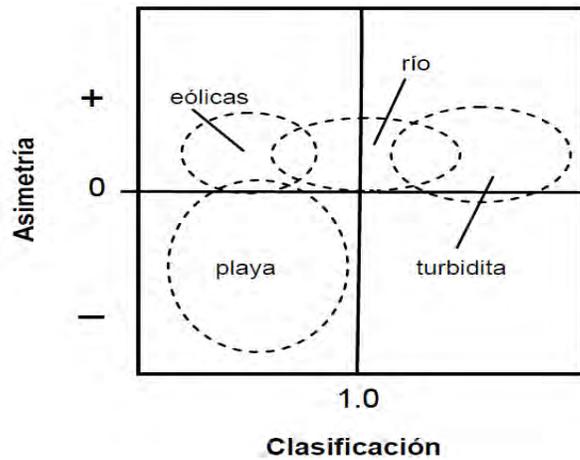


Figura 42. Clasificación del ambiente de formación de las arenas (Bjorlykke, 1984).

La siguiente gráfica (Gráfico 2) se utiliza para clasificar el mecanismo de transporte que tuvieron las partículas. La gráfica compara la escala phi vs el porcentaje acumulado.

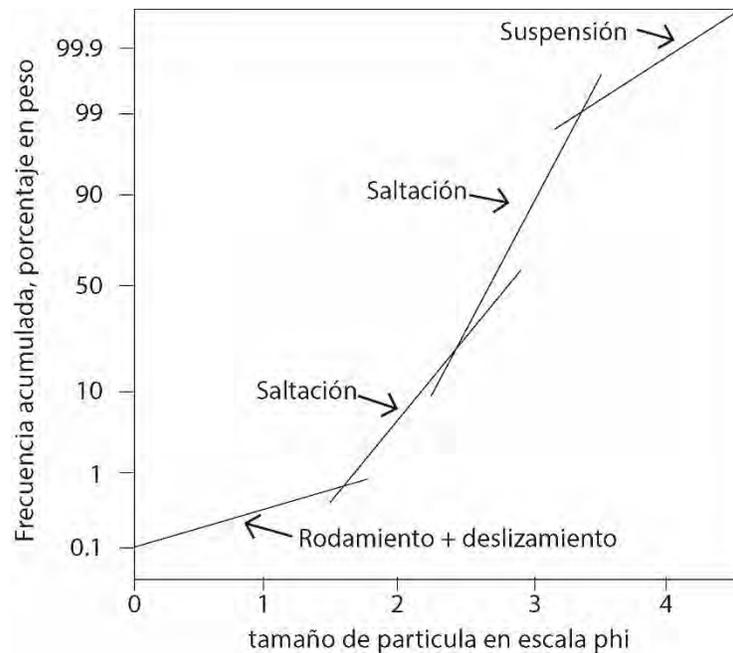


Gráfico 2. Clasificación del mecanismo de transporte de partícula. (Modificado de Visher, 1969).

### 3.7 Parámetros sedimentológicos de las playas.

Cada muestra de playa fue analizada, conforme a los cálculos anteriormente mostrados se obtuvieron los siguientes parámetros sedimentológicos: gráfico promedio, desviación estándar, asimetría y curtosis.

#### 3.7.1 Playa Balandra. Balandra Infraplaya

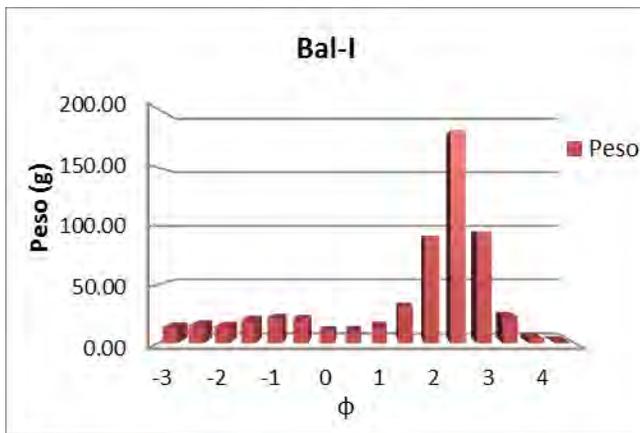


Gráfico 3. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona infraplaya.

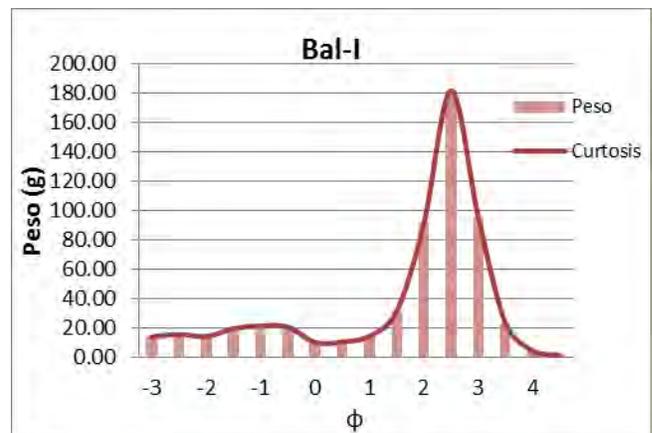


Gráfico 4. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Balandra

Tabla 8. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2.1	
Mz $\phi$	1.26	Arena Media
Desviación estándar	1.83	Mal Clasificada
Asimetría	-0.61	Muy asimétrica - Gruesos
Curtosis	2.03	Muy Leptocúrtica

Balandra Mesoplaya.

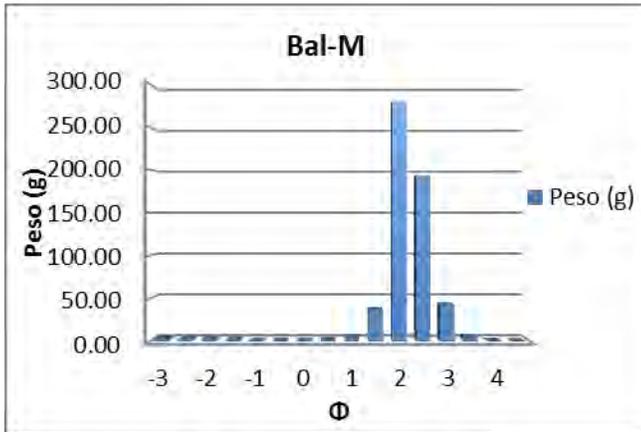


Gráfico 5. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona mesoplaya.

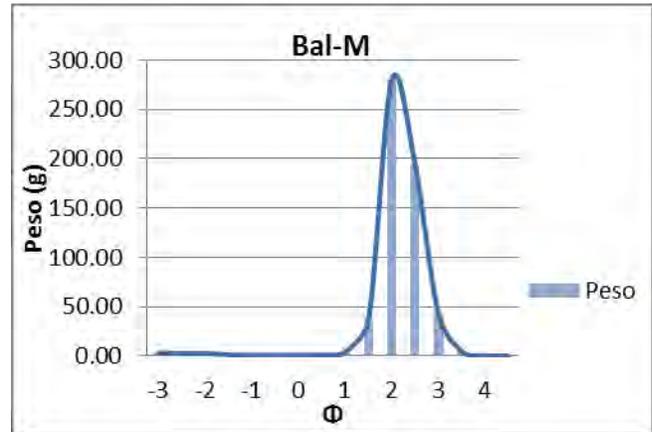


Gráfico 6. Representación gráfica de la curtosis en la subzona mesoplaya correspondiente a la playa Balandra.

Tabla 9. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2	
Mz $\phi$	1.97	Arena Media
Desviación estándar	0.38	Bien Clasificada
Asimetría	-0.14	Asimétrica - Gruesos
Curtosis	1.14	Leptocúrtica

Balandra Supraplaya.

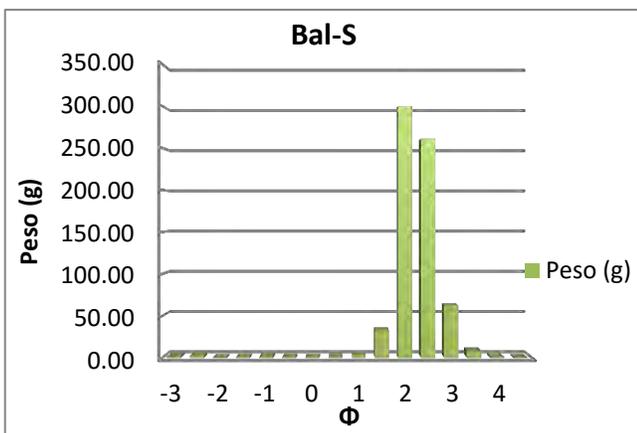


Gráfico 7. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona supraplaya.

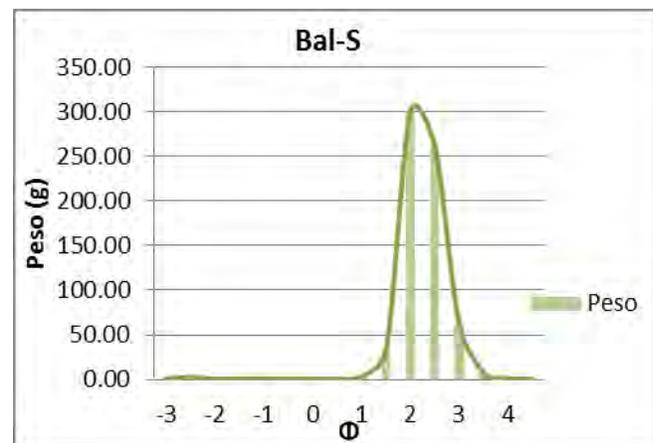


Gráfico 8. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Balandra.

Tabla 10. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de supraplaya en la playa Balandra.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2	
Mz $\phi$	1.97	Arena Media
Desviación estándar	0.35	Bien Clasificada
Asimetría	0.3	Asimétrica - Finos
Curtosis	0.74	Platicúrtica

La playa Balandra presenta una variación en sus parámetros estadísticos, está conformada por arena media en las tres subzonas, de las cuales muestra una mala clasificación debido a la presencia de biógenos de mayor tamaño como conchas y otros organismos carbonatados. La zona de mesoplaya mantiene el tamaño de grano en arenas medias, cambia a bien clasificada asimétrica a gruesos y leptocúrtica. En la última zona la clasificación se mantiene en bien clasificada, asimétrica a finos y platicúrtica.

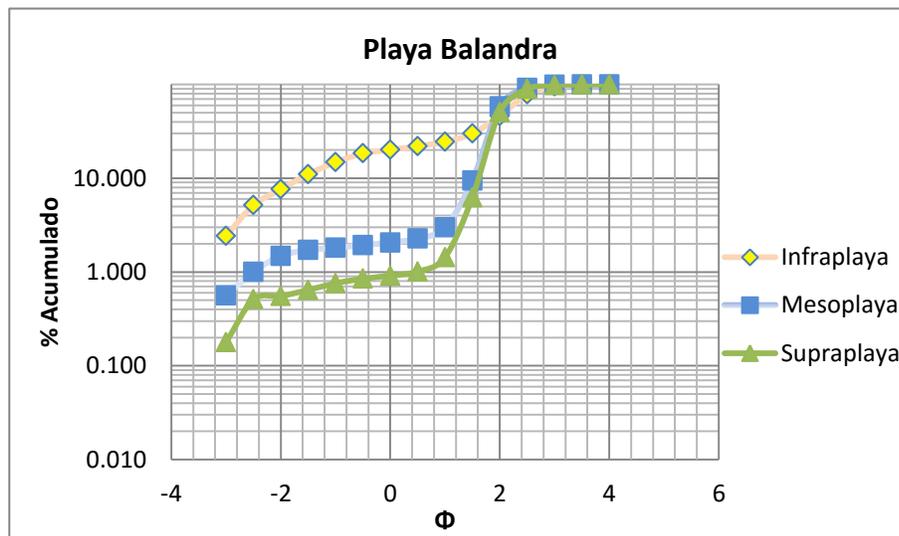


Gráfico 9. Curvas acumulativas de las tres subzonas de playa Balandra.

El ambiente de formación de las arenas de la playa varía dependiendo la zona, para las arenas de infraplaya se obtuvo un ambiente de formación turbidítico, la zona de mesoplaya un ambiente de playa y la zona de supraplaya ambiente eólico. Los mecanismos de transporte fueron mediante saltación y suspensión.

### 3.7.2 Playa Cerritos Cerritos Infraplaya.

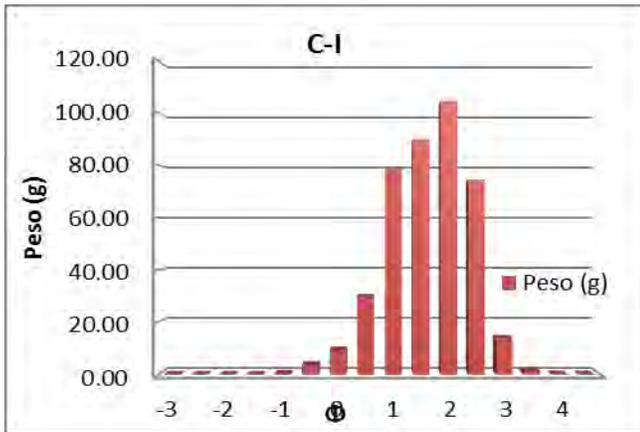


Gráfico 10. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona infraplaya.

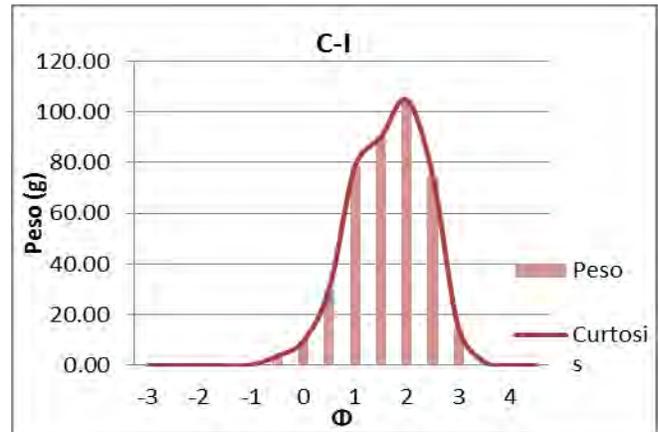


Gráfico 11. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Cerritos.

Tabla 11. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa Cerritos.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.5	
Mz $\phi$	1.43	Arena Media
Desviación estándar	0.74	Moderadamente Clasificada
Asimetría	-0.12	Asimétrica - gruesos
Curtosis	0.78	Platicúrtica

### Cerritos Mesoplaya.

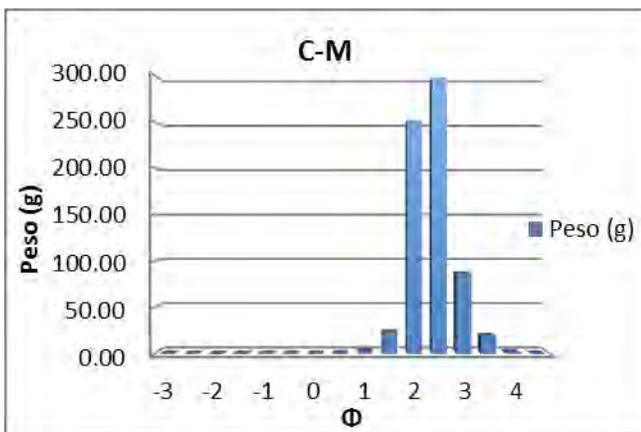


Gráfico 12. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente.

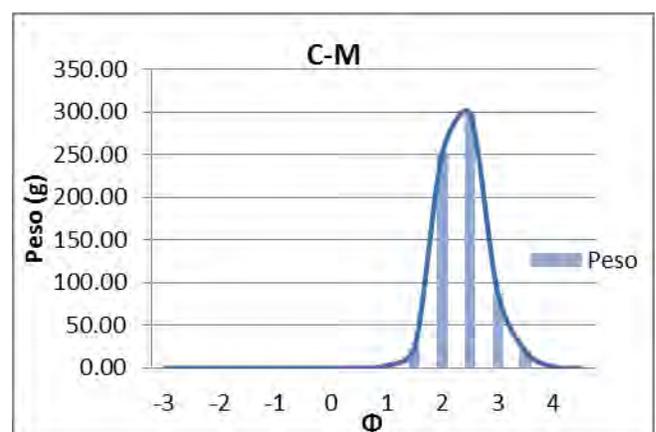


Gráfico 13. Representación gráfica de la curtosis en la subzona mesoplaya, playa Cerritos.

Tabla 12. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Cerritos.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2.2	
Mz $\phi$	2.13	Arena Fina
Desviación estándar	0.41	Bien Clasificada
Asimetría	-0.05	Muy asimétrica - gruesos
Curtosis	0.95	Mesocurtica

Cerritos Supraplaya.

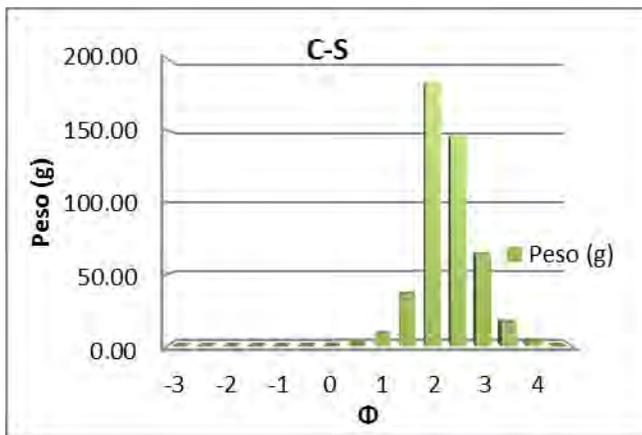


Gráfico 14. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona supraplaya.

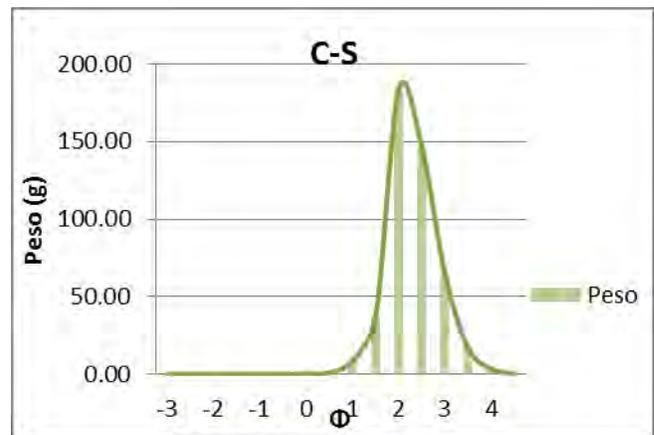


Gráfico 15. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Cerritos.

Tabla 13. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Cerritos.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2.2	
Mz $\phi$	2.03	Arena Fina
Desviación estándar	0.55	Moderadamente bien Clasificada
Asimetría	-0.05	Simétrica
Curtosis	1.02	Mesocurtica

La playa Cerritos presenta una variación en los parámetros estadísticos la subzona de infraplaya está compuesta por arenas medias, moderadamente clasificadas, muy simétrica hacia gruesos y mesocurtica, mientras la zona de mesoplaya cambia el tamaño de grano a arenas finas cambia a bien clasificada muy asimétrica a gruesos y mesocurtica. En la última zona el tamaño de partícula se mantiene en arenas finas, moderadamente clasificada y simétrica, se mantiene en mesocurtica.

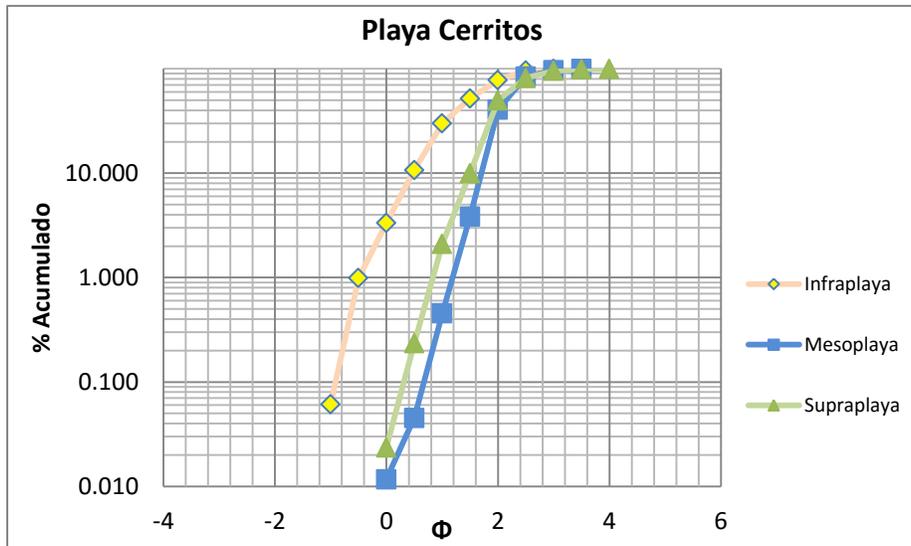


Gráfico 16. Curvas acumulativas de las tres subzonas de playa Cerritos

El ambiente de formación de las arenas de las diferentes subzonas de las Playa Cerritos fue en todos los casos de playa, los mecanismos de transporte fueron mediante saltación y muy poco en suspensión.

### 3.7.3 Playa El Balcón.

El Balcón infraplaya.

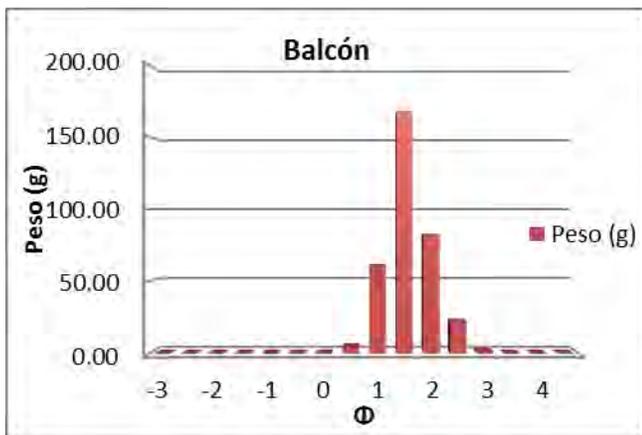


Gráfico 17. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la playa Balcón.

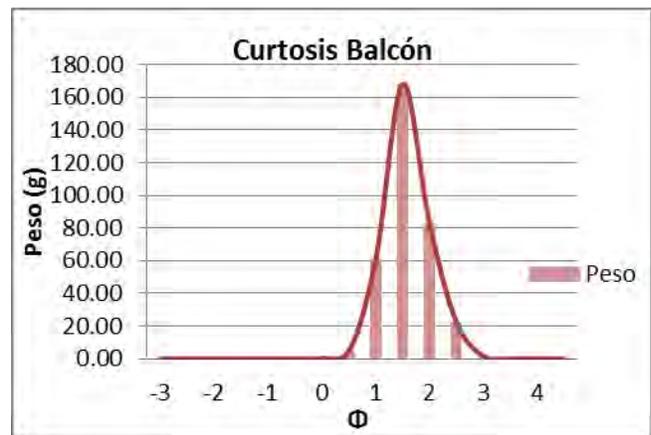


Gráfico 18. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a la playa Balcón.

Tabla 14. Parámetros Sedimentológicos correspondiente a la playa El Balcón.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.3	
Mz $\phi$	1.34	Arena Media
Desviación estándar	0.46	Bien Clasificada
Asimetría	-0.09	Simétrica
Curtosis	1.11	Leptocúrtica

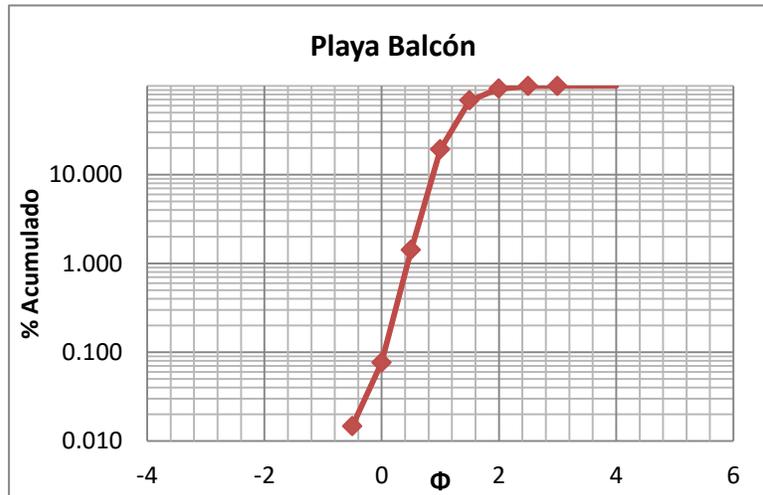


Gráfico 19. Curva acumulativa correspondiente a la playa

La playa El Balcón está compuesta por arena media bien clasificada, simétrica y leptocúrtica.

El ambiente de formación de las arenas reportadas para esta playa fueron en ambiente de playa, los mecanismos de transporte fueron mediante saltación.

### 3.7.4 Playa Elías Calles.

Elías Calles infraplaya.

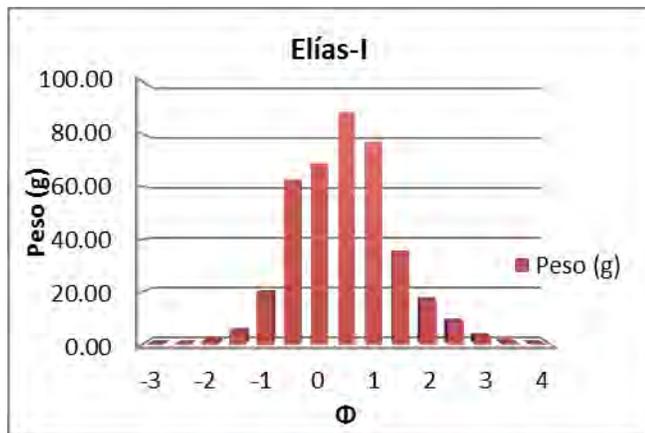


Gráfico 20. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona infraplaya.

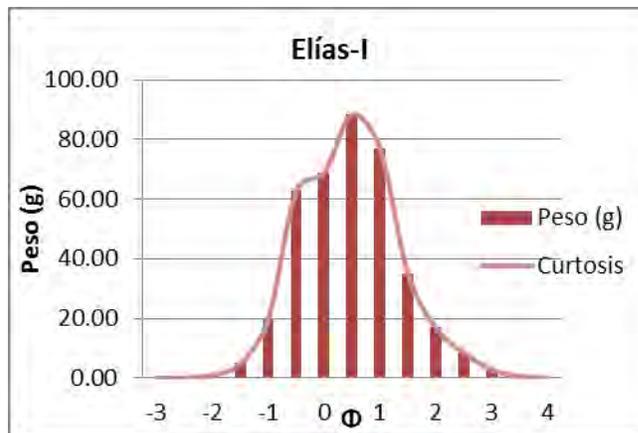


Gráfico 21. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Elías Calles.

Tabla 15. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa Elías Calles.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	0.3	-
Mz $\phi$	0.18	Arena Gruesa
Desviación estándar	0.88	Moderadamente clasificada
Asimetría	-0.01	Simétrica
Curtosis	0.99	Mesocurtica

Elías Calles mesoplaya.

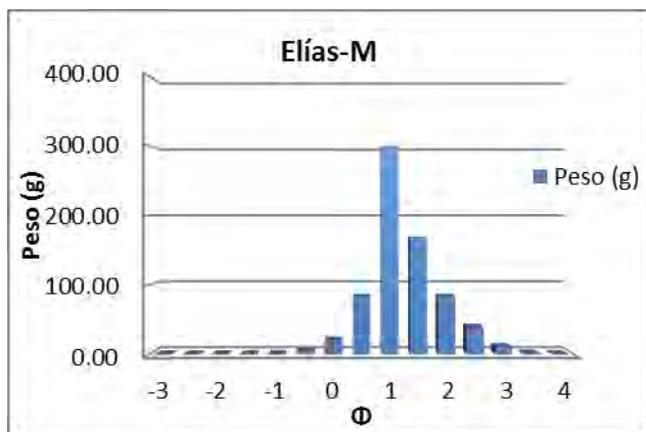


Gráfico 22. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona mesoplaya

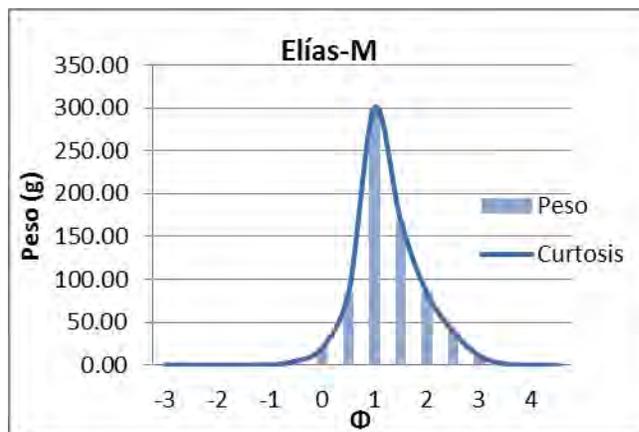


Gráfico 23. Representación gráfica de la curtosis en la subzona mesoplaya correspondiente a la playa Elías Calles.

Tabla 16. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Elías

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	0.11	-
Mz $\phi$	1.02	Arena Media
Desviación estándar	0.60	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.23	Asimétrica-finos
Curtosis	1.15	Leptocúrtica

Elías Calles Supraplaya.

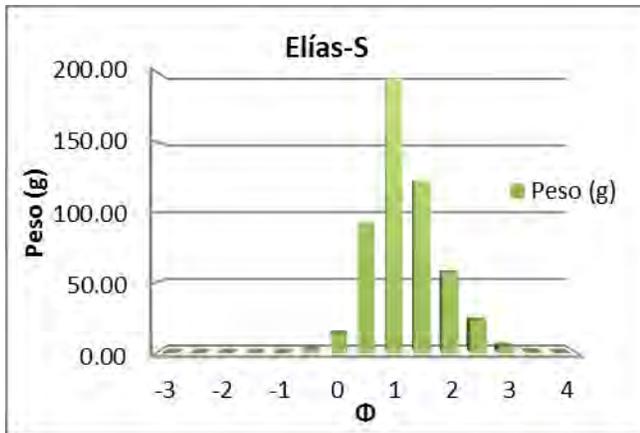


Gráfico 24. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona supraplaya.

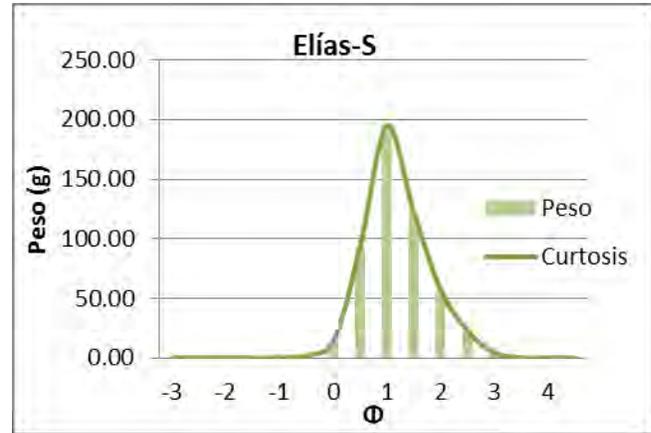


Gráfico 25. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Elías Calles.

Tabla 17. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de supraplaya en la playa Elías Calles.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	0.11	
Mz $\phi$	0.92	Arena Gruesa
Desviación estándar	0.60	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.14	Asimétrica-gruesa
Curtosis	1.05	Mesocúrtica

La playa Elías Calles presenta un tamaño de arena gruesa en la subzona de infraplaya, se encuentra moderadamente clasificada, y mesocúrtica. En la subzona de mesoplaya el tamaño de grano cambia a arenas medias y con ello a moderadamente bien clasificada, así como el cambio de curtosis a leptocúrtica. En la última zona las arenas vuelven nuevamente a ser gruesas, y la curtosis vuelve nuevamente a ser mesocúrtica.

El ambiente de formación de las tres subzonas corresponde a arenas de playas, con un mecanismo de transporte de saltación.

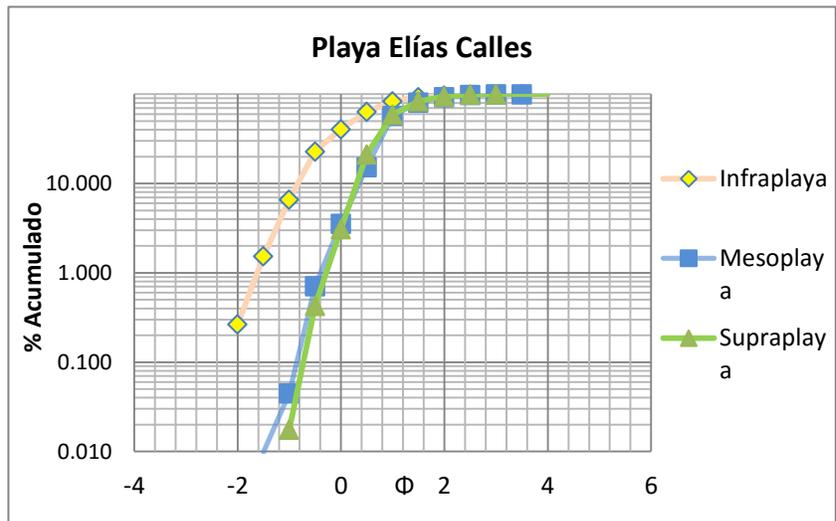


Gráfico 26. Curvas acumulativas de las tres subzonas de playa Elías Calles.

### 3.7.5 Playa Ensenada Grande. Ensenada grande infraplaya.

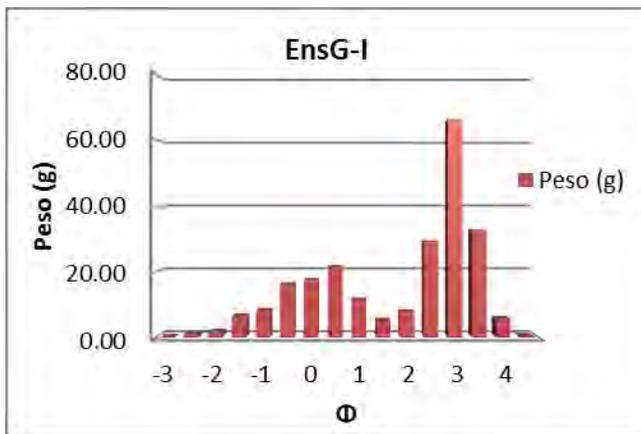


Gráfico 27. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente.

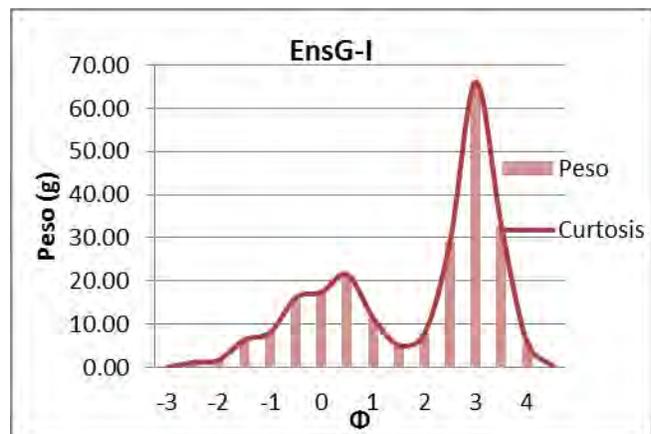


Gráfico 28. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Ensenada Grande.

Tabla 18. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa Ensenada.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2.9	-
Mz $\phi$	1.65	Arena Media
Desviación estándar	1.57	Mal Clasificada
Asimetría	-0.56	Muy asimétrica -gruesos
Curtosis	0.72	Platicurtica

Ensenada grande mesoplaya.

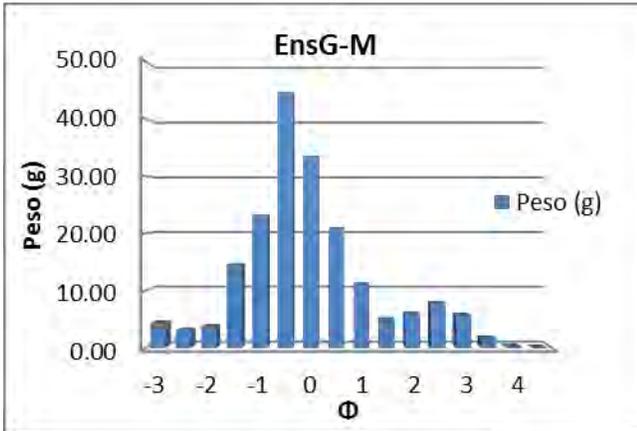


Gráfico 29. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a la subzona mesoplaya.

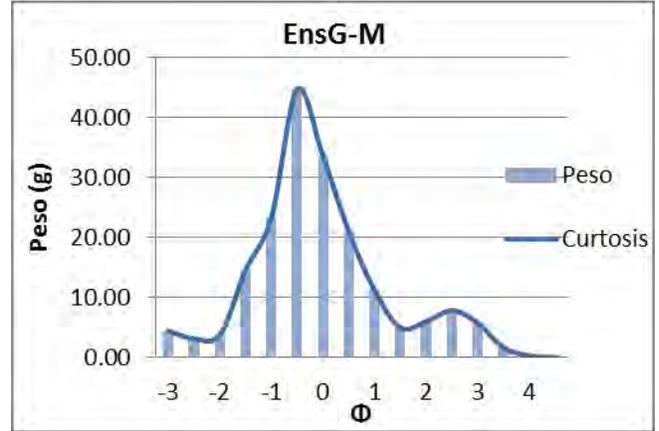


Gráfico 30. Representación gráfica de la curtosis en la subzona mesoplaya correspondiente a la playa Ensenada Grande.

Tabla 19. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Ensenada Grande.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	-0.9	-
Mz $\phi$	-0.35	Arenas muy gruesas
Desviación estándar	1.26	Mal Clasificada
Asimetría	-0.22	Asimétrica-finos
Curtosis	1.42	Leptocúrtica

Ensenada grande supraplaya.

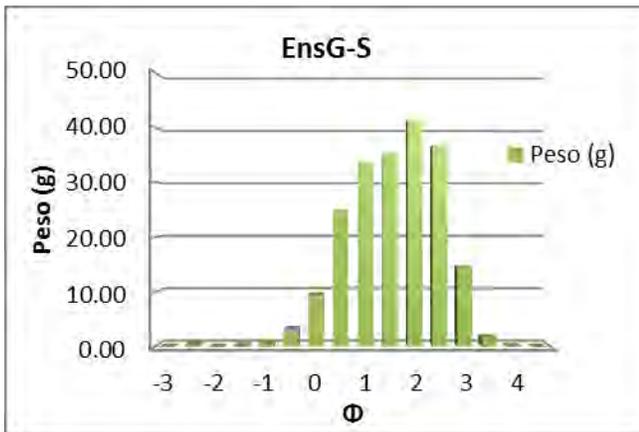


Gráfico 31. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a la subzona supraplaya.

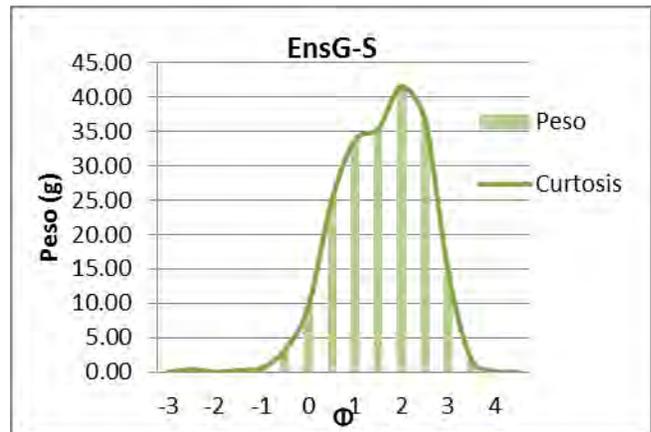


Gráfico 32. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Ensenada Grande.

Tabla 20. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de supraplaya en la playa Ensenada Grande.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.9	-
Mz $\phi$	1.35	Arenas media
Desviación estándar	0.92	Moderadamente clasificada
Asimetría	-0.1	Simétrica
Curtosis	0.87	Platicurtica

La playa Ensenada Grande muestra una oscilación de arenas medias y arenas gruesas, la zona de infraplaya está compuesta por arenas medias, mal clasificadas muy asimétrica hacia gruesos, y platicurtica. Las arenas cambiana muy gruesas en la zona de mesoplaya, asimétrica a finos y leptocúrtica. Mientras la zona de supraplaya cambia a arenas medias moderadamente clasificadas y platicurtica.

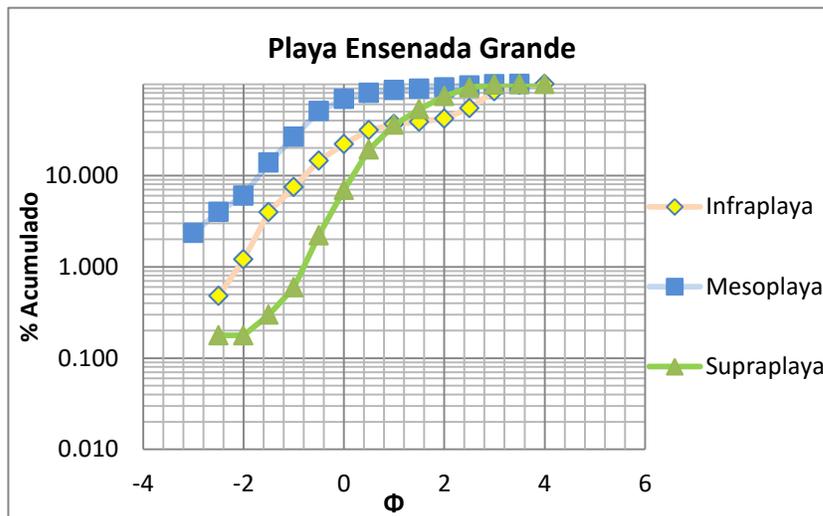


Gráfico 33. Curvas acumulativas de las tres subzonas de playa Ensenada Grande.

El mecanismo de transporte reportado para las arenas de esta playa es mediante saltación y suspensión, en un ambiente de formación de playa para las tres subzonas.

3.7.6 Playa Ensueño  
Ensueño infraplaya.

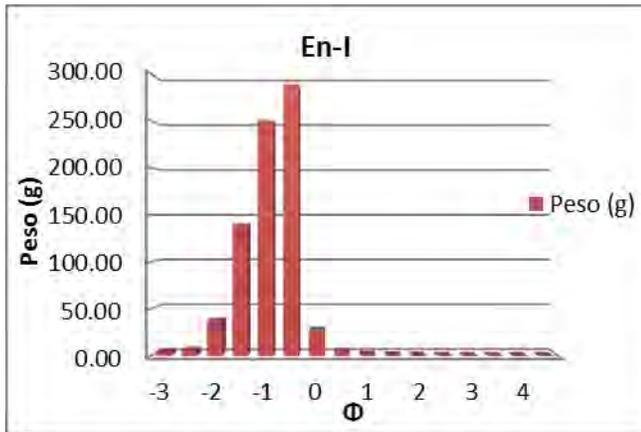


Gráfico 35. Representando en eje “x” el tamaño de la partícula y en eje “y” el peso correspondiente a la subzona infraplaya.

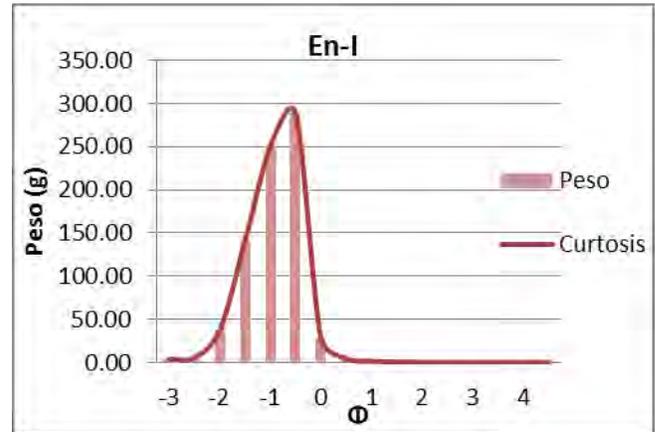


Gráfico 34. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Ensueño.

Tabla 21. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa Ensueño.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.1	-
Mz $\phi$	-1.16	Grava muy fina
Desviación estándar	0.52	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.19	Asimétrica- gruesos
Curtosis	0.93	Mesocurtica

Ensueño mesoplaya.

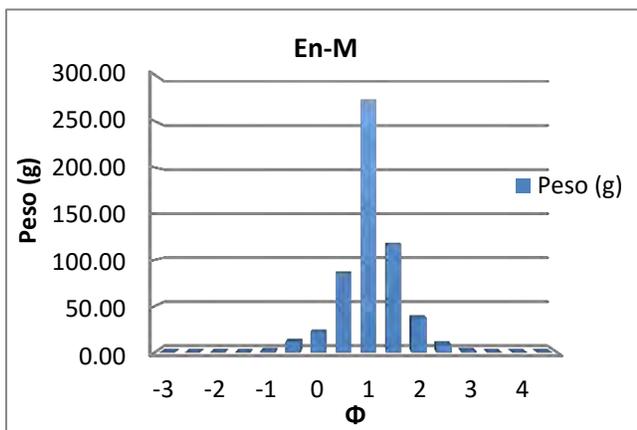


Gráfico 36. Representando en eje “x” el tamaño de la partícula y en eje “y” el peso correspondiente a la subzona mesoplaya.

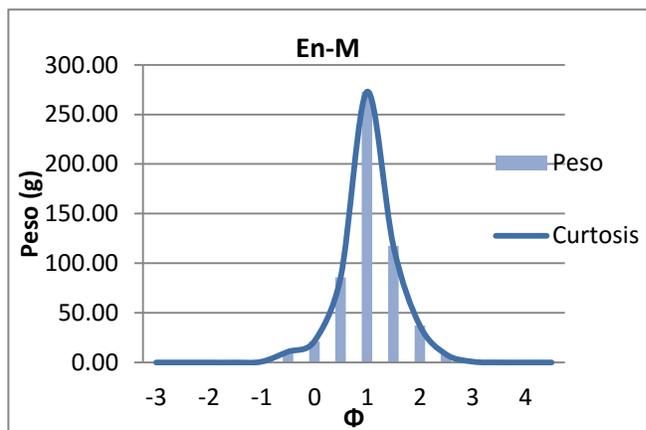


Gráfico 37. Representación gráfica de la curtosis en la subzona mesoplaya correspondiente a la playa Ensueño.

Tabla 22. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Ensueño.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	0.8	-
Mz $\phi$	0.81	Arena media
Desviación estándar	0.53	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.04	Muy asimétrica – finos
Curtosis	1.33	Leptocúrtica

Ensueño supraplaya.

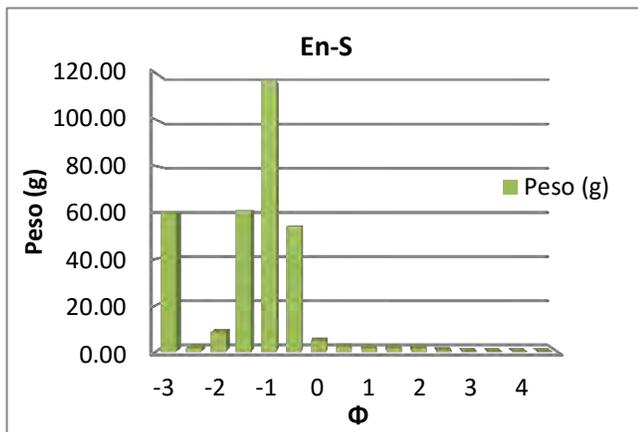


Gráfico 38. Representando en eje “x” el tamaño de la partícula y en eje “y” el peso correspondiente a la subzona supraplaya.

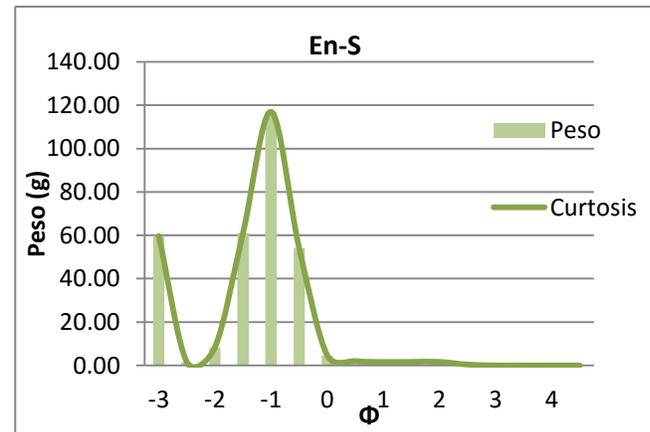


Gráfico 39. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Ensueño.

Tabla 23. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de supraplaya en la playa Ensueño.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.4	-
Mz $\phi$	-1.77	Gravas muy fina
Desviación estándar	0.98	Moderadamente clasificada
Asimetría	-0.46	Asimétrica – finos
Curtosis	1.33	Leptocúrtica

La playa Ensueño está compuesta por oscilaciones de gravas finas y arenas medias. La zona de infraplaya está compuesta por gravas finas, moderadamente bien clasificadas asimétrica a gruesos y mesocúrtica. La zona de mesoplaya cambia el tamaño de grano a arena media muy asimétrica a finos y leptocúrtica, mientras la última zona está compuesta por gravas muy finas manteniéndose leptocúrtica.

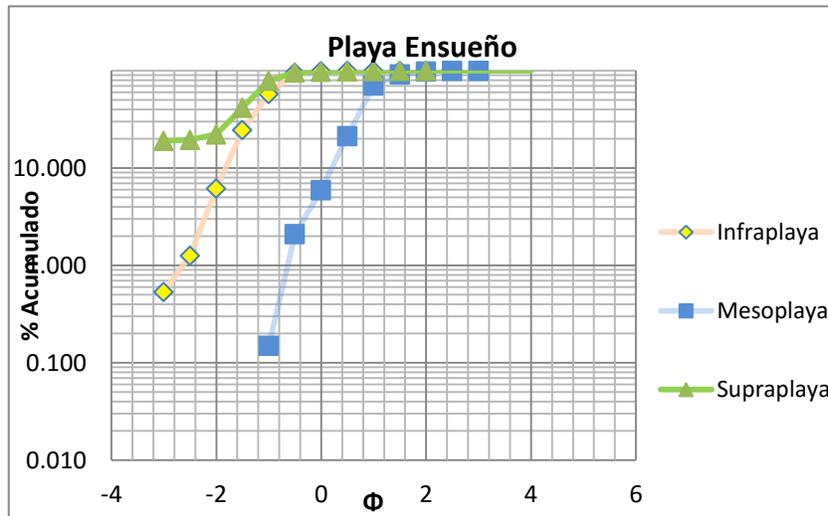


Gráfico 40. Curvas acumulativas de las tres subzonas de playa Ensueño.

El ambiente de formación para las arenas de las tres subzonas es un ambiente de playa, con un mecanismo de transporte de saltación y suspensión. En la zona de supraplaya se puede observar ligeramente un poco de rodamiento.

### 3.7.7 Playa Los barriles.

Los Barriles infraplaya.

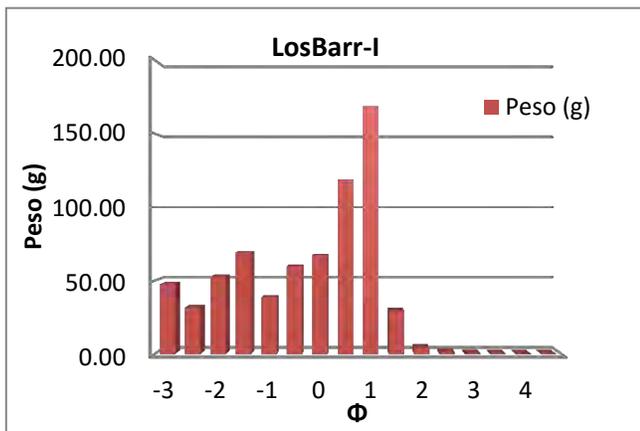


Gráfico 42. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente a la subzona infraplaya.

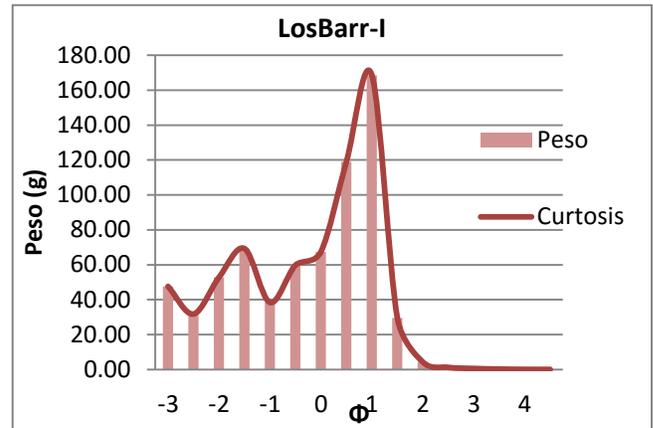


Gráfico 41. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Los Barriles.

Tabla 24. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa Los Barriles.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	-0.40	-
Mz $\phi$	-0.52	Arenas muy gruesas
Desviación estándar	1.37	Mal clasificada
Asimetría	-0.40	Muy asimétrica-gruesos
Curtosis	0.74	Platicurtica

Los Barriles mesoplaya.

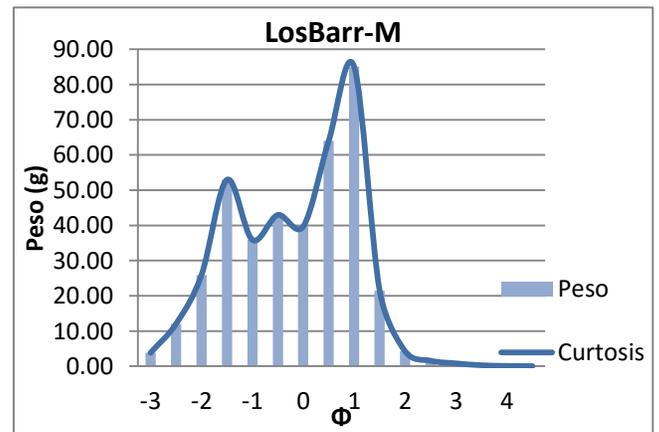
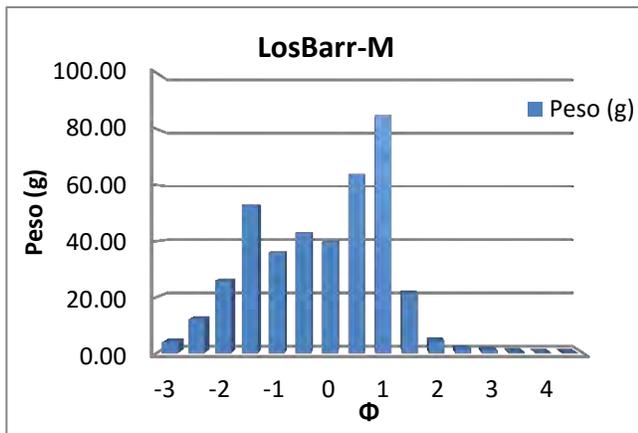


Tabla 25. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Los Barriles.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	-0.40	-
Mz $\phi$	-0.41	Arenas muy gruesas
Desviación estándar	1.19	Mal clasificada
Asimetría	-0.21	Simétrica
Curtosis	0.73	Platicurtica

Los Barriles Supraplaya.

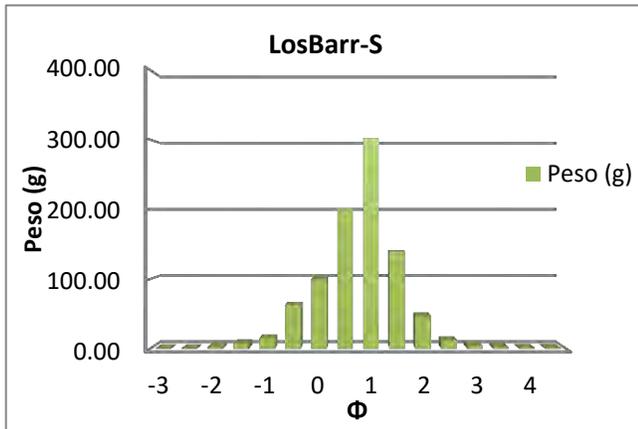


Gráfico 45. Representando en eje “x” el tamaño de la partícula y en eje “y” el peso correspondiente a la subzona supraplaya.

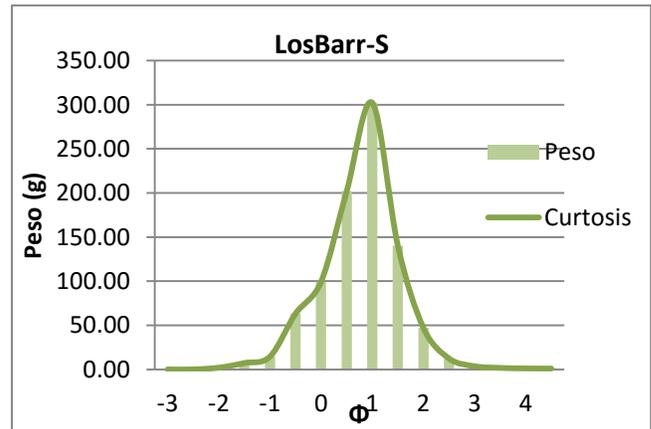


Gráfico 46. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Los Barriles.

Tabla 26. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de supraplaya en la playa Los Barriles.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.2	-
Mz $\phi$	0.54	Arenas gruesas
Desviación estándar	0.75	Moderadamente clasificada
Asimetría	-0.12	Asimétrica – gruesos
Curtosis	1.20	Leptocúrtica

La playa Los Barriles está conformada en las primeras dos zonas por arenas muy gruesas, transgrediendo a arenas gruesas en la zona de supraplaya. La zona de infraplaya y mesoplaya tienen características muy similares, el parámetro de curtosis en ambas tiende a ser platicúrtica. La última zona está compuesta por arenas gruesas, moderadamente clasificadas, asimétricas a gruesos y el parámetro de curtosis también cambia a leptocúrtica.

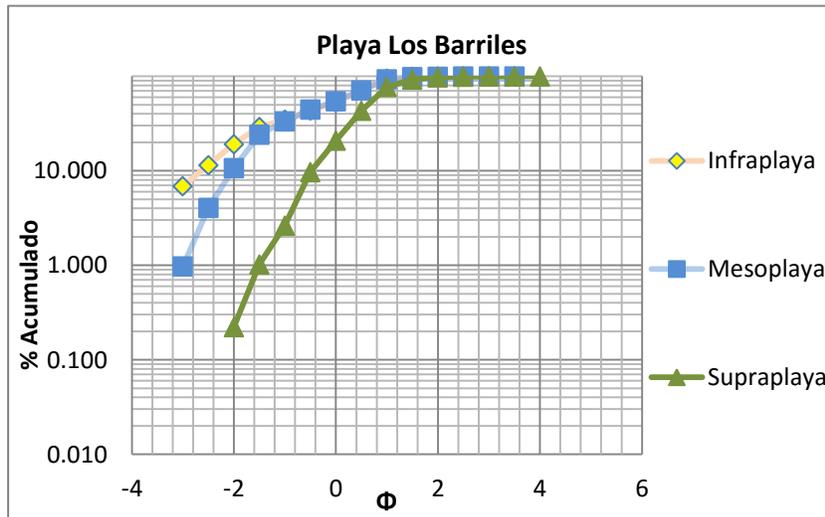


Gráfico 47. Curvas acumulativas de las tres subzonas de playa Los Barriles.

El ambiente de formación para las arenas de las tres subzonas corresponde a un ambiente de playa, con mecanismo de transporte de saltación.

### 3.7.8 Playa Migriño.

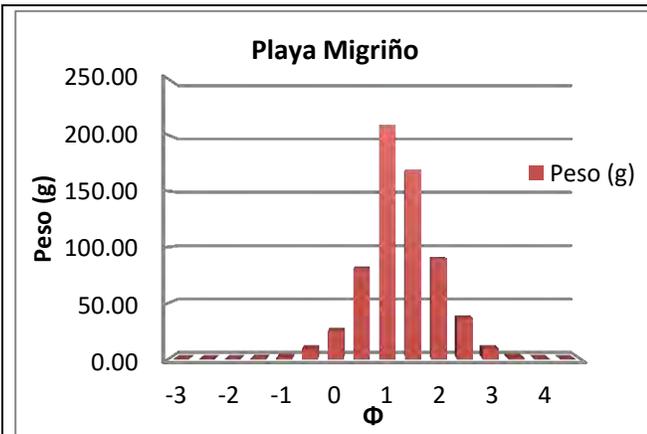


Gráfico 48. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso. Correspondiente a la playa migriño.

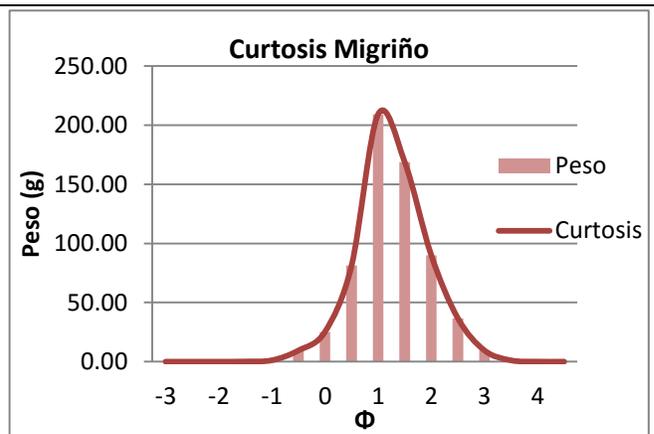


Gráfico 49. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a la playa Migriño.

Tabla 27. Parámetros Sedimentológicos de la playa Migriño.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	0.9	-
Mz $\phi$	1.02	Arenas media
Desviación estándar	0.67	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.09	Muy asimétrica – finos
Curtosis	1.12	Leptocúrtica

La playa Migriño está compuesta por arenas medias, moderadamente bien clasificada, el parámetro de curtosis indica una distribución leptocúrtica, asimétrica hacia finos.

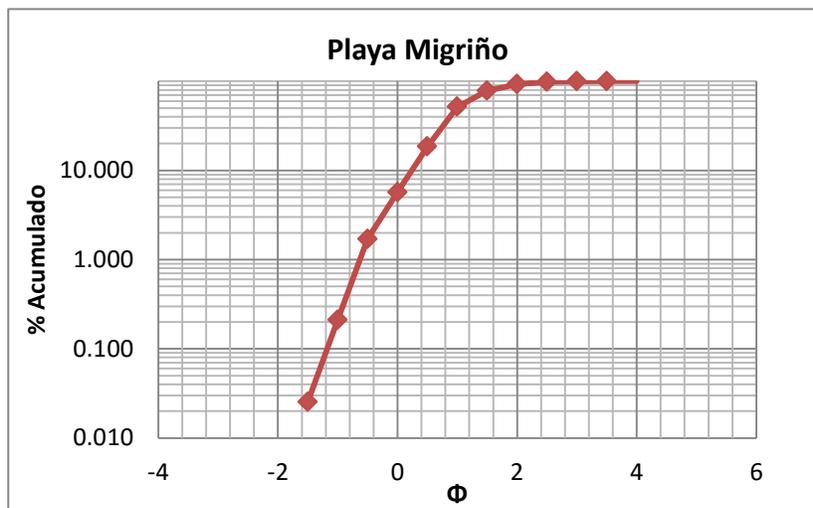


Gráfico 50. Curva acumulativa de la playa Migriño.

El ambiente de formación para estas arenas corresponde a playas, con un mecanismo de transporte de saltación.

### 3.7.9 Playa San Gabriel.

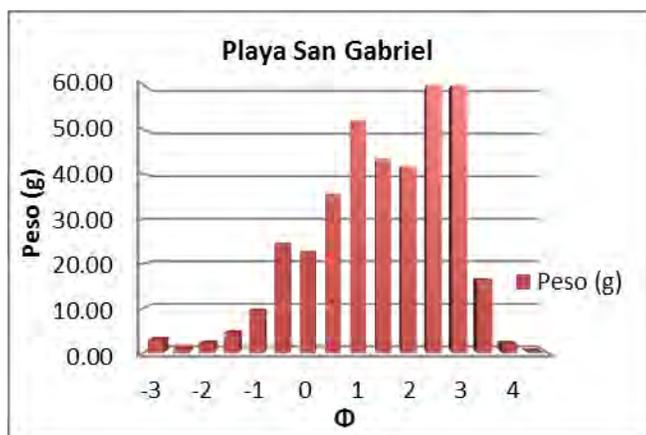


Gráfico 51. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso. Correspondiente a la playa San Gabriel.

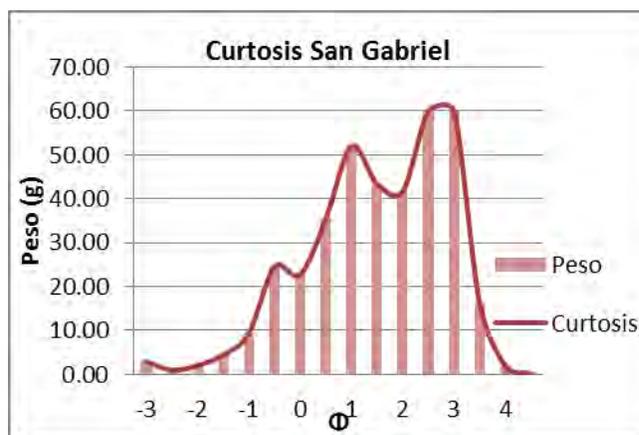


Gráfico 52. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a la playa San Gabriel.

Tabla 28. Parámetros Sedimentológicos de la playa San Gabriel.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.5	-
Mz $\phi$	1.30	Arenas media
Desviación estándar	1.30	Mal clasificada
Asimetría	-0.16	Asimétrica - gruesos
Curtosis	0.84	Platicurtica

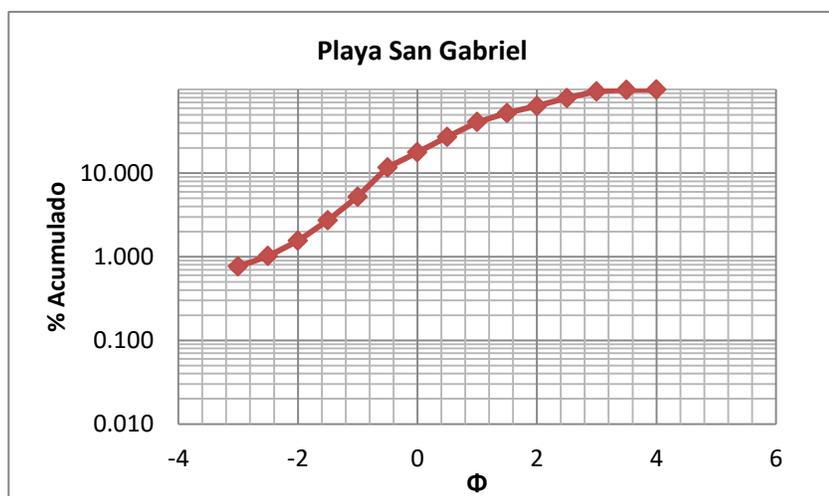


Gráfico 53 Curva acumulativa de la playa San Gabriel.

La playa San Gabriel está conformada por arena media mal clasificada, y platicurtica. Durante el tamizado se observaron restos de organismos como conchas, los cuales dan como resultado los gráficos 51 y 52 mostrados anteriormente.

### 3.7.10 Playa Solmar.

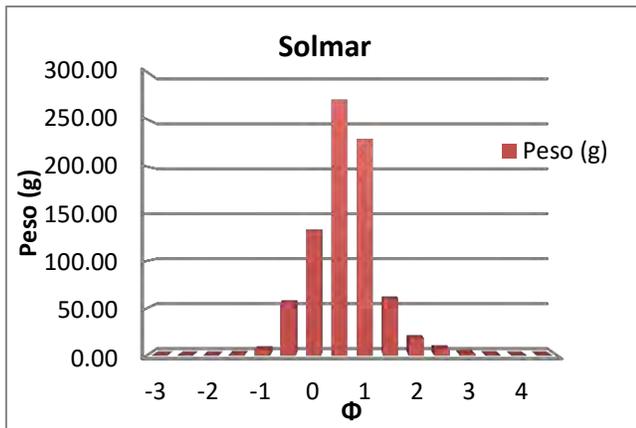


Gráfico 54. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso. Correspondiente a la playa Solmar.

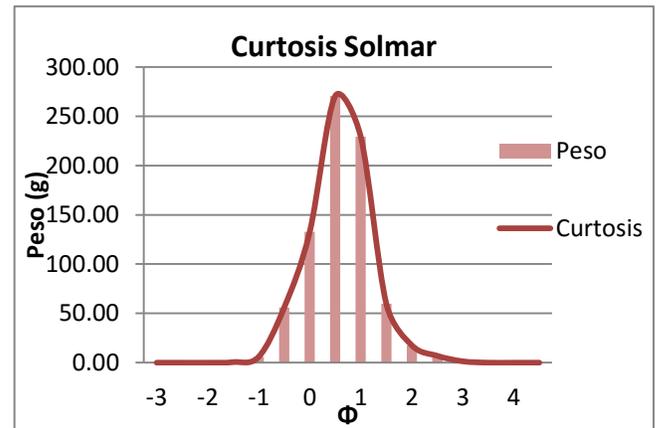


Gráfico 55. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a la playa Solmar.

Tabla 29. Parámetros Sedimentológicos de la playa Solmar.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	0.4	-
Mz $\phi$	0.34	Arenas gruesas
Desviación estándar	0.61	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.03	Simétrica
Curtosis	1.13	Leptocúrtica

La Playa Solmar está conformada por arenas gruesas, se encuentra moderadamente bien clasificada, simétrica y Leptocúrtica. El ambiente de formación es de playa, como mecanismos de transporte se pueden observar saltación y suspensión.

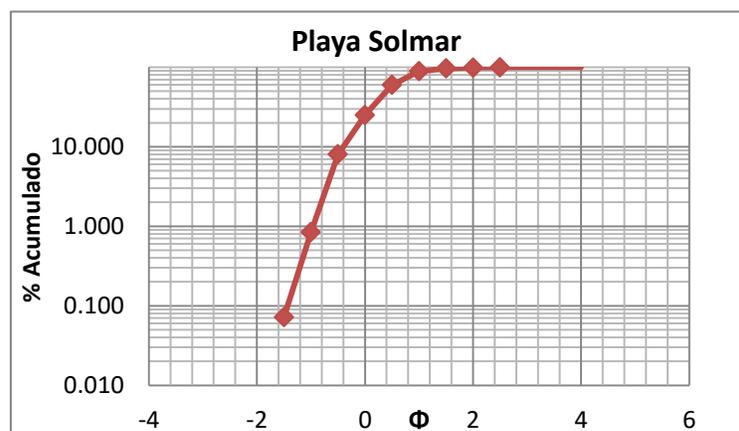


Gráfico 56. Parámetros Sedimentológicos de la playa Solmar.

### 3.7.11 Playa Tecolote

#### Tecolote Infraplaya

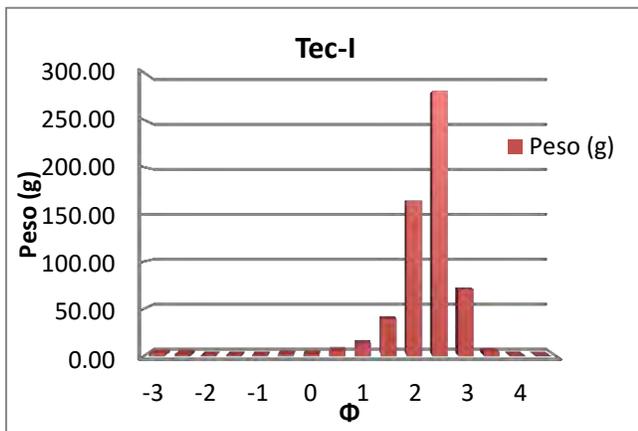


Gráfico 57. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso correspondiente. Correspondiente a la subzona infraplaya.

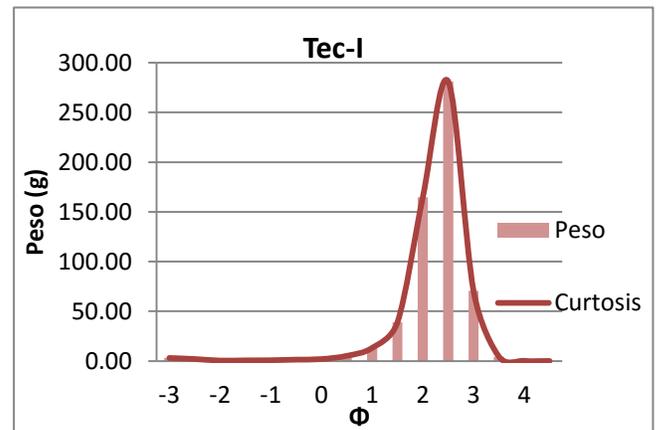


Gráfico 58. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Tecolote.

Tabla 30. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa Tecolote

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2.1	-
Mz $\phi$	2.04	Arenas finas
Desviación estándar	0.50	Bien clasificada
Asimetría	-0.27	Asimétrica-gruesos
Curtosis	1.20	Leptocúrtica

#### Tecolote mesoplaya

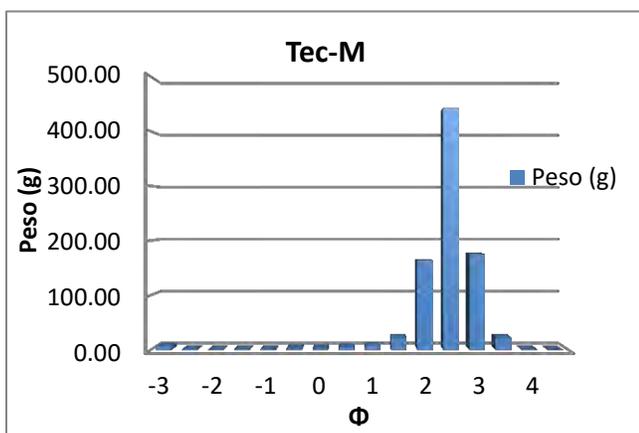


Gráfico 59. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a la subzona mesoplaya.

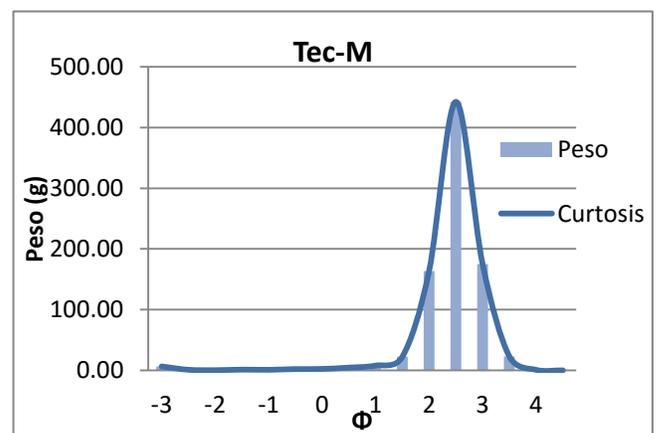


Gráfico 60. Representación gráfica de la curtosis en la subzona mesoplaya correspondiente a la playa Tecolote.

Tabla 31. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Tecolote.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2.3	-
Mz $\phi$	2.22	Arenas finas
Desviación estándar	0.47	Bien clasificada
Asimetría	-0.07	Simétrica
Curtosis	1.43	Leptocúrtica

### Tecolote Supraplaya

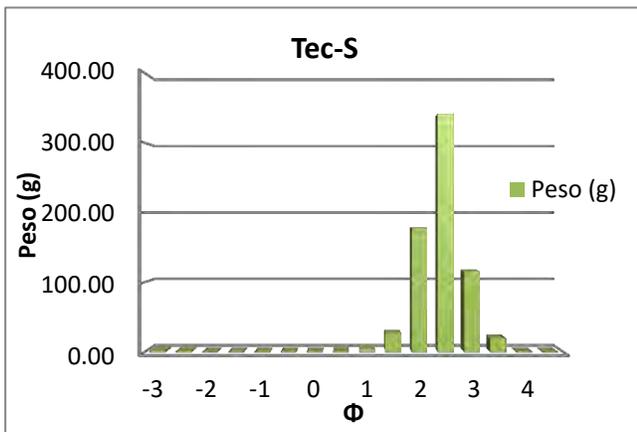


Gráfico 62. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a la subzona supraplaya.

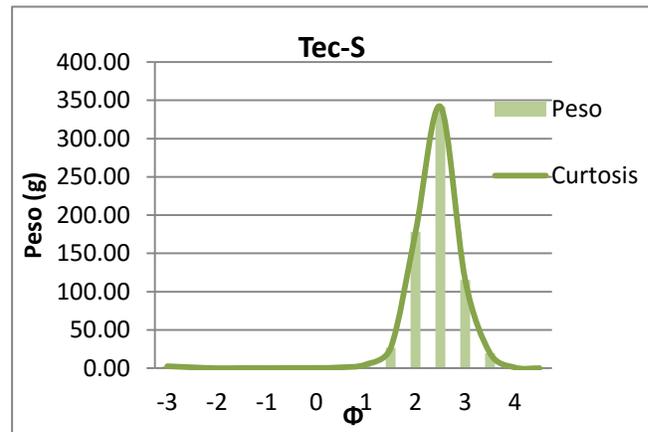


Gráfico 61. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Tecolote.

Tabla 32. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de supraplaya en la playa Tecolote.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	2.3	-
Mz $\phi$	2.15	Arenas finas
Desviación estándar	0.45	Bien clasificada
Asimetría	-0.03	Simétrica
Curtosis	1.13	Leptocúrtica

El tamaño de grano de las tres subzonas de la playa tecolote es igual en las tres subzonas, reportándose como arenas finas bien clasificadas. El parámetro de curtosis clasifica a las tres subzonas como leptocurticas.

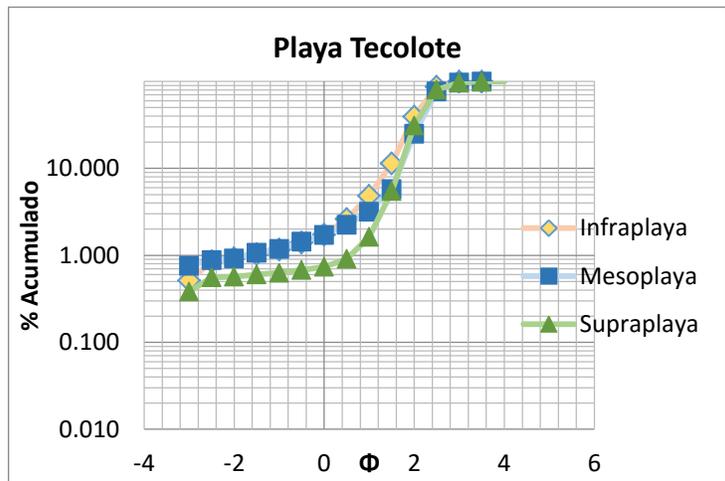


Gráfico 63. Curvas acumulativas de las tres subzonas de playa Tecolote.

El ambiente de formación de las arenas de playa tecolote es de playa, con mecanismos de transporte de rodamiento, saltación y suspensión.

### 3.7.12 Playa Todos Santos

Todos Santos infraplaya.

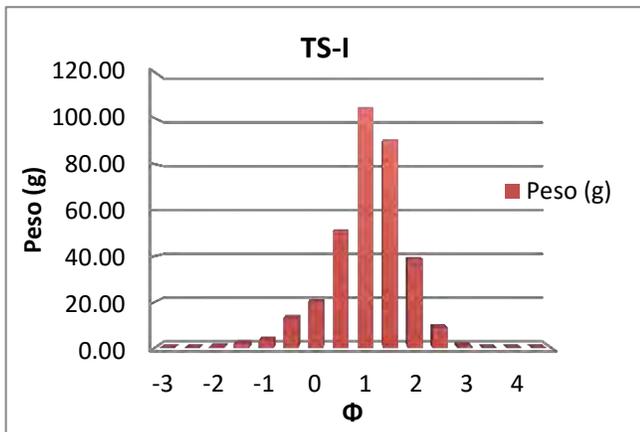


Gráfico 65. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a la subzona infraplaya.

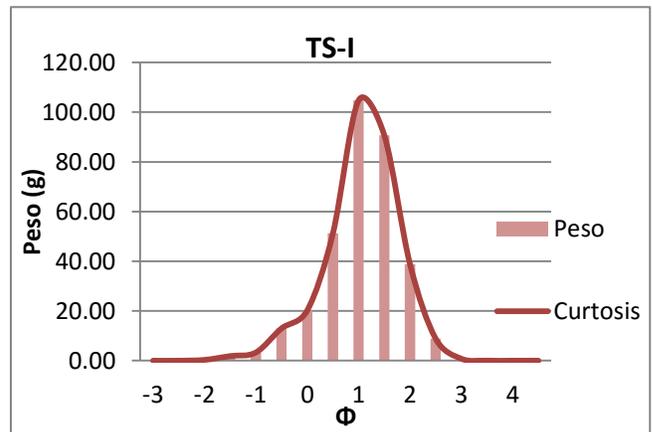


Gráfico 64. Representación gráfica de la curtosis en la subzona infraplaya correspondiente a la playa Todos Santos.

Tabla 33. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de infraplaya en la playa Todos Santos.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1	-
Mz $\phi$	0.83	Arenas gruesas
Desviación estM;ándar	0.70	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.12	Asimétrica - gruesos
Curtosis	1.15	Leptocúrtica

Todos Santos mesoplaya.

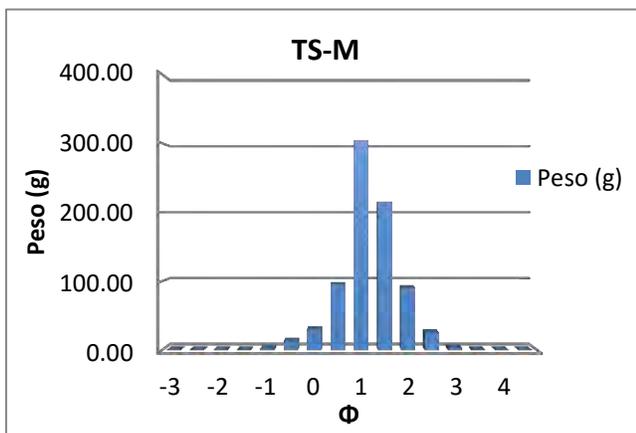


Gráfico 67. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a la subzona mesoplaya.

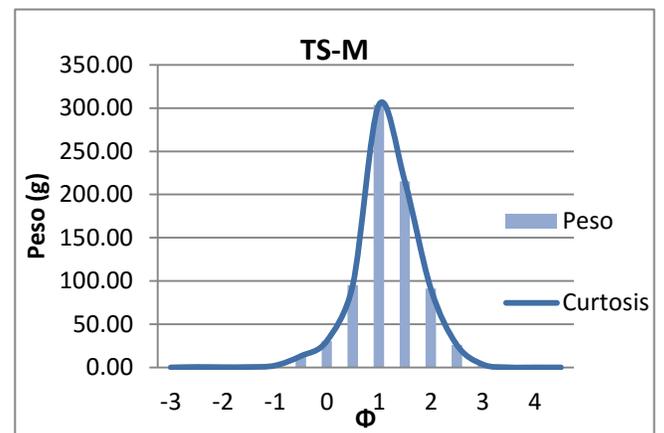


Gráfico 66. Representación gráfica de la curtosis en la subzona mesoplaya correspondiente a la playa Todos Santos.

Tabla 34. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de mesoplaya en la playa Todos Santos.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.1	-
Mz $\phi$	0.83	Arenas gruesas
Desviación estándar	0.71	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.12	Asimétrica - gruesos
Curtosis	1.16	Leptocúrtica

Todos Santos Supraplaya.

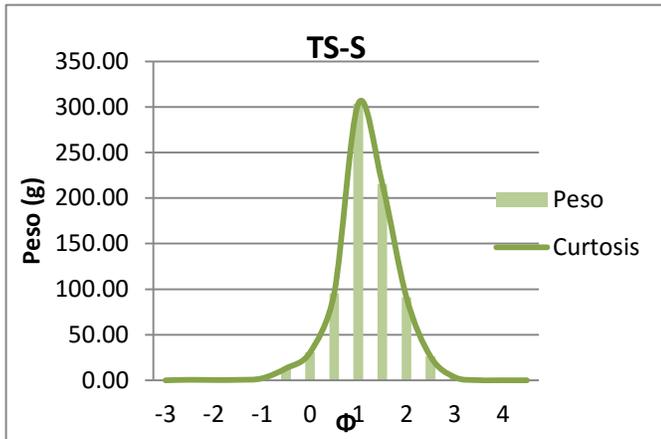


Gráfico 68. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a la subzona supraplaya.

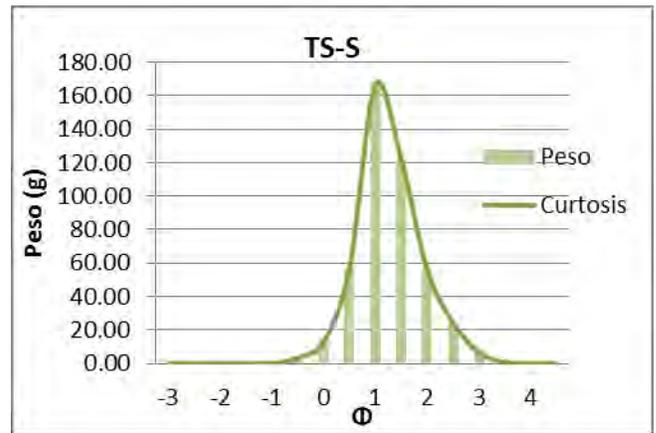


Gráfico 69. Representación gráfica de la curtosis en la subzona supraplaya correspondiente a la playa Todos Santos.

Tabla 35. Parámetros Sedimentológicos de la subzona de supraplaya en la playa Todos Santos.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	1.1	-
Mz $\phi$	1.03	Arenas medias
Desviación estándar	0.61	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	0.17	Asimétrica - gruesos
Curtosis	1.12	Leptocúrtica

La playa Todos Santos está conformada por arenas gruesas y arenas medias. La zona de infraplaya está compuesta por arenas gruesas moderadamente bien clasificadas y leptocúrtica el tamaño de grano se mantiene en arenas gruesas, pero moderadamente bien clasificada y se mantiene en leptocúrtica. La última zona de supraplaya cambia el tamaño de grano a arenas medias, asimétrica a gruesos y leptocúrtica.

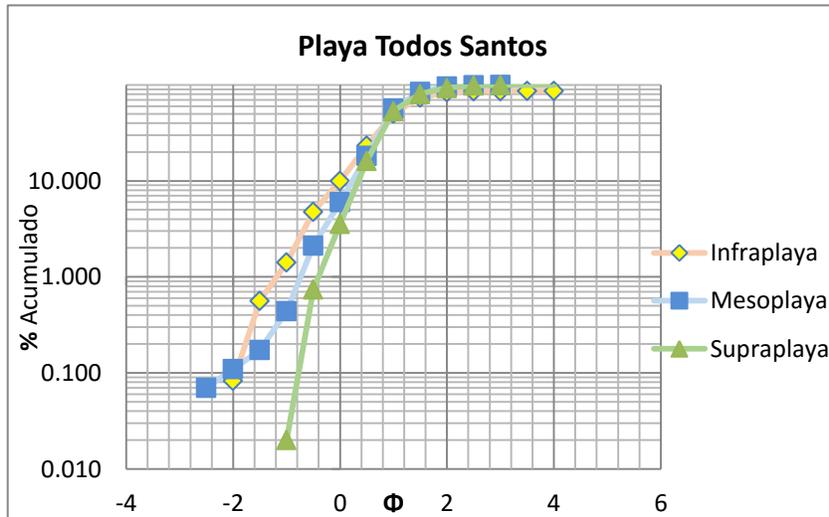


Gráfico 70. Curvas acumulativas de las tres subzonas de la playa Todos Santos.

El ambiente de formación de las arenas de Todos Santos es ambiente de playa, con un mecanismo de transporte de rodamiento, deslizamiento en la zona de mesoplaya con saltación y suspensión en las dos subzonas más.

### 3.8 Parámetros sedimentológicos de las muestras obtenidas mediante buceo.

#### 3.8.1 Buceo 1 Playa Bonanza

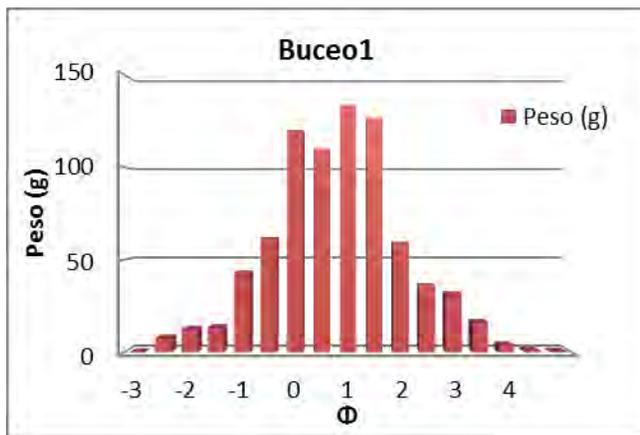


Gráfico 71. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente al buceo 1.

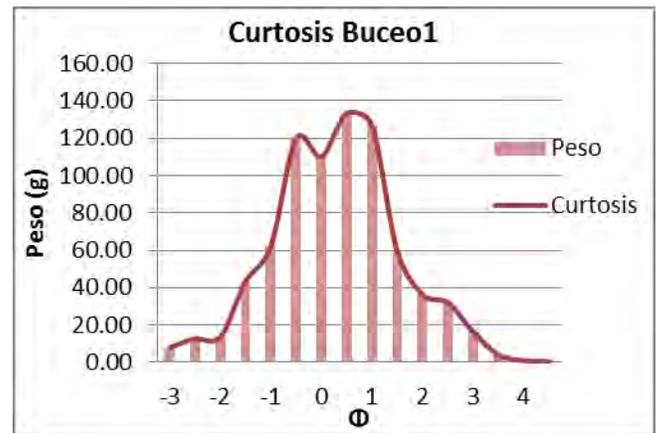


Gráfico 72. Representación gráfica de la curtosis correspondiente al buceo 1.

Tabla 36. Parámetros Sedimentológicos de las muestras obtenidas mediante el buceo 1.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda		-
Mz $\phi$	0.05	Arenas gruesas
Desviación estándar	1.21	Mal clasificada
Asimetría	0.004	Simétrica
Curtosis	1.08	Mesocurtica

Las muestras recolectadas mediante el buceo número uno muestran arenas gruesas mal clasificadas, los gráficos realizados y parámetros obtenidos muestran una distribución simétrica y mesocurtica.

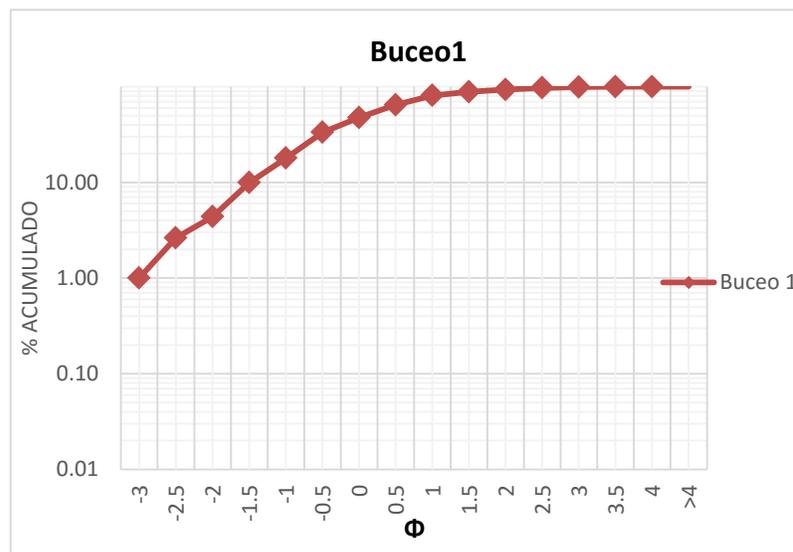


Gráfico 73. Curva acumulativa de arenas colectadas mediante el buceo número 1.

El mecanismo de transporte para estas partículas es mediante saltación.

### 3.8.2 Buceo 2 Paileboat.

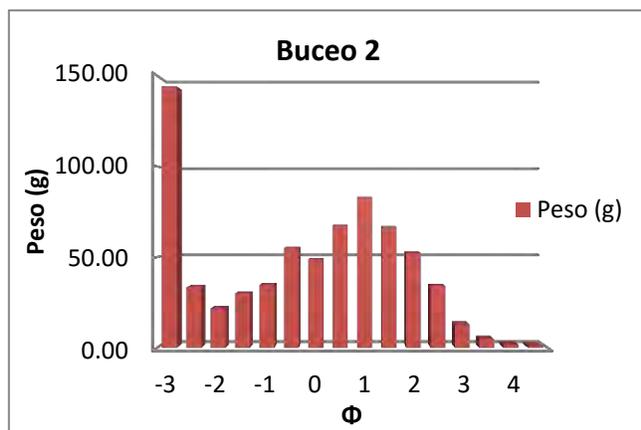


Gráfico 74. Representando en eje “x” el tamaño de la partícula y en eje “y” el peso, correspondiente a buceo 2.

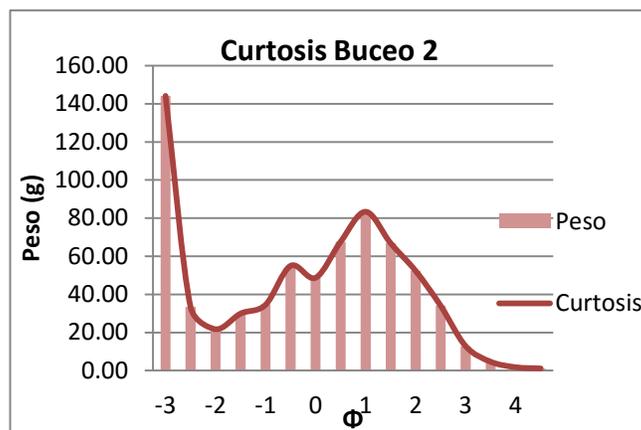


Gráfico 75. Representación gráfica de la curtosis correspondiente al buceo 2.

Tabla 37. Parámetros Sedimentológicos de las muestras obtenidas mediante el buceo 2.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda		-
Mz $\phi$	-0.62	Arenas muy gruesas
Desviación estándar	2.0	Mal clasificada
Asimetría	0.19	Asimétrica – gruesos
Curtosis	0.65	Muy platicúrtica.

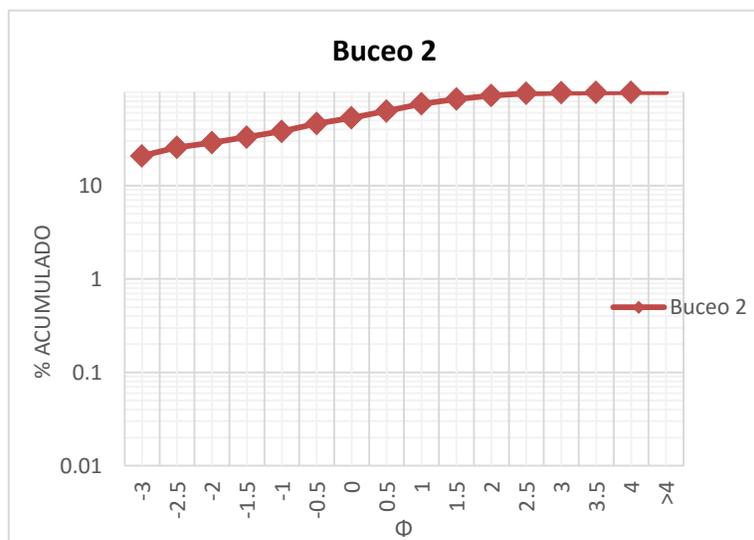


Gráfico 76. Curva acumulativa de arenas colectadas mediante el buceo número 2.

Las muestras obtenidas mediante el “Buceo 2” fueron clasificadas como arenas gruesas, en los primeros tamices fueron capturados materiales calcáreos es por esto que los parámetros obtenidos nos indican una mala clasificación, asimétrica hacia gruesos y muy platicúrtica.

### 3.8.3 Buceo 3 (Lobera)

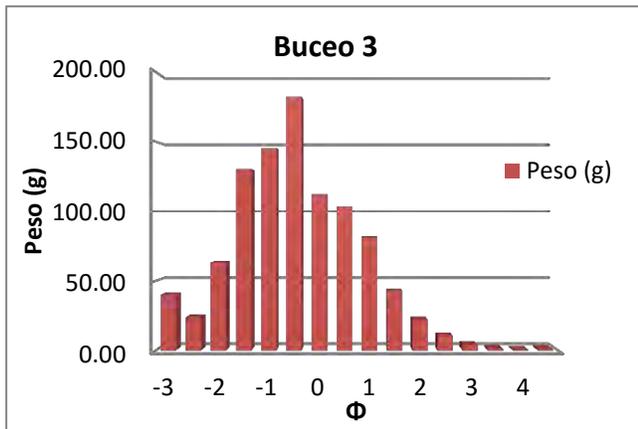


Gráfico 77. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a buceo 3.

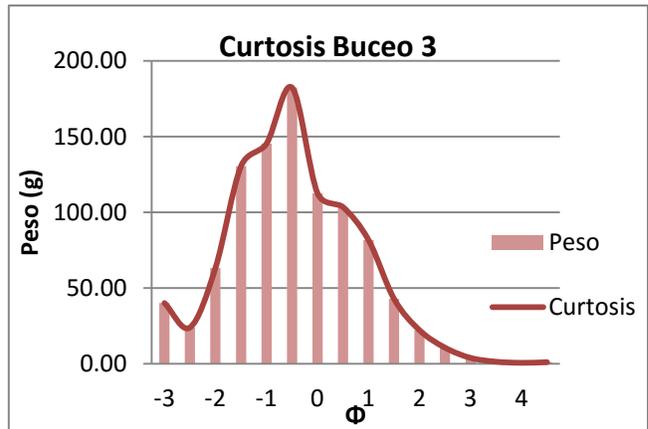


Gráfico 78. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a buceo 3.

Tabla 38. Parámetros Sedimentológicos de las muestras obtenidas mediante el buceo 3.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	--	-
Mz $\phi$	-0.70	Arenas muy gruesas
Desviación estándar	1.25	Mal clasificada
Asimetría	0.06	Asimétrica – gruesos
Curtosis	1.03	Mesocurtica.

Las muestras obtenidas durante el buceo 3 son clasificadas como arenas muy gruesas, mal clasificadas y asimétricas con tendencia a gruesos y con una distribución mesocúrtica.

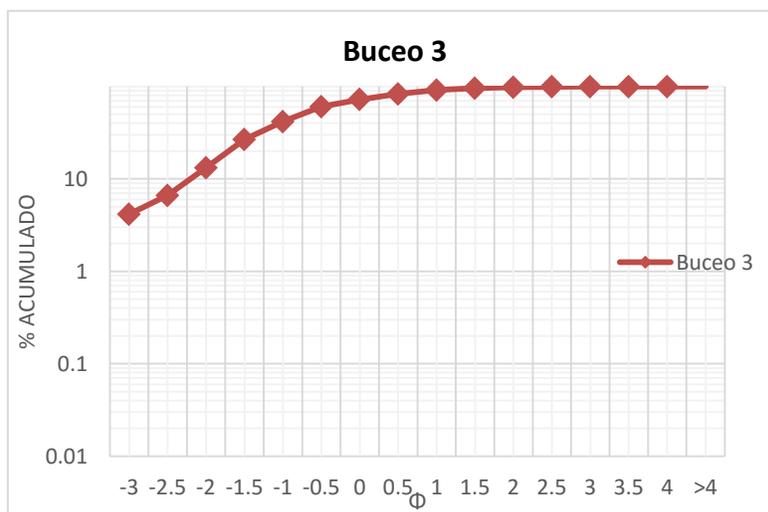


Gráfico 79. Curva acumulativa de arenas colectadas mediante el buceo número 3.

### 3.9 Parámetros sedimentológicos de las muestras obtenidas en dunas.

#### 3.9.1 Muestreo en Duna “Migriño 1”

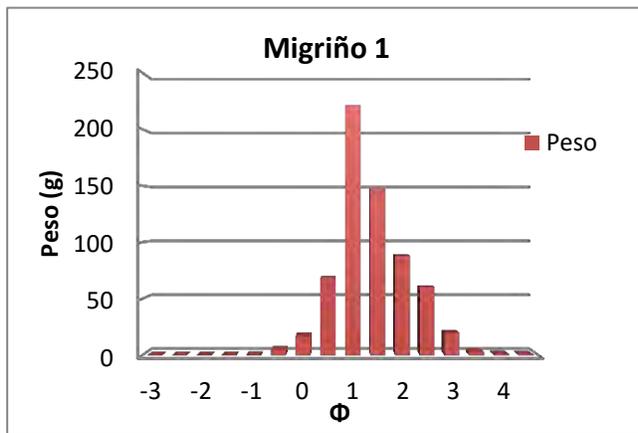


Gráfico 80. Representando en eje “x” el tamaño de la partícula y en eje “y” el peso, correspondiente a Migriño 1.

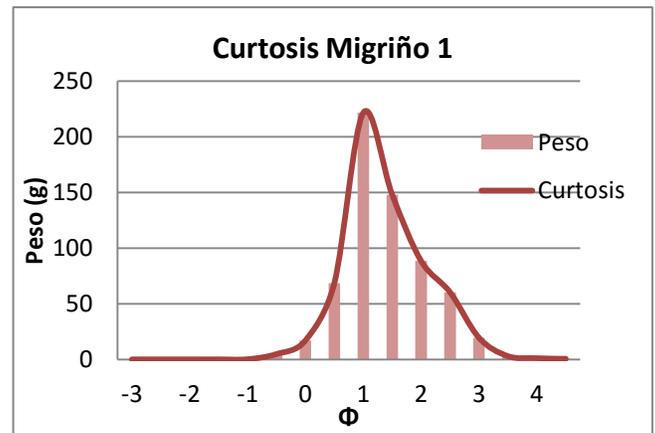


Gráfico 81. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a Migriño 1.

Tabla 39. Parámetros Sedimentológicos de las muestras obtenidas en Migriño 1.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	--	-
Mz $\phi$	1.15	Arenas medias
Desviación estándar	0.70	Moderadamente bien clasificadas
Asimetría	0.24	Asimétrica – gruesos
Curtosis	1.03	Mesocurtica.

Las muestras recolectadas en “Migriño 1” son clasificadas como arenas medias, moderadamente bien clasificadas asimétricas con tendencia hacia gruesos. El parámetro de curtosis permite clasificar la distribución como mesocurtica.

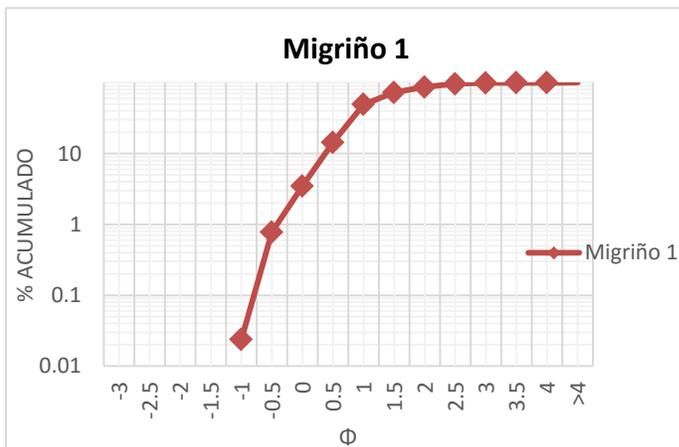


Gráfico 82. Curva acumulativa de arenas colectadas en duna.

El ambiente de formación es eólico.

### 3.10 Parámetros sedimentológicos de la muestra obtenidas en laguna.

#### 3.10.1 Muestreo Laguna “La Poza”

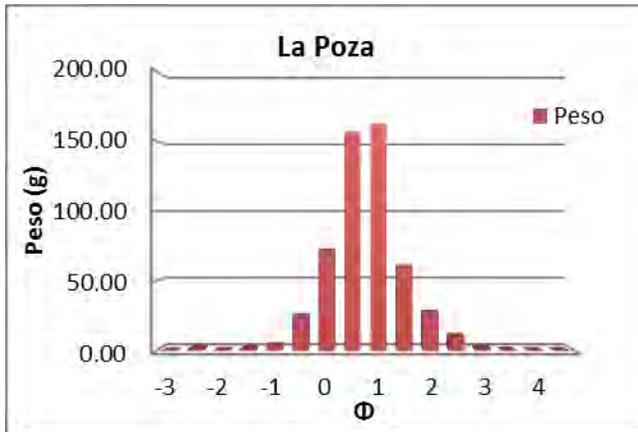


Gráfico 83. Representando en eje “x” el tamaño de la partícula y en eje “y” el peso, correspondiente a La Poza.

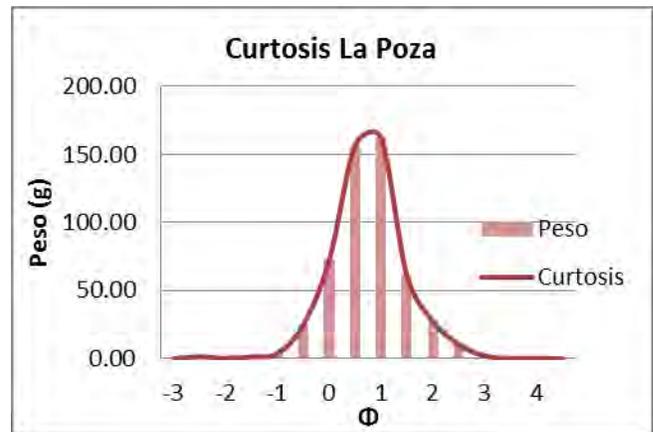


Gráfico 84. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a La Poza.

Tabla 40. Parámetros Sedimentológicos de las muestras de Laguna La Poza.

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	--	-
Mz $\phi$	0.50	Arenas Gruesas
Desviación estándar	0.67	Moderadamente bien clasificadas
Asimetría	0.03	Simétrica
Curtosis	1.17	Leptocúrtica

Las muestras obtenidas en la laguna, arrojan valores de arenas gruesas moderadamente bien clasificadas, con una distribución simétrica y leptocúrtica. El mecanismo de transporte de estas partículas es mediante saltación en un ambiente de formación de río.



Gráfico 85. Curva acumulativa de arenas colectadas en laguna La Poza

### 3.11 Parámetros sedimentológicos de la muestra obtenida en afloramiento.

#### 3.11.1 La Trinidad 1.

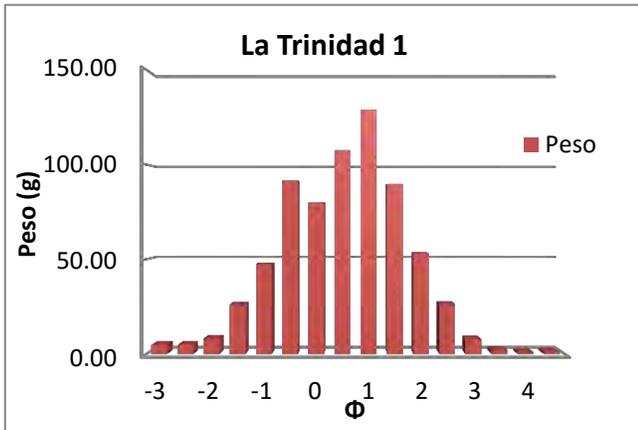


Gráfico 86. Representación gráfica de la curtosis correspondiente a La Trinidad 1.

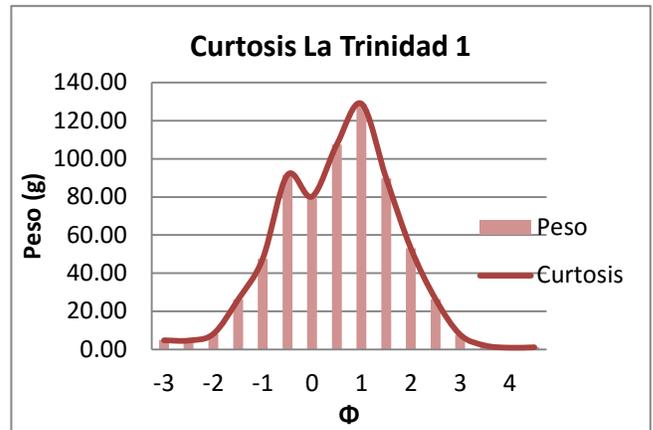


Gráfico 87. Representando en eje "x" el tamaño de la partícula y en eje "y" el peso, correspondiente a La Trinidad 1.

Tabla 41. Parámetros Sedimentológicos de la muestra La Trinidad 1

Parámetro	Valor	Clasificación
$\phi$ Moda	--	-
Mz $\phi$	0.28	Arenas Gruesas
Desviación estándar	1.14	Mal clasificada
Asimetría	0.08	Simétrica
Curtosis	0.95	Mesocurtica



Gráfico 88. Curva acumulativa de arenas colectadas en La Trinidad.

Se graficó la desviación estándar y la asimetría en la siguiente figura (figura 44), con lo cual se puede obtener el ambiente de formación de las arenas colectadas, así como el mapa de ubicación de dichas muestras. Las arenas de playa analizadas corresponden a la subzona de mesoplaya, al observar el lugar en que fueron graficadas se podría decir que dichas muestras no se adapta correctamente a este diagrama.

Las muestras de playa colectadas cerca del mar de Cortéz en el diagra caen dentro de la zona de playa. Para el caso de las muestras colectada en duna se observa que tienen un aporte eólico. La muestra de laguna un aporte de río, y la muestra de afloramiento un aporte de río o ambiente turbidítico.

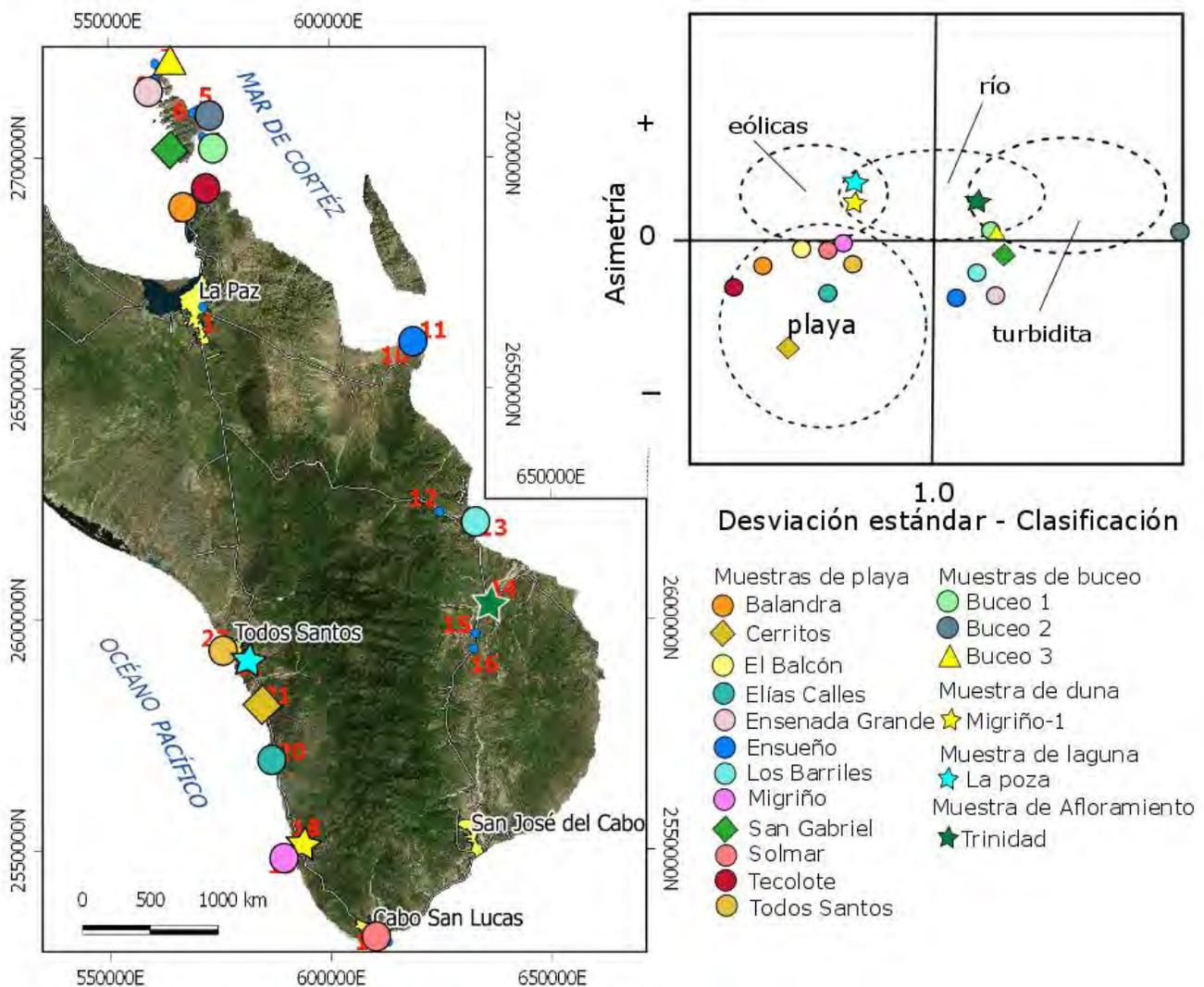


Figura 43. Clasificación de ambientes sedimentarios de las arenas, con respecto a su asimetría y desviación estándar. Diagrama de clasificación modificado de Bjorlykke, 1984, mapa de localización modificado de Google Earth 2016.

#### 4 Análisis Petrográfico.

La petrografía es una técnica analítica la cual se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de láminas delgadas procedentes de las rocas en estudio. Así mismo esta técnica permite descubrir características físicas en los cristales y la relación que existe entre ellos, lo que ayuda a determinar la composición de la roca centrándose principalmente en la naturaleza y origen de la misma.

Para este trabajo se analizaron las arenas procedentes de diversas playas, arenas obtenidas mediante buceo, duna, afloramiento y laguna. Se analizaron 19 secciones delgadas registrando la mineralogía observada mediante un conteo de 200 puntos (Tabla 39) considerando los elementos mencionados en la tabla 38.

Tabla 42. Partículas consideradas para la clasificación de las muestras.

Mineral / Elemento	Abreviatura
Cuarzo	C
Feldespato	Fd
Fragmentos Roca Ígnea	FrI
Fragmentos Roca Metamórfica	FrM
Fragmentos Roca Sedimentaria	FrS
Minerales Pesados	MP
Biógenos	BI

Al finalizar el conteo de puntos se utilizó el software "Prosim" para realizar los diagramas ternarios y así obtener una clasificación mineralógica de las arenas. El diagrama utilizado para dicha clasificación fue el de Pettijohn (1973), el cual se muestra a continuación.

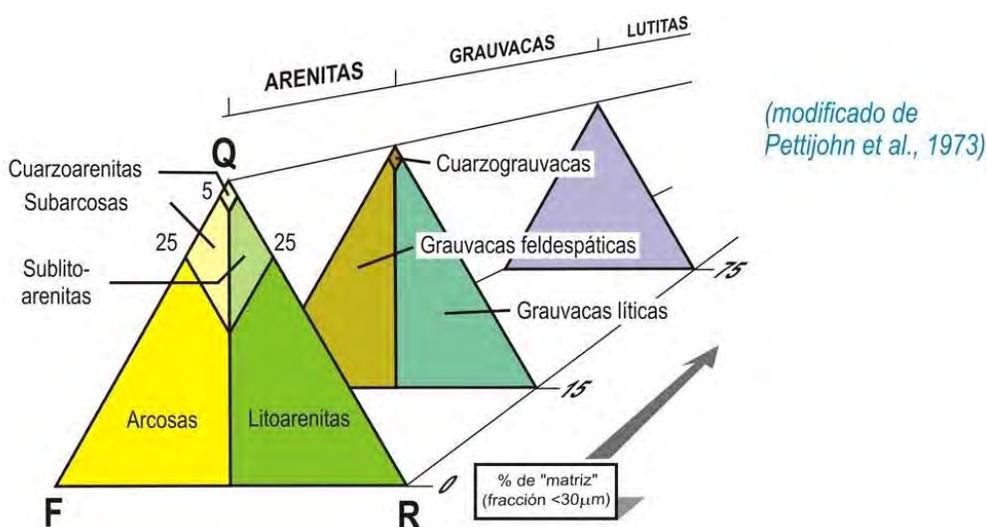


Figura 44. Clasificación de Pettijohn, Tomada de [https://pendientedemigracion.ucm.es/info/petrosed/rd/cdd/cdd\\_ar/ejemplos\\_ar.html](https://pendientedemigracion.ucm.es/info/petrosed/rd/cdd/cdd_ar/ejemplos_ar.html)

Tabla 43. Conteo de puntos de lámina delgada correspondiente a las zonas de playa, buceo, duna, formación y laguna. Dicho conteo incluye cuarzo monocristalino (Cm) y policristalino (Cp), feldespato total (FT), fragmento de roca metamórfica (FrM), volcánica (FrV) y sedimentaria (FrS), minerales pesados (MP) y biógenos (BI).

Muestra	Cm	Cp	FT	FrM	FrV	FrS	MP	BI	Total
Muestras de playa									
<b>Balandra</b>	6	0	20	0	11	5	31	127	200
<b>Cerritos</b>	30	16	81	0	20	0	53	0	200
<b>Balcón</b>	21	16	113	3	27	0	20	0	200
<b>Elías Calles</b>	17	29	96	4	22	2	30	0	200
<b>Ensenada</b>	13	0	8	1	41	10	28	99	200
<b>Ensueño</b>	23	25	59	0	20	2	1	70	200
<b>Barriles</b>	16	22	89	0	31	5	36	1	200
<b>Migriño</b>	22	15	73	4	40	0	45	1	200
<b>San Gabriel</b>	46	18	71	0	57	2	4	2	200
<b>Solmar</b>	30	21	84	6	57	2	1	0	201
<b>Tecolote</b>	3	2	18	0	2	0	67	108	200
Muestras de buceos									
<b>B-1</b>	0	0	5	0	7	5	7	176	200
<b>B-2</b>	4	3	8	0	15	6	11	153	200
<b>B-3</b>	1	0	2	0	2	1	0	195	201
Muestra de duna									
<b>Mig-1</b>	17	18	88	1	27	1	49	0	201
Muestra de formación									
<b>Trinidad</b>	16	23	99	0	15	3	44	0	200
<b>Trinidad-Arenisca</b>	7	33	95	0	10	0	74	0	219
Muestra de laguna									
<b>La Poza</b>	21	17	77	9	52	10	7	7	200

Tabla 44. Con ayuda de la tabla anterior se obtienen nuevos valores, la columna llamada CT (cuarzo total) se obtiene al sumar Cm+Cp. La siguiente columna mantiene igual al considerar los feldespatos totales (FT), la columna llamada líticos corresponde a la suma de los fragmentos de roca ígnea, sedimentaria y metamórfica. A partir de estos valores se realizan operaciones básicas para obtener el porcentaje de cuarzo, feldespato y líticos. Dichos valores son graficados en el triángulo de Petijhon.

Muestra	CT	FT	Líticos	Suma	% Qz	% FD	% Líticos
Muestras de playa							
<b>Balandra</b>	6	20	16	42	14.29	47.62	38.10
<b>Cerritos</b>	46	81	20	147	31.29	55.10	13.61
<b>Balcón</b>	37	113	30	180	20.56	62.78	16.67
<b>Elías Calles</b>	46	96	28	170	27.06	56.47	16.47
<b>Ensenada</b>	13	8	52	73	17.81	10.96	71.23
<b>Ensueño</b>	48	59	22	129	37.21	45.74	17.05
<b>Barriles</b>	38	89	36	163	23.31	54.60	22.09
<b>Migriño</b>	37	73	44	154	24.03	47.40	28.57
<b>San Gabriel</b>	64	71	59	194	32.99	36.60	30.41
<b>Solmar</b>	51	84	65	200	25.50	42.00	32.50
<b>Tecolote</b>	5	18	2	25	20.00	72.00	8.00
Muestras de buceos							
<b>B-1</b>	0	5	12	17	0	29.41	70.59
<b>B-2</b>	7	8	21	36	19.44	22.22	58.33
<b>B-3</b>	1	2	3	6	16.67	33.33	50.00
Muestra de duna							
<b>Mig-1</b>	35	88	29	152	23.03	57.89	19.08
Muestra de formación							
<b>Trinidad</b>	39	99	18	156	25.00	63.46	11.54
<b>Trinidad-Arenisca</b>	40	95	10	145	27.59	65.52	6.90
Muestra de laguna							
<b>La Poza</b>	38	77	71	186	20.43	41.40	38.17

Antes de utilizar en diagrama de Pettijohn debe verificarse el porcentaje de matriz que contiene la roca. Como puede observarse en la Figura 43 del lado derecho hay una flecha la cual indica si el porcentaje de matriz es menor al 15% el diagrama a utilizar será el correspondiente a Arenitas, si dicho porcentaje es mayor a 15% el diagrama a utilizar corresponde a Grauvacas y por último, el diagrama de Lutitas será utilizado para muestras que superan el 75% de matriz.

El material a analizar son arenas, y por lo tanto no es un material compacto, sin matriz. Así que se procede a utilizar el diagrama de clasificación de arenas. Con el conteo de puntos realizado, las muestras se clasificaron de la siguiente forma (Figura 45).

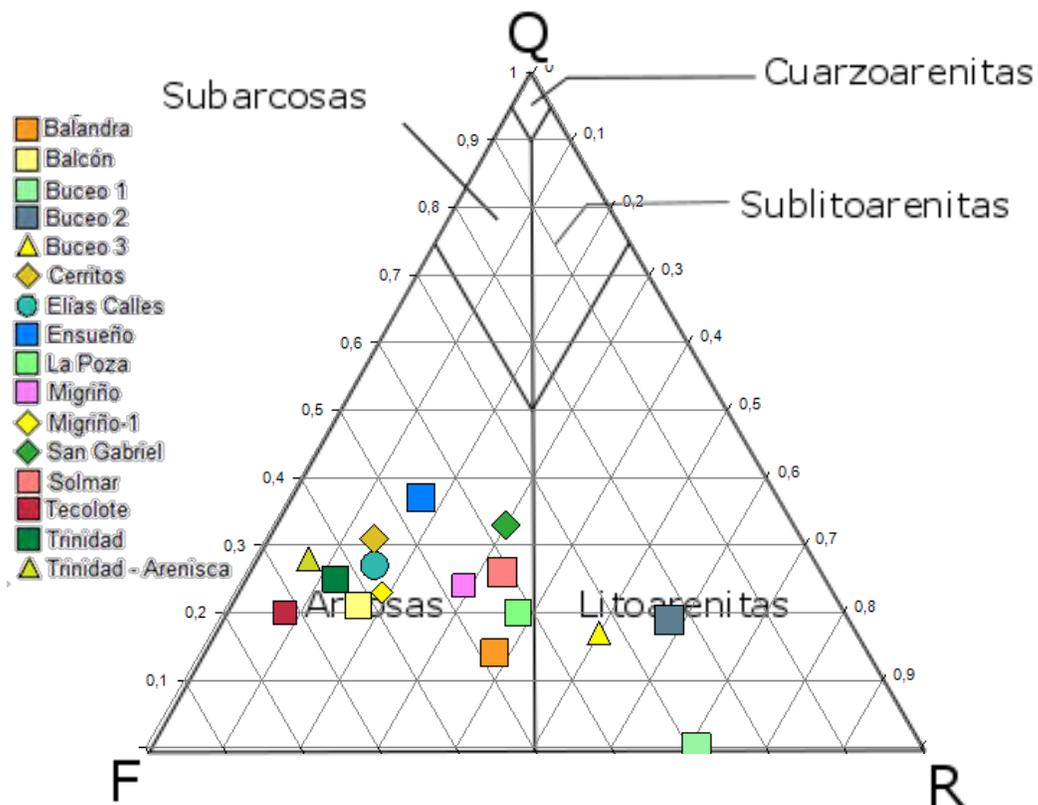


Figura 45. Diagrama de clasificación mineral, de las zonas de mesoplaya correspondientes a las arenas colectadas (modificado de Pettijohn 1973).

La mayoría de las muestras fueron clasificadas como arcosas, mientras que las arenas obtenidas en los tres buceos, se clasifican como litoarenitas.

Se realizó también el siguiente diagrama ternario (figura 46), en el cual no se consideran los fragmentos de roca, pero sí los biógenos observados y registrados mediante el conteo. Se relizaron los mismos cálculos que los mostrados en el gráfico 43, cambiando los datos de la columna “Líticos”, por Biógenos.

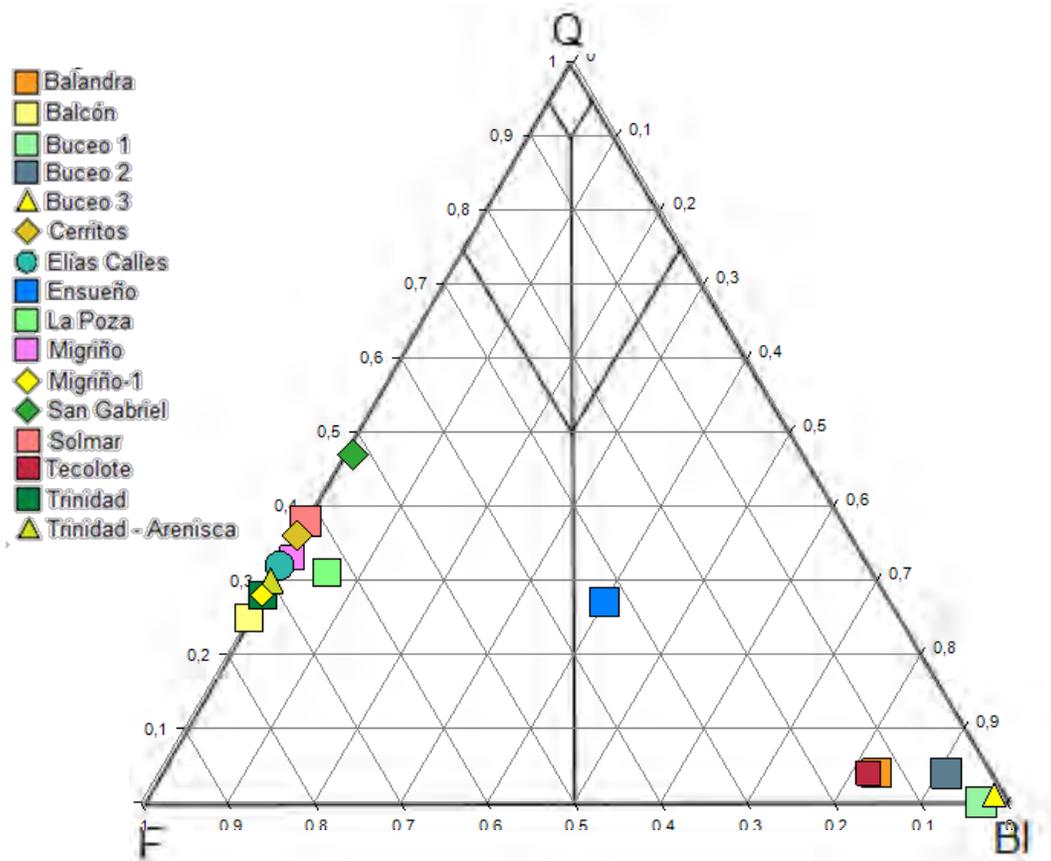


Figura 46. Diagrama de clasificación mineral, de las zonas de mesoplaya correspondientes a las arenas colectadas.

En este caso la mayoría de las muestras caen del lado izquierdo debido al contenido de cuarzo y feldespatos el cual es mayor al contenido de biógenos. Las únicas muestras con mayor contenido de biógenos son los buceos uno dos y tres, así como la playa Balandra y Tecolote. La muestra de la Playa tecolote se encuentra situada casi a la mitad del gráfico, es decir con valores significativos de biógenos y feldespatos.

#### 4.1 Fotos de láminas delgadas.

##### 4.1.1 Playa Balandra

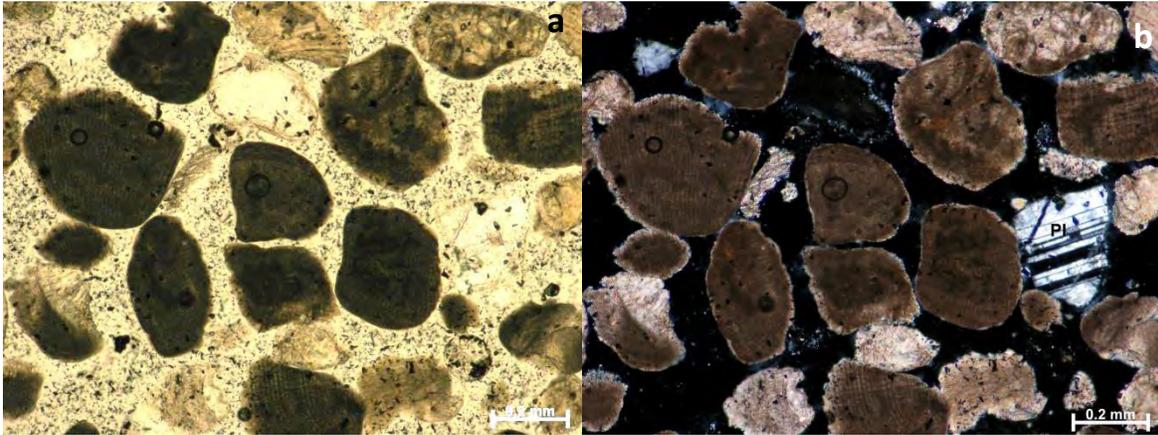


Figura 47. Arenas compuestas esencialmente por biógenos, también se observan algunos fragmentos de plagioclasa. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

##### 4.1.2 Playa Cerritos

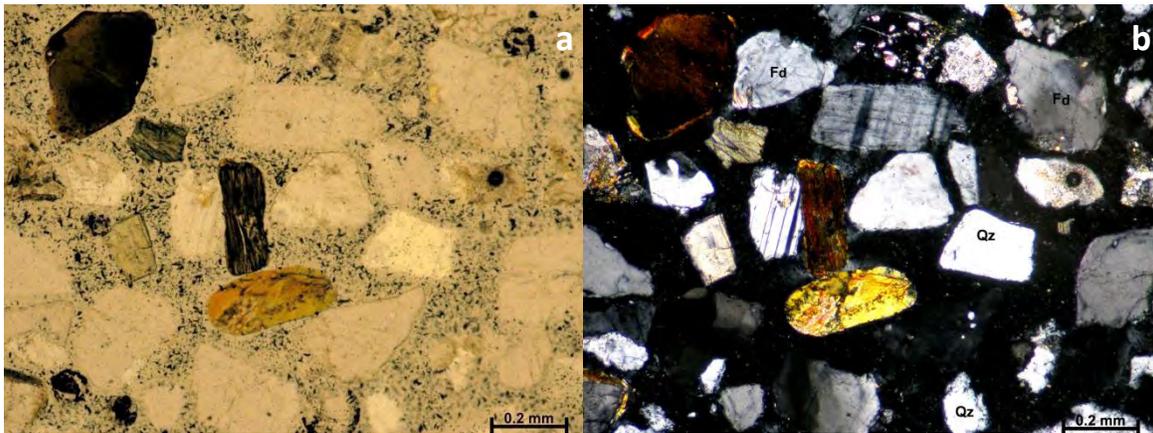


Figura 48. Fragmentos de feldespato, plagioclasas, cuarzo y micas. También se observan fragmentos de roca volcánica. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.3 Playa El Balcón

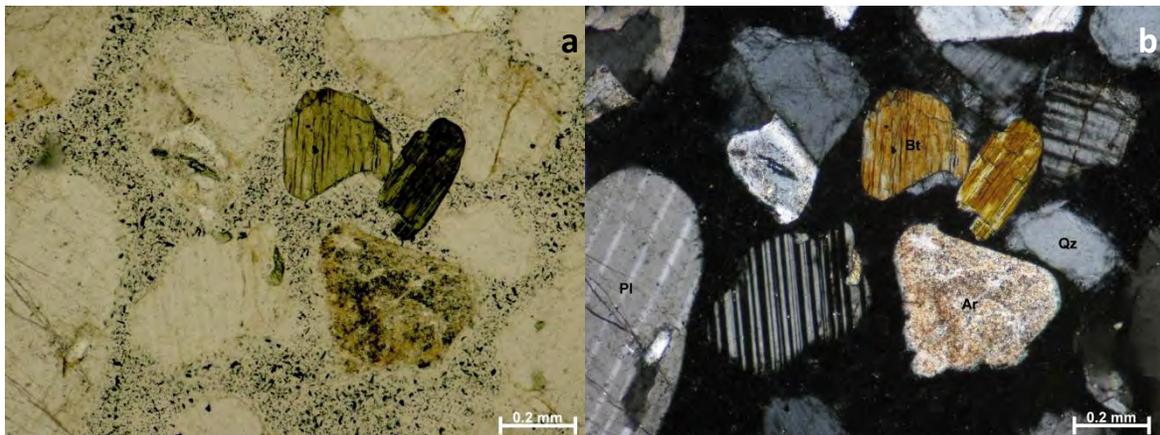


Figura 49. Fragmentos de biotita, plagioclasea y cuarzos. También se observa un fragmento de roca sedimentaria. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.4 Playa Elías Calles

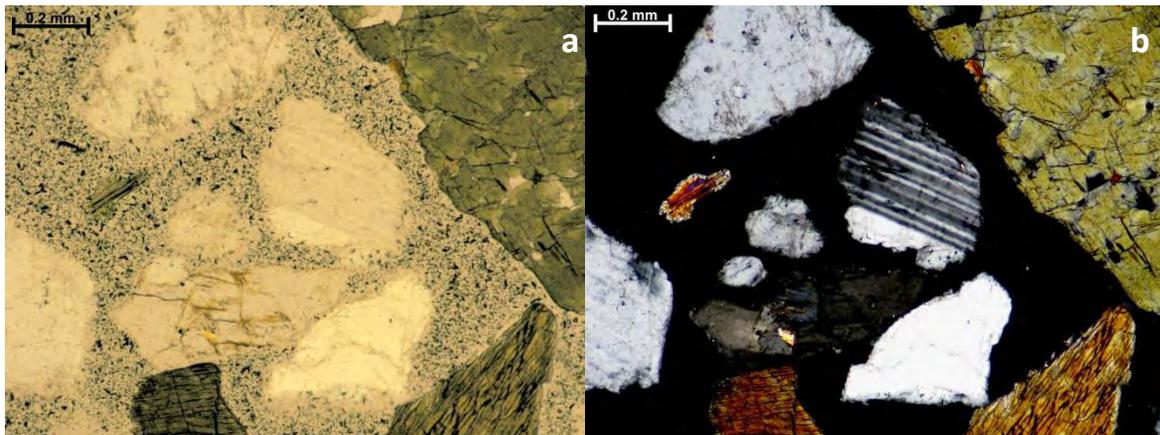


Figura 50. Fragmentos de biotita, plagioclasea, feldespato y cuarzo. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.5 Playa Ensenada Grande

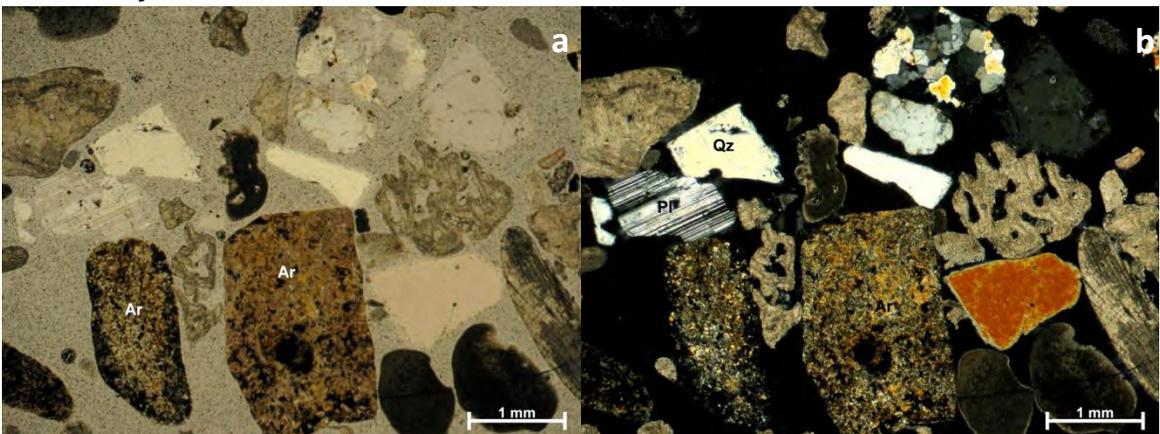


Figura 51. Fragmentos de biógenos, cuarzo, plagioclasea, feldespato y fragmentos de roca sedimentaria y volcánica. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.6 Playa Ensueño

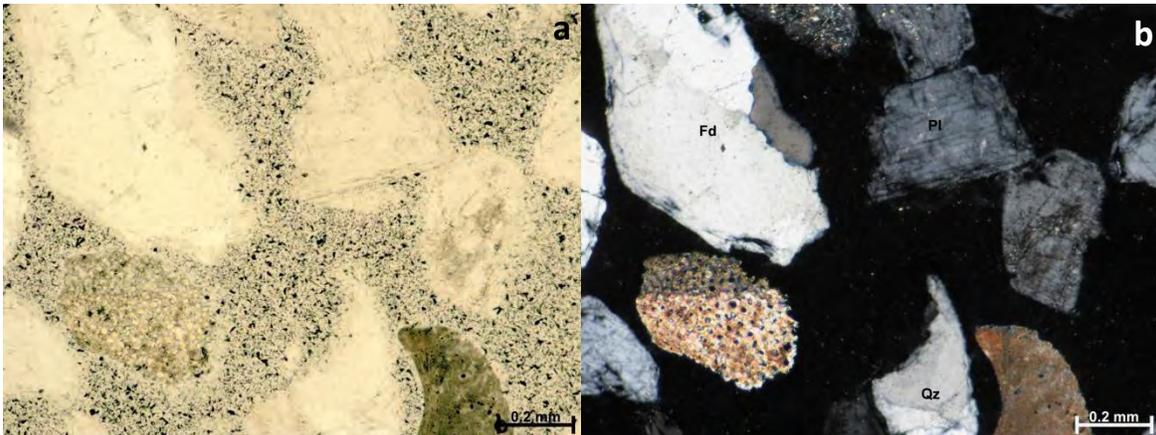


Figura 52. Fragmentos de plagioclasas, cuarzo, feldespatos y biógenos. a) Sección delgada vista con nicoles paralelos. b) Sección delgada vista con nicoles cruzados.

#### 4.1.7 Playa Los Barriles

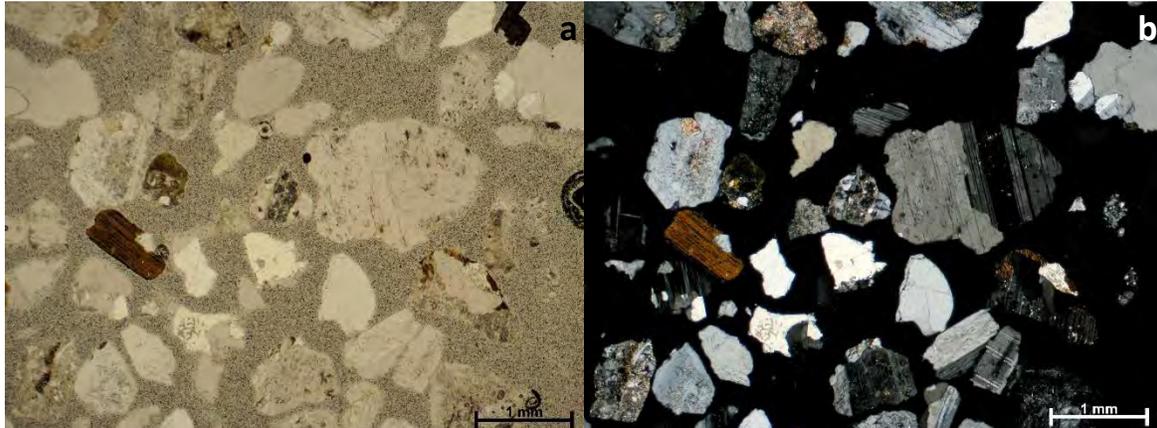


Figura 53. Fragmentos de plagioclasea, cuarzo, biotita y fragmentos de roca volcánica a) Sección delgada vista con nicoles paralelos. b) Sección delgada vista con nicoles cruzados.

#### 4.1.8 Playa Migriño

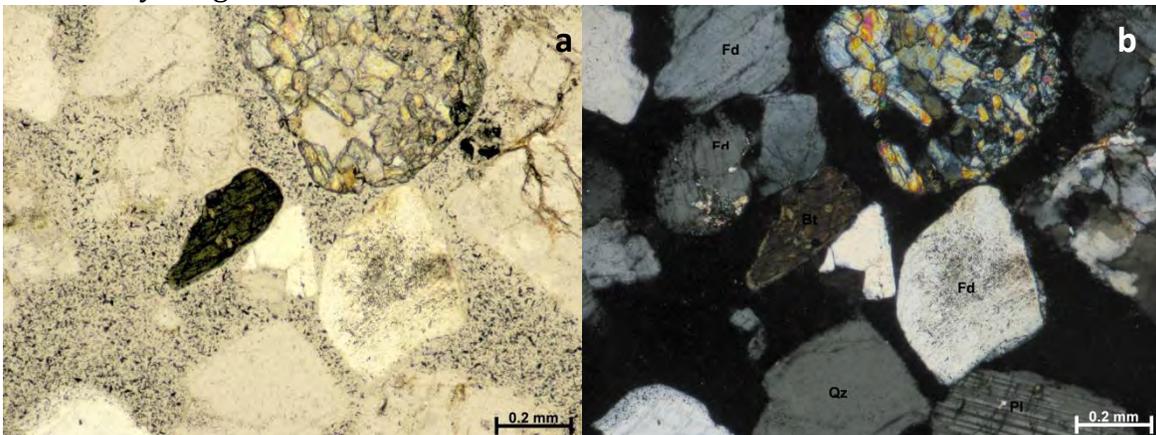


Figura 54. Fragmentos de roca volcánica, feldespato, cuarzo y plagioclasas. a) Sección delgada vista con nicoles paralelos. b) Sección delgada vista con nicoles cruzados.

#### 4.1.9 Playa San Gabriel

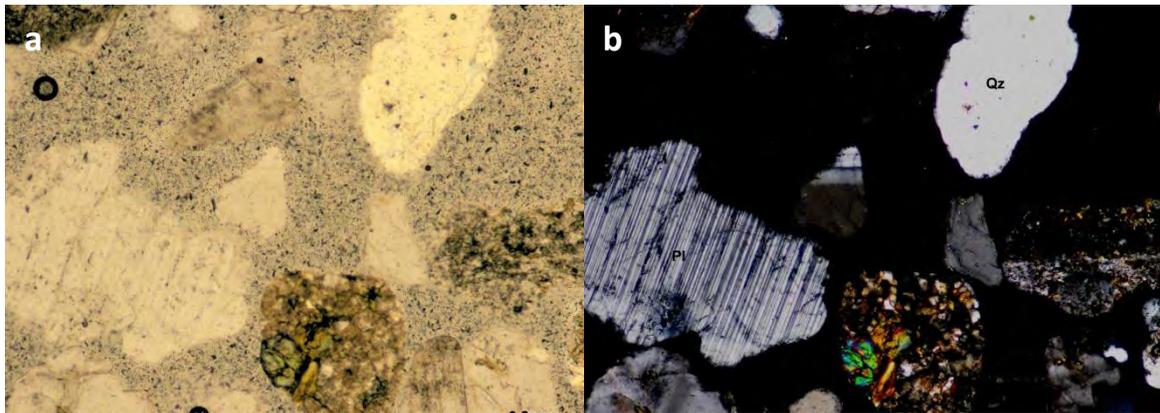


Figura 55. Fragmentos de plagioclasa, cuarzo y feldespato, también se observan fragmentos de roca volcánica. a) Sección delgada vista con nicóles paralelos. b) Sección delgada vista con nicóles cruzados.

#### 4.1.10 Paya Solmar

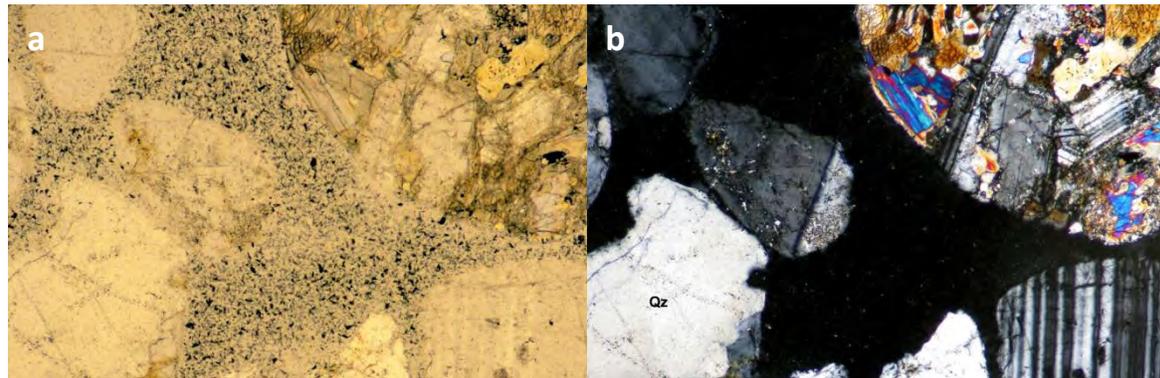


Figura 56. Fragmentos de plagioclasa, cuarzo, feldespato y fragmento de roca metamórfica. a) Sección delgada vista con nicóles paralelos. b) Sección delgada vista con nicóles cruzados.

#### 4.1.11 Playa Tecolote

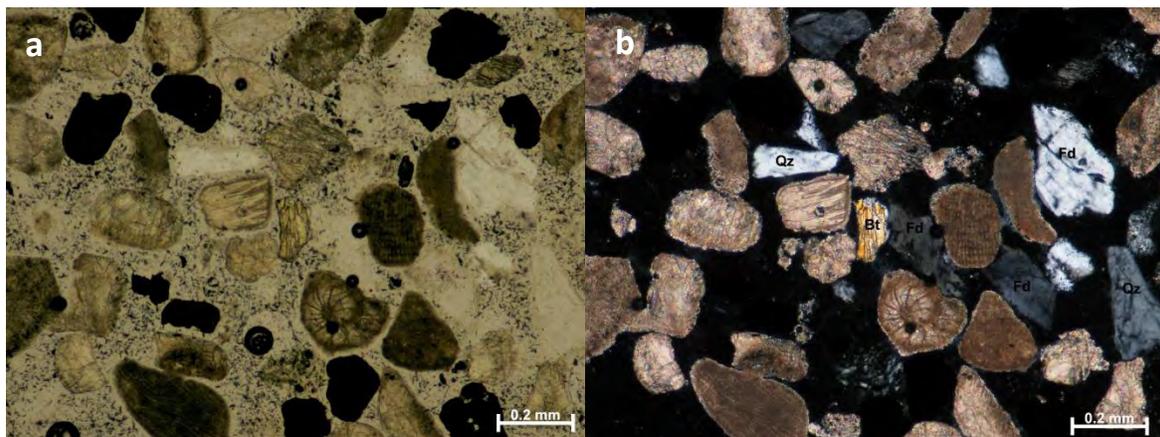


Figura 57. Fragmentos de biógenos, feldespato, cuarzo y biotita. a) Sección delgada vista con nicóles paralelos. b) Sección delgada vista con nicóles cruzados.

#### 4.1.12 Buceo 1



Figura 58. Fragmentos de biógenos y un cristal de cuarzo. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.13 Buceo 2

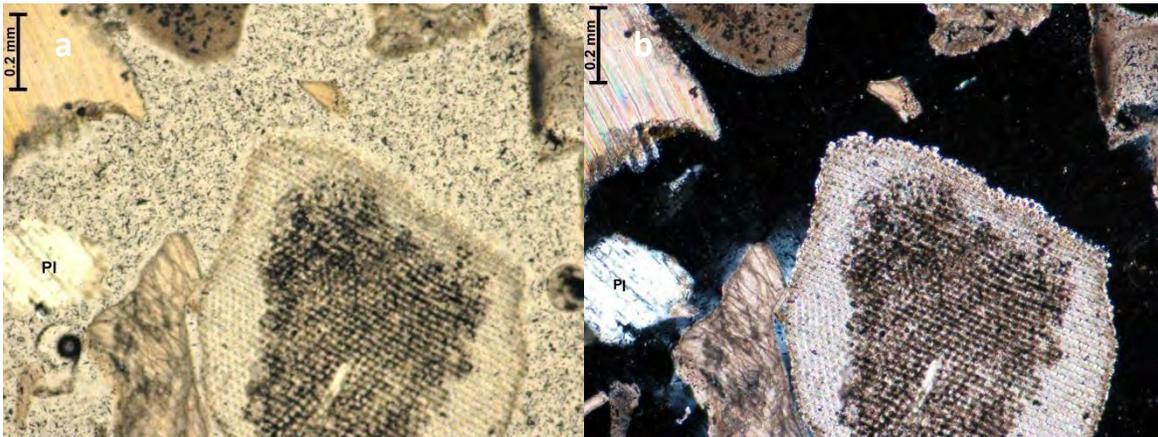


Figura 59. Fragmentos de biógenos, plagioclasa y calcita. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.14 Buceo 3

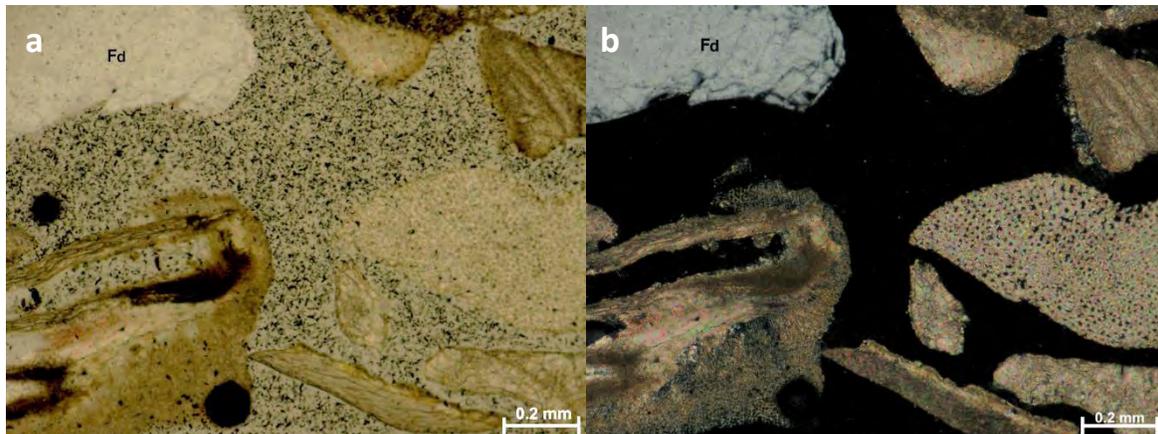


Figura 60. Arenas compuestas esencialmente por biógenos, se observa fragmento de feldespato. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols

#### 4.1.15 Dunas Migriño-1

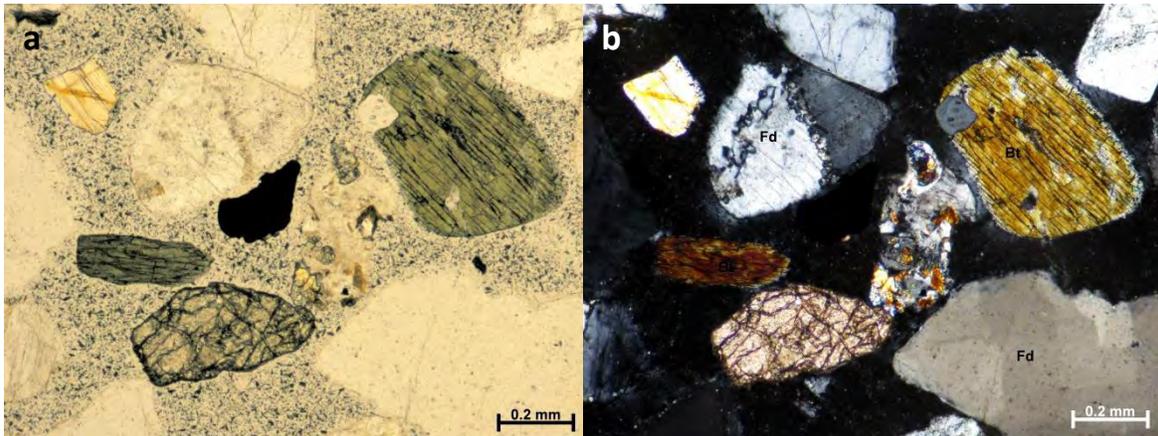


Figura 61. Fragmentos de biotita, feldespato, fragmentos de roca volcánica y plagioclasa. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.16 Formación Trinidad

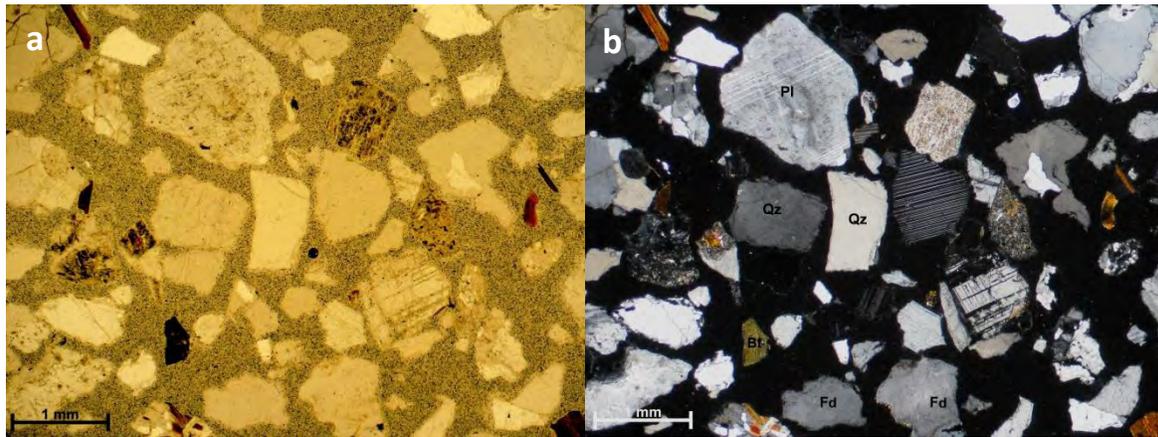


Figura 62. Fragmentos de Cuarzo, feldespato, plagioclasa, roca volcánica y biotita. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.17 Formación Trinidad - Arenisca

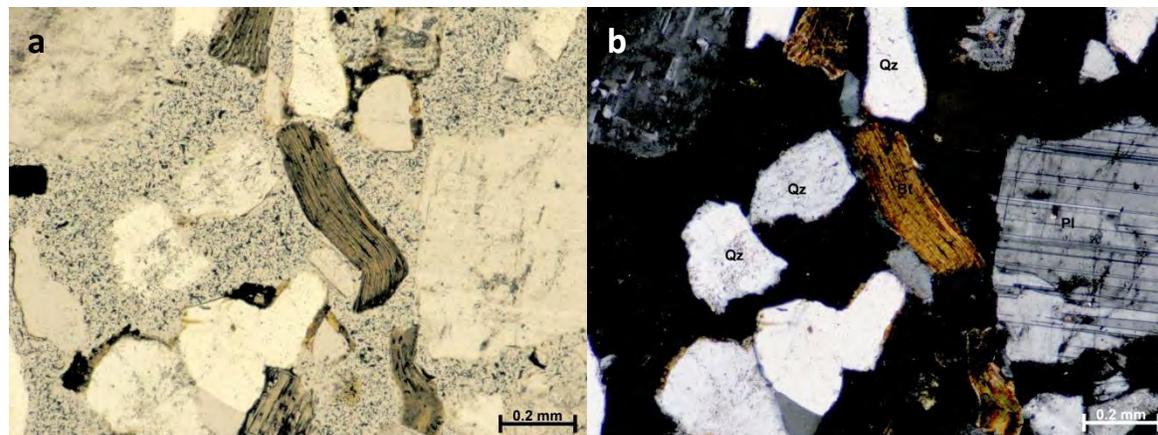


Figura 63. Fragmentos de cuarzo, plagioclasa, feldespato y biotita. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

#### 4.1.18 Laguna La Poza

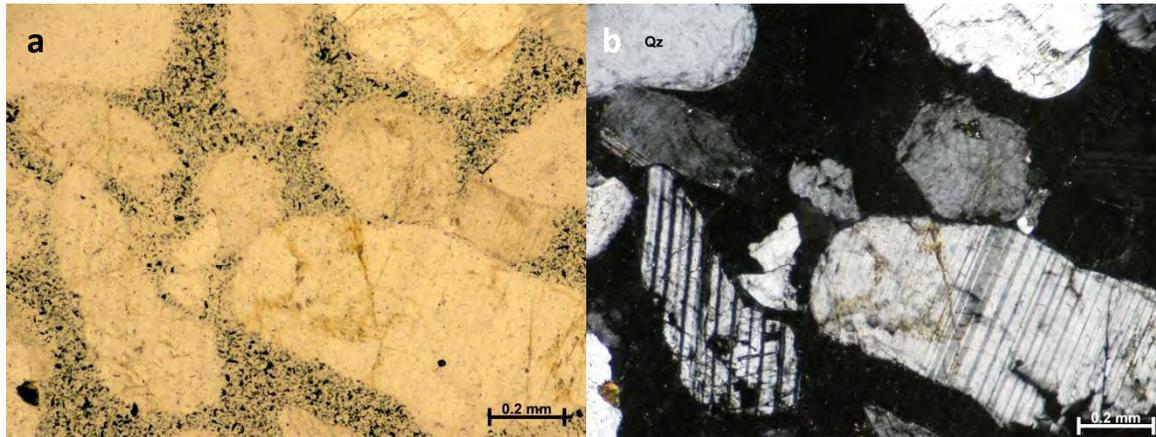


Figura 64. Fragmentos de plagioclasa, cuarzo y feldespato. a) Sección delgada vista con nicols paralelos. b) Sección delgada vista con nicols cruzados.

## 5 Geoquímica

### 5.1 Fluorescencia de Rayos X

La fluorescencia de rayos x es un método analítico, el cual es utilizado para determinar la concentración de un amplio rango de elementos químicos en una muestra. La fluorescencia es la propiedad de una sustancia para emitir luz cuando es expuesta a radiaciones del tipo ultravioleta, rayos catódicos o rayos X.

El método de fluorescencia de rayos x consiste en provocar que haya una absorción fotoeléctrica de un elemento. Dicha absorción sucede cuando un fotón altamente energético proveniente de la radiación de rayos X interactúa con la materia. Cuando los átomos de la muestra a analizar absorben esta energía, un electrón de los más cercanos al núcleo es expulsado del átomo, quedando así el átomo en desequilibrio energético y altamente excitado. Para reestablecer la estabilidad los electrones de las capas adyacentes llenarán el espacio vacante, al pasar un electrón de otra capa y con una energía diferente se provoca una diferencia de energía, la cual se emite en forma de radiación de rayos X, la cual es detectada y medida. El fotón de rayos X emitido tendrá una energía específica igual a la diferencia entre las dos energías de enlace de un electrón de las capas interna y adyacente, dicha energía es única para cada elemento Figura 64. (Meléndez, 2009).

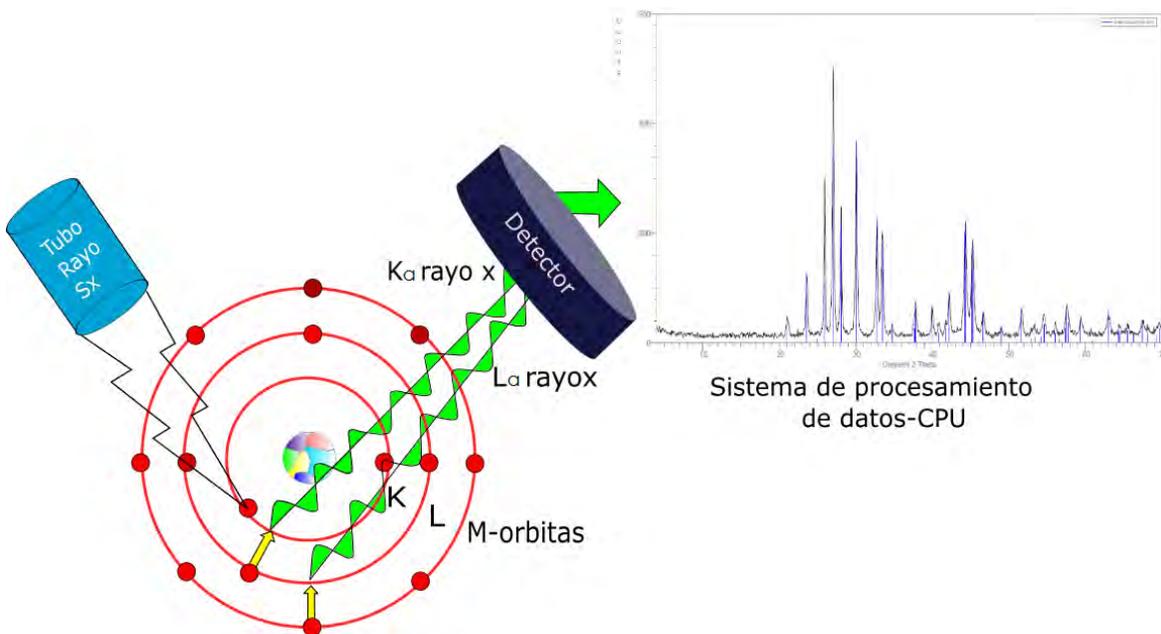


Figura 65. Fluorescencia de Rayos X modificado de <http://image.slidesharecdn.com/analizadores-geoquimicosdefrx-140812145313-phppapp01/95/analizadores-geoquimicos-de-frx-6-638.jpg?cb=1423648646>

Los análisis realizados en las muestras recolectadas serán para conocer los elementos mayores y traza que hay presentes en las playas de Baja California Sur.

## Preparación de muestras

La preparación de las muestras depende el análisis a realizar, los elementos mayores están presentes en más de 1% del porcentaje en peso de la corteza terrestre y al contrario los elementos traza están presentes en proporciones menores al 0.01% del porcentaje en peso en la corteza terrestre. Es por esto que la preparación de muestra será diferente, dependiendo el tipo de análisis a realizar.

Previamente las muestras fueron molidas.

De las muestras recolectadas se tomaron aproximadamente 10 gramos, que fueron colocados en un vial de tungsteno carbide, el contiene un balín para lograr la molienda total de la muestra (Figura 65).



Figura 66. Muestra y vial de tungsteno, antes de ser molida.

Una vez cerrado el vial, se procede a instalarlo en el molino, en este caso se utilizó un molino Spex 8000 mixer. La molienda duró aproximadamente 15 minutos. (Figura 66) Una vez obtenida la muestra totalmente molida, se colocaron en bolsas rotuladas, ya que posteriormente se analizarían por fluorescencia de rayos X.



Figura 67. Molino Spex y vial de tungsteno colocado.

## 5.2 Elementos mayores.

En la preparación de muestras el primer paso es el secado de las mismas, se colocaron en vasos de precipitados de 50 mL, los cuales fueron rotulados previamente. Para eliminar la humedad presente las muestras se colocaron en una estufa a una temperatura constante de 110°C durante aproximadamente 2 horas. (Figura 68).



Figura 68. Muestras colocadas en estufa a 110°C.

Se realiza un cálculo para obtener la pérdida de material por calcinación y confirmar que la suma de los datos obtenidos por el análisis y el dato obtenido de la pérdida de calcinación dé resultados respecto al 100%. Esta determinación se realizó calcinando 1g de muestra a 900°C durante 1 hora.

La preparación sigue con la mezcla de 8 gramos de Borato y Tetraborato de Li en relación 1/1 con 0.4 gramos de la muestra de interés. Esta mezcla fue llevada a un hornillo de fusión fluxy, el cual está formado por crisoles de platino y oro. En dichos crisoles se coloca la muestra la cual es calentada a 1100°C durante 15 minutos, el sistema es automático y opera con tres quemadores.



Figura 69. 1. Calentado de la muestra a 1100°C, 2. Vaciado de la muestra en recipientes de platino, 3. Se espera a que la muestra se enfríe para poder retirarla con ayuda de un chupón de goma. 4. Pastillas obtenidas.

Se obtuvieron pastillas cristalinas que fueron analizadas posteriormente en el espectrómetro secuencial de Fluorescencia de rayos X.

El análisis de elementos mayores muestra la presencia de los siguientes elementos en su forma oxidada más común: Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K y P.

### 5.3 Elementos traza.

El procedimiento de secado también se realizó para este análisis, y posteriormente se hizo una mezcla con 0.4 gramos de muestra, 0.7142 de Yoduro de Litio y 8 gramos de fundente. Esta mezcla fue homogeneizada con ayuda de un mortero de ágata, para después ser llevada a una prensa hidráulica aplicando una presión de 25 ton/in<sup>2</sup> durante 20 segundos. Las pastillas obtenidas se colocaron en el espectrómetro secuencial de fluorescencia de rayos X.

Los elementos traza analizados son los siguientes: Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Th y Pb. Los análisis fueron realizados en un Espectrómetro Rigaku ZSX Primus II, previamente calibrado con Materiales de Referencia Certificados.



Figura 70. Pastillas obtenidas para análisis de elementos traza.

Los diversos elementos que existen en la Tierra no están en cantidades proporcionales en todas las rocas, plantas, agua o suelos. Se han realizado estudios de análisis de diferentes elementos y la abundancia de éstos, a continuación en la tabla 44 se muestran las concentraciones en ppm de rocas ígneas máficas como basalto y gabro, rocas sedimentarias tanto calizas como areniscas y también se incluyen las concentraciones para el agua de mar.

Tabla 45. Concentración en ppm de elementos en rocas ígneas, sedimentarias y agua de mar. Tomado de Rose (1979) y Karl (1968).

Elemento	Roca ígnea Máfica	Roca Sedimentaria (Caliza)	Roca Sedimentaria (Arenisca)	Agua de Mar
Antimonio (Sb)	0.1	0.3	1	0.00033
Arsénico (As)	1.5	1.1	1.2	0.0026
Bario (Ba)	330	92	170	0.021
Berilio (Be)	1	0	0	0.0000006
Bismuto (Bi)	0.05	-	0.3	-
Boro (Bo)	5	20	35	4.45
Cadmio (Cd)	0.2	0.035	0	0.00011
Cromo (Cr)	170	11	35	0.0002
Cobalto (Co)	48	0.1	0.33	0.00039
Cobre (Cu)	72	5	10	0.0009
Flúor (F)	420	250	280	13
Hierro (Fe)	86500	3800	9800	0.0034
Plomo (Pb)	4	5	10	0.00003
Litio (Li)	17	5	15	0.17
Manganeso (Mn)	1500	1100	0	0.0004
Níquel (Ni)	130	20	2	0.0066
Niobio (Nb)	20	-	-	0.000015
Fósforo (P)	1100	400	170	0.088
Potasio (K)	8300	2700	10700	392
Rubidio (Rb)	32	56	40	0.12
Selenio (Se)	0.13	0.88	0.05	0.0009
Estroncio (Sr)	5.8	610	20	8.1
Torio (Th)	2.7	1.7	5.5	0.0000004
Vanadio (V)	250	20	20	0.0019

## 5.4 Resultados de Análisis

Elementos mayores.

Tabla 46. Resultados concentraciones de elementos mayores.

Elementos mayores												
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P x C	Suma
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Arenas de origen Sedimentario												
Balandra	7.944	0.064	0.967	0.531	0.018	2.117	48.087	0.544	0.202	0.15	39.42	100.044
Buceo 1	3.609	0.021	0.575	0.116	0.009	3.602	48.347	0.521	0.166	0.138	42.82	99.924
Buceo 2	19.88	0.084	3.04	0.609	0.017	1.486	39.518	1.146	1.066	0.089	33.03	99.965
Buceo 3	9.825	0.034	1.133	0.181	0.007	1.275	47.103	0.792	0.693	0.123	38.79	99.956
Ensenada G	32.834	0.124	4.364	1.124	0.025	1.861	30.642	1.518	1.085	0.096	26.16	99.833
P. San Gabriel	5.139	0.065	1.356	0.468	0.014	1.285	49.868	0.745	0.174	0.085	40.68	99.879
Ensueño	68.684	0.007	10.322	0.229	0.007	0.495	8.359	3.262	2.086	0.036	6.42	99.907
Tecolote	14.041	6.037	2.243	12.903	0.192	2.32	31.477	0.697	0.443	0.186	29.47	100.009
Arenas provenientes de origen ígneo												
Cerritos	70.906	0.315	13.894	2.795	0.06	1.35	3.989	3.478	2.155	0.104	0.95	99.996
E. Calles	74.632	0.179	13.184	1.59	0.035	0.749	3.047	3.53	2.315	0.066	0.61	99.937
La T. arenisca	70.304	0.347	14.207	2.919	0.042	0.901	2.404	3.492	3.745	0.079	1.53	99.97
La Trinidad	75.8	0.186	12.877	1.593	0.031	0.574	2.467	3.02	2.738	0.063	0.65	99.999
Los barriles	73.802	0.19	13.808	1.586	0.028	0.609	2.665	3.3	3.152	0.069	0.62	99.829
Migriño 1	69.469	0.588	11.069	10.155	0.064	0.626	2.893	2.81	1.933	0.089	0.22	99.916
P. Balcón	75.952	0.139	12.839	1.339	0.031	0.723	3.033	3.35	1.903	0.062	0.61	99.981
P. Migriño	70.696	0.775	12.995	4.657	0.069	1.067	3.777	3.395	2.009	0.094	0.36	99.894
Solmar	76.936	0.05	12.766	0.6	0.015	0.44	2.668	3.344	2.379	0.045	0.65	99.893
Arenas de origen metamórfico												
La Poza	79.289	0.031	10.787	0.543	0.014	0.497	1.767	2.641	3.568	0.05	0.66	99.847
T. Santos	76.493	0.064	12.445	0.712	0.016	0.531	2.111	3.148	3.562	0.055	0.78	99.917

En la tabla 46 se muestran las concentraciones de elementos mayores. Los recuadros resaltados indican la mayor concentración de un elemento, comparado con las concentraciones del mismo en otras muestras del mismo origen.

Para arenas de origen sedimentario, la mayor concentración de SiO<sub>2</sub> se encuentra en la playa Ensueño, estas arenas reportan la mayor concentración de Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O. La mayor concentración de TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3t</sub>, MnO y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es la reportada en la playa Tecolote.

En las arenas de origen ígneo la mayor concentración de TiO<sub>2</sub> corresponde a la playa Migriño, y la mayor concentración de Fe<sub>2</sub>O<sub>3t</sub> fue la registrada en las muestras de duna (Migriño 1).

Para las muestras de arenas cuyo origen es metamórfico, los valores de las concentraciones no tuvieron gran diferencia.

### Elementos mayores para arenas de origen sedimentario

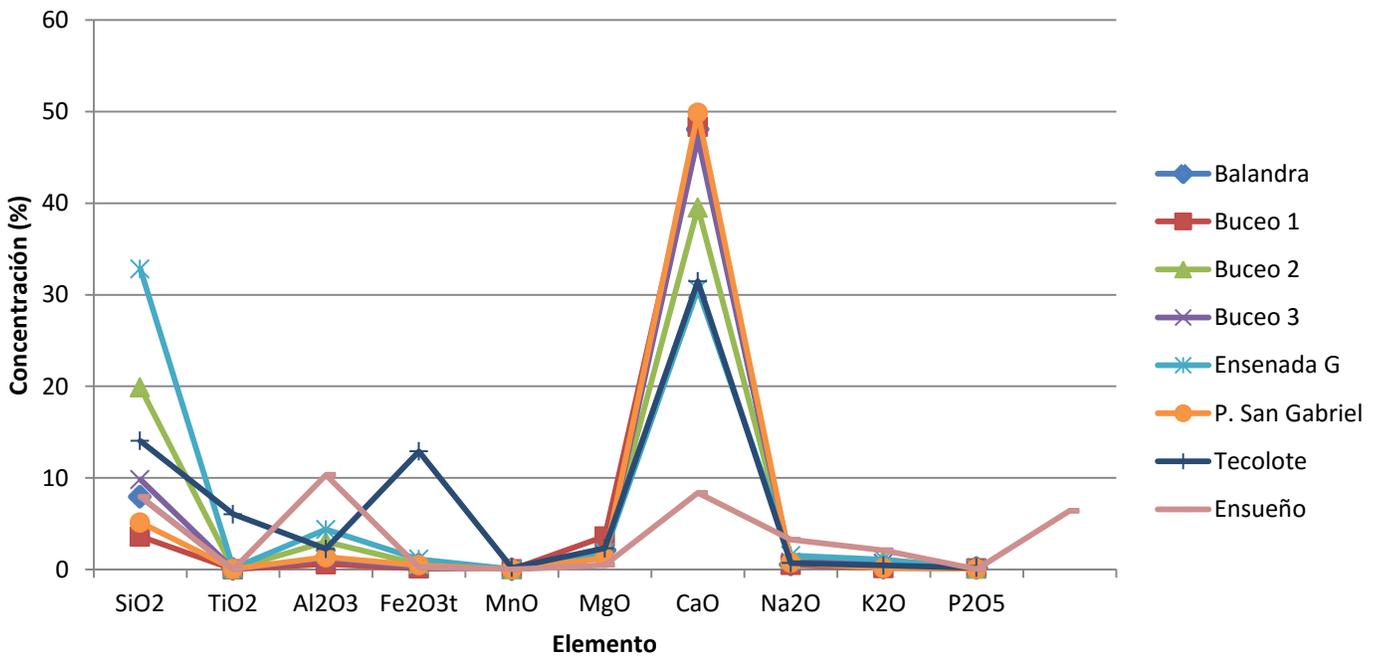


Gráfico 90. Concentración de elementos mayores, correspondiente a las arenas de origen sedimentario. En eje x se muestra el elemento analizado y en el eje y la concentración de dicho elemento. Como se puede observar estas arenas tienen alto contenido en CaO.

### Elementos mayores para arenas de origen ígneo

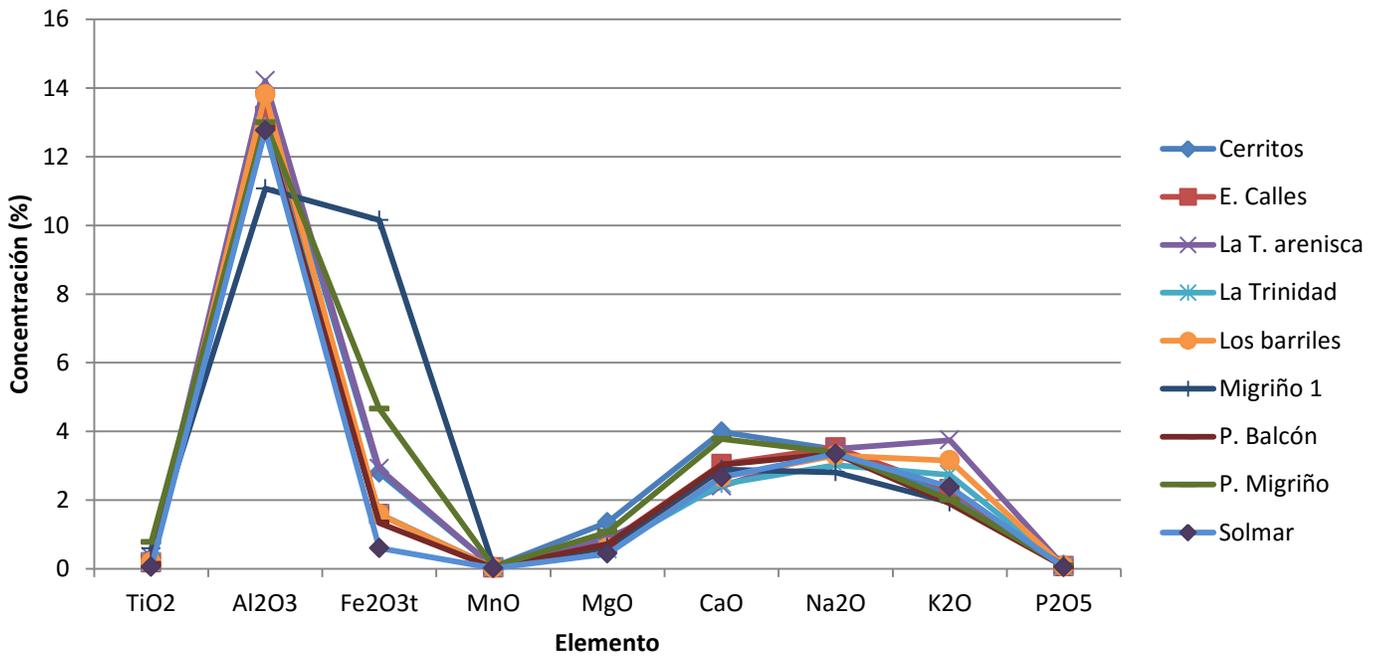


Gráfico 89. Concentración de elementos mayores, correspondiente a las arenas de origen ígneo. Para este gráfico se omiten las concentraciones de SiO<sub>2</sub> y así se puede ver mejor las concentraciones. En eje x se muestra el elemento analizado y en el eje y la concentración de dicho elemento.

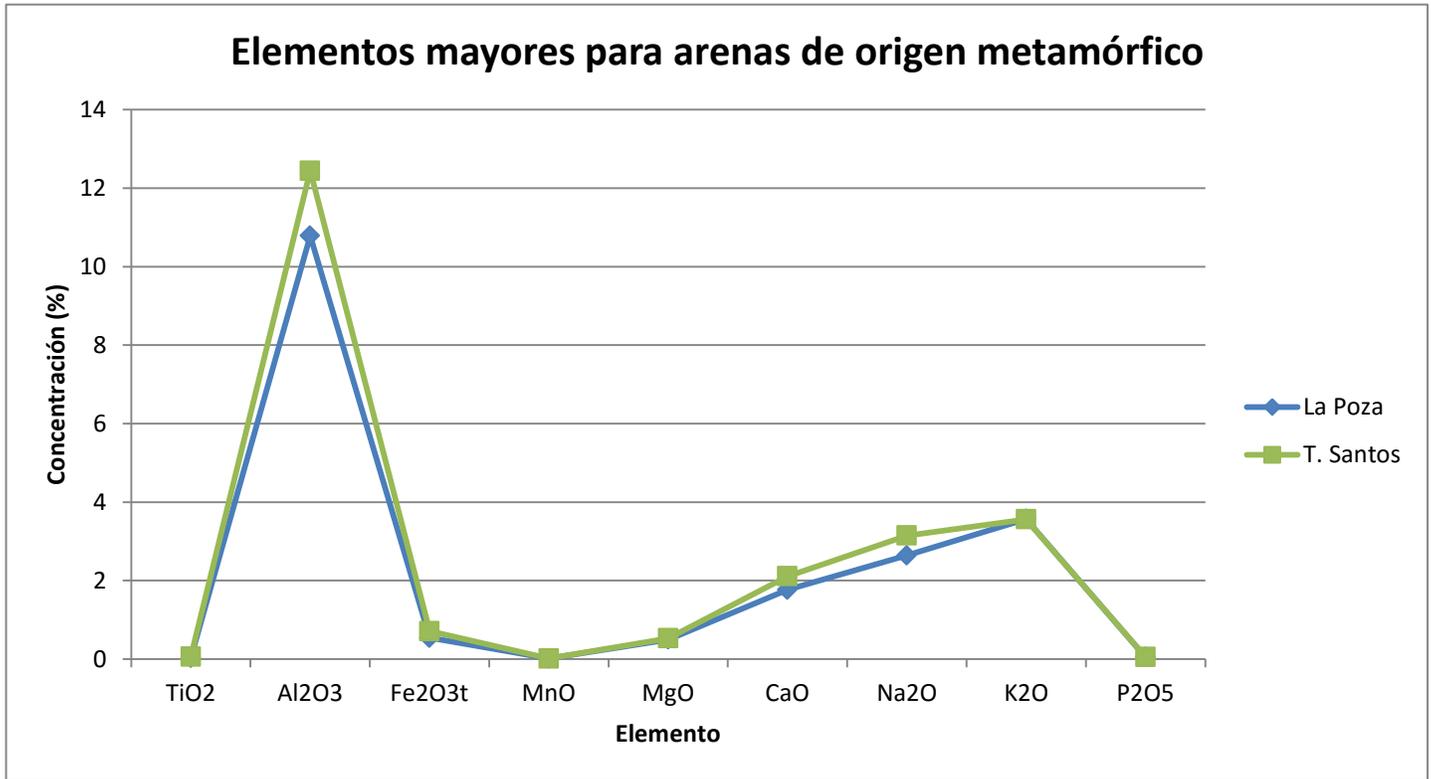


Gráfico 91. Concentración de elementos mayores, correspondiente a las arenas de origen metamórfico. Para este gráfico se omiten las concentraciones de SiO<sub>2</sub> y así se puede ver mejor las concentraciones. En eje x se muestra el elemento analizado y en el eje y la concentración de dicho elemento. Para estas muestras, las concentraciones son muy parecidas.

Elementos traza.

Tabla 47 Resultados de Concentraciones en ppm de elementos traza.

Elementos Trazas														
	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Th	Pb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Arenas de origen Sedimentario														
Balandra	4	2863	194	5	110	<1	<3	13	5	<2	<3	<4	3	5
Buceo 1	5	2990	171	4	111	<1	5	26	5	<2	17	<4	<2	5
Buceo 2	28	1826	269	8	80	<1	<3	239	6	3	19	7	4	11
Buceo 3	21	2512	222	5	99	<1	<3	41	<4	<2	14	<4	5	7
Ensenada Gde.	24	2608	395	8	153	<1	8	8	6	4	29	27	5	10
Ensueño	35	863	1210	6	66	<1	<3	28	10	3	7	<4	<2	12
P. San Gabriel	2	5306	200	<2	210	<1	<3	<3	<4	<2	98	38	<2	8
Tecolote	10	2027	<11	12	738	25	279	249	32	4	4	97	3	8
Arenas de origen ígneo														
Cerritos	64	379	756	20	82	4	46	195	17	9	8	29	6	16
Elías. Calles	60	377	875	14	62	2	25	8	22	<2	8	11	5	15
La T. arenisca	117	281	898	21	120	6	39	4	84	<2	4	46	9	19
La Trinidad	65	293	1048	14	70	3	16	20	20	<2	21	24	5	17
Los barriles	80	324	1120	16	68	3	21	105	33	<2	24	22	7	16
Migriño 1	45	307	765	22	195	9	146	47	34	<2	8	20	24	12
Playa. Balcón	48	376	760	14	53	2	18	114	16	4	7	9	4	14
Playa. Migriño	48	371	753	30	144	14	81	249	25	3	9	21	23	11
Solmar	56	390	928	10	42	<1	7	107	12	4	9	<4	<2	15
Arenas de origen Metamórfico														
La Poza	103	294	1032	16	43	<1	6	55	17	<2	19	<4	3	17
T. Santos	102	339	1023	16	47	<1	9	<3	21	<2	9	<4	3	18

En la tabla 47 se muestran las concentraciones de elementos traza. Los recuadros resaltados indican la mayor concentración de un elemento, comparado con las concentraciones del mismo en otras muestras del mismo origen.

### Elementos traza para arenas de origen sedimentario

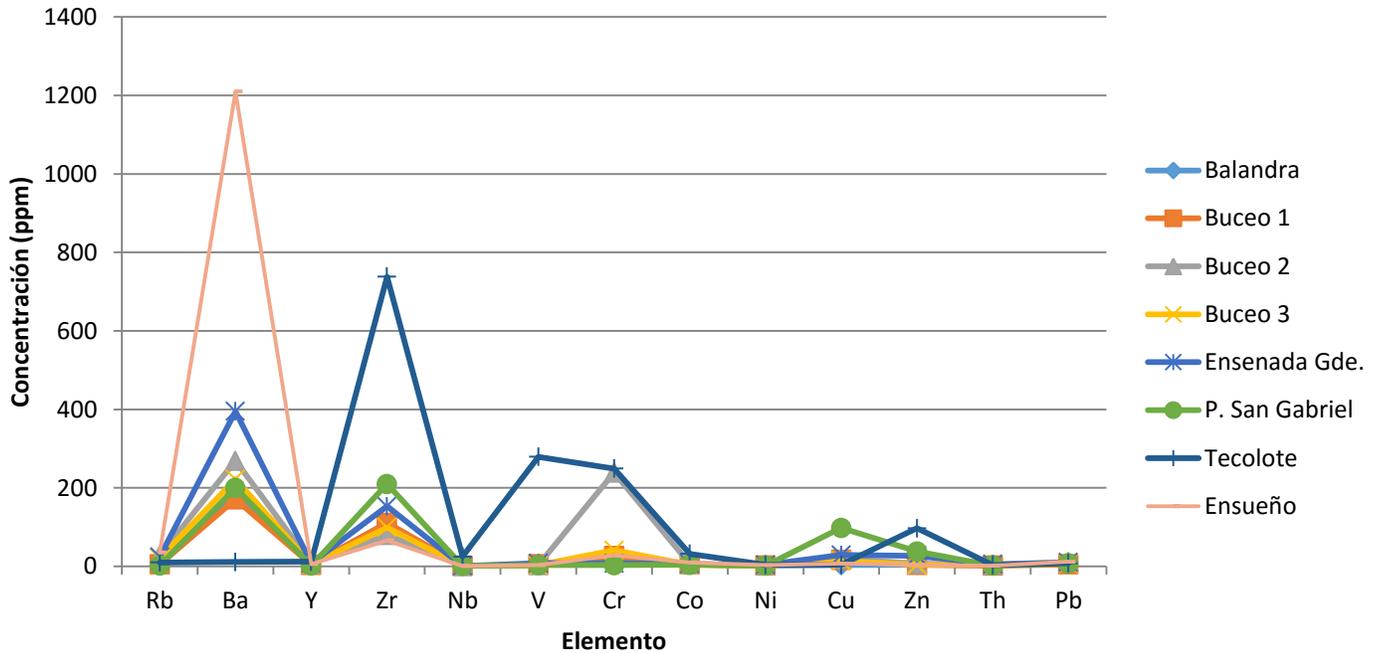


Gráfico 93. Concentración de elementos traza, correspondiente a las arenas de origen sedimentario. En eje x se muestra el elemento analizado y en el eje y la concentración de dicho elemento. Para estas muestras se observa mayor concentración en la mayoría de los elementos para las muestras obtenidas en playa Tecolote.

### Elementos traza para arenas de origen ígneo

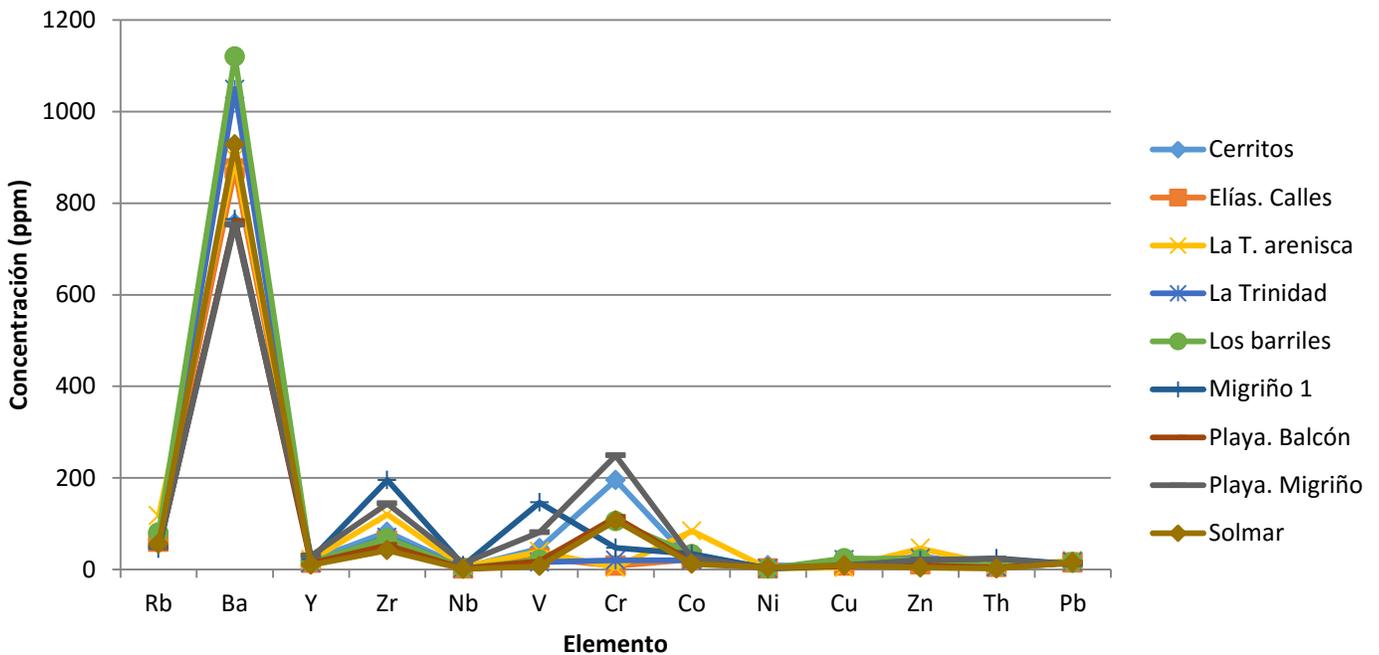


Gráfico 92. Concentración de elementos traza, correspondiente a las arenas de origen ígneo. En eje x se muestra el elemento analizado y en el eje y la concentración de dicho elemento. Para estas muestras se observan altas concentraciones en bario, zirconio y cromo.

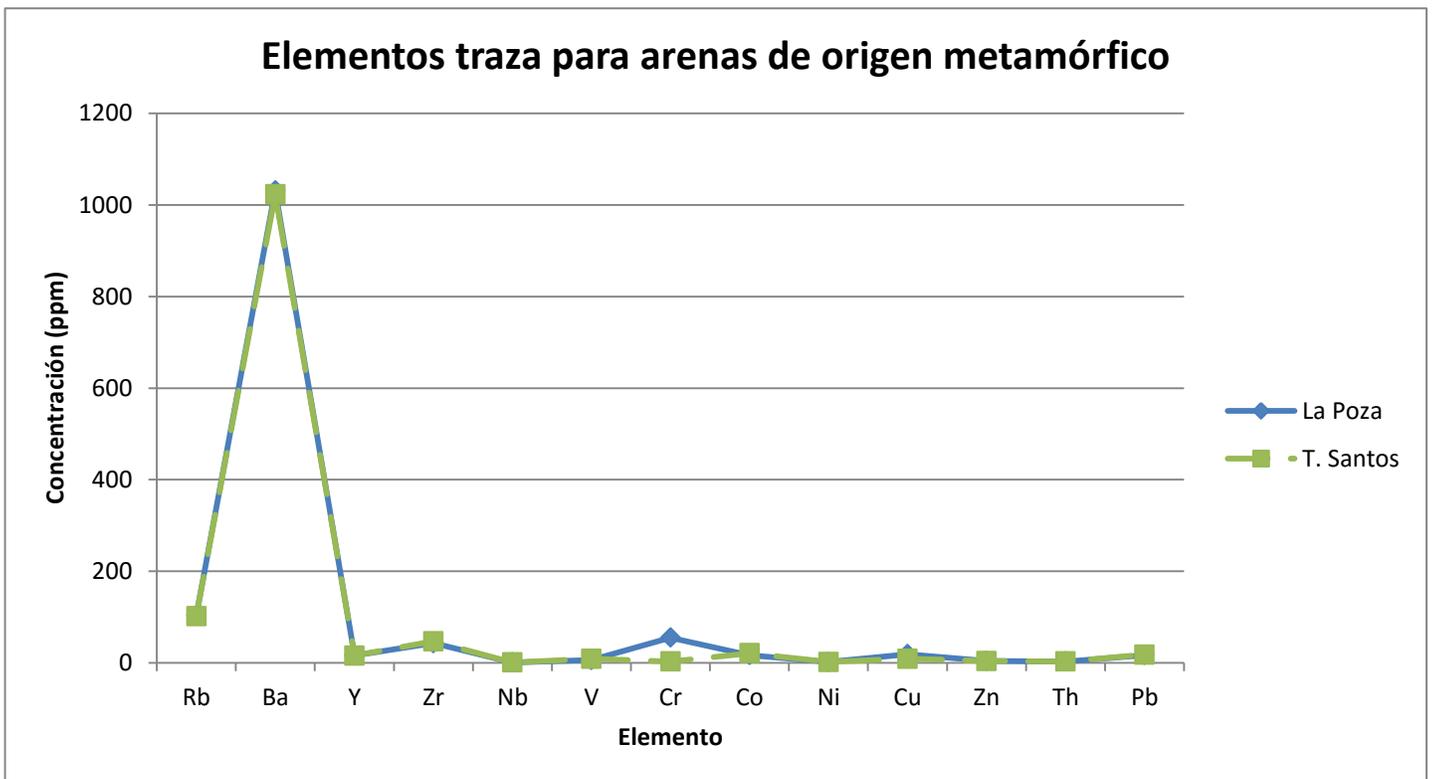


Gráfico 94. Concentración de elementos traza, correspondiente a las arenas de origen metamórfico. En eje x se muestra el elemento analizado y en el eje y la concentración de dicho elemento. Se observa un patrón semejante en ambas muestras, se observa mayor concentración de cromo en las arenas de la laguna La Poza.

Comparando las concentraciones mostradas en la tabla 45 y los resultados de elementos traza, podemos hacer énfasis en las concentraciones obtenidas en el elemento rubidio, el cual muestra concentraciones de hasta 117ppm en las areniscas de la formación Trinidad, mientras que para este tipo de materiales se han reportado hasta 40ppm.

Otro elemento que llama la atención es el estroncio, ya que en las muestras obtenidas mediante los buceos 1, 2 y 3 se registran valores que oscilan entre 3 000 y 1 826ppm, los cuales muestran altas concentraciones ya que comparando con los valores estándar reportados en la tabla 45, los cuales van de 5.8, 610 y 20 ppm para rocas ígneas y sedimentarias lo cual muestra una anomalía con los resultados obtenidos.

Otros valores que muestran grandes concentraciones son los obtenidos en el elemento cadmio el cual alcanzó concentraciones en la playa Ensueño de 121 ppm, 1 120 ppm en la playa Los Barriles. Para dicho elemento las concentraciones estándar son de 330, 92 y 170 ppm para rocas ígneas y sedimentarias, esto muestra un gran contenido de dicho elemento.

La concentración de cromo en las playas Migriño y Tecolote fue de 249 ppm. Fueron de las concentraciones de mayor valor reportado, ya que los textos reportan concentraciones de 170 ppm para rocas máficas y 35 ppm para areniscas.

En general, el carácter de los sedimentos oceánicos no se determina solo por la fuente de la que se derivan, sino que hay factores físicos, químicos y biológicos que controlan la naturaleza de estos depósitos. En la costa, los factores físicos se relacionan con la pendiente, la forma y tamaño de la playa, la velocidad y dirección de las corrientes y la energía de las olas que alcanzan sus bordes. Los agentes transportadores determinan en gran parte el sitio donde se depositan, siendo los ríos y las corrientes marinas las que mueven grandes cantidades de sedimento. Muchos de los contaminantes que ingresan a un cuerpo de agua superficial, por vía natural o antropogénica, quedan retenidos en los sedimentos que se depositan en las playas, causando efectos tóxicos sobre los sistemas acuáticos (Bohn et al., 2001). La presencia de metales pesados en los sedimentos marinos en las costas, son especialmente relevantes para interpretar la contaminación, que se presenta por la actividad que se realiza en el mar cercano a las costas y por los desechos en los ríos que desembocan en el mismo.

Al interactuar con las corrientes de agua ponen en circulación los contaminantes retenidos, alterando la dinámica general de la masa de agua (Mariani y Pompêo, 2008). Así, variaciones de pH, salinidad y de las propiedades redox de las corrientes de agua pueden provocar movilización y resuspensión de especies químicas acumuladas en los sedimentos, magnificando incluso su efecto tóxico, tal como es el caso de los metales pesados; los metales en sedimentos pueden ingresar de nuevo a la columna de agua por diversos procesos naturales (corrientes en el fondo, oleaje y tormentas) y actividades antropogénicas (dragado, navegación y pesca comercial), por lo que el monitoreo de sus concentraciones es de importancia en actividades de manejo y control de todo sistema acuático (Ruiz et al., 1996).

Para este estudio, el análisis de elementos traza, arrojó como resultados que al establecer la comparación entre las concentraciones mostradas en la tabla 45 y los resultados de elementos traza, podemos hacer énfasis en las concentraciones obtenidas en el elemento Rb, el cual muestra concentraciones de hasta 117ppm en las areniscas de la formación Trinidad, mientras que para este tipo de materiales se han reportado hasta 40ppm.

Otro elemento que llama la atención es el Sr, ya que en las muestras obtenidas mediante los buceos 1, 2 y 3 se registran valores que oscilan entre 3 000 y 1 826ppm, los cuales muestran altas concentraciones ya que comparando con los valores estándar reportados en la tabla 45, los cuales son de 20 ppm para rocas sedimentarias lo cual muestra una anomalía con los resultados obtenidos.

La abundancia de Sr está básicamente controlada por la fracción carbonatada que incluye fragmentos de conchas.

Otros valores que muestran grandes concentraciones son los obtenidos en el elemento Cd, el cual alcanzó concentraciones en la playa Ensueño de 121 ppm, 1 120 ppm en la playa Los Barriles. Para dicho elemento las concentraciones estándar son de 330, 92 y 170 ppm para rocas ígneas y sedimentarias, esto muestra un gran contenido de dicho elemento. Las condiciones ambientales

como la erosión causan el transporte de grandes cantidades de cadmio a los océanos cuyo contenido de este metal es alrededor de 0.1 µg/kg. Los sedimentos oceánicos cercanos a las áreas de alta actividad humana pueden contener concentraciones muy elevadas de cadmio asociadas a la descarga de desechos biológicos, la minería de metales no ferrosos es la principal fuente de liberación de cadmio sumada a la industria de los fertilizantes y desecho de baterías al medio acuático (Cifuentes y otros, 2012).

La concentración de cromo en las playas Migriño y Tecolote fue de 249 ppm. Fueron de las concentraciones de mayor valor reportado, ya que los textos sugieren concentraciones de 170 ppm para rocas máficas y 35 ppm para areniscas (Tabla 45). La presencia de cromo en los sedimentos se debe principalmente a procesos naturales como precipitación, evaporación, escurrimiento y vulcanismo (ATSDR, 2000), pero un incremento local del cromo de acuerdo con Kotas y Stascika (2000), se debe a desechos arrojados al ambiente por las industrias textiles, de la construcción, fertilizantes y aguas residuales (Gauglhofer y Bianchi, 1991) que posteriormente es depositado en los sedimentos.

La presencia del metal Ba en playa Ensueño y los Barriles, parece deberse principalmente a procesos erosivos y depósitos minerales en la zona costera. Aunque debe considerarse el aporte antropogénico por aguas residuales domésticas y de talleres mecánicos, cargadas de aceites, combustibles o pinturas, con aditivos de bario. Igualmente, cauces contaminados con desechos sólidos como llantas y botellas de vidrio pueden poner en circulación en la masa de agua cantidades pequeñas de bario, las que, dependiendo del pH, precipitarán como sulfatos y carbonatos, incorporándose a los sedimentos (ATSDR1, 2007).

Las mayores concentraciones de vanadio en los sedimentos se detectaron en las playas Migriño 1 y Tecolote, la presencia anómala de este metal se ha atribuido a sitios contaminados que pueden ser indicadores de contaminación por fuentes asociadas a la explotación petrolera, ya que existe cierta relación entre la concentración de vanadio y algunas propiedades del crudo como su densidad y viscosidad (El-Moselhy, 2006). Playa Migriño 1 es una zona en la que se realizan actividades de alto impacto como lo son carreras de cuatrimotos en la zona de dunas; esta actividad ha venido deteriorando el ecosistema arrojando sus combustibles en esta área. Por otro lado Playa Tecolote, es una playa cercana a donde se tiene la llegada de embarcaciones procedentes de Topolobampo con ruta hacia la ciudad de La Paz que arrojan combustible a la zona costera.

Las anomalías de zirconio registrados en los análisis de elementos traza alcanzan valores de hasta 738ppm en playa tecolote, 210ppm en playa San Gabriel, y 153 ppm en playa Ensenada Grande. Las rocas fuente que podrían aportar dichas concentraciones son areniscas las cuales pueden contener 220ppm de Zr y en rocas graníticas 175ppm del mismo elemento (Cabrera y Carranza, 2002).

En los análisis de elementos traza, el cromo también muestra una anomalía, con valores de hasta 249ppm en las playas Migriño y Tecolote. La existencia de este elemento es exclusivo en rocas máficas y ultramáficas como peridotitas y serpentinitas. Para rocas máficas se reportan valores de hasta 170 ppm y para rocas ultramáficas valores de 2980ppm (Cabrera y Carranza, 2002).

## 6 Conclusiones

- **Análisis textural**

Los análisis sedimentológicos obtenidos en las arenas de playas muestran variaciones de arenas finas, medias y gruesas. El ambiente de formación de las arenas de la playa varía dependiendo la zona en que fueron obtenidas, en algunos casos la subzona de infraplaya muestra ambiente de formación de playa al igual que la zona de mesoplaya y supraplaya. Los análisis petrográficos se realizaron con arenas correspondientes a la zona de mesoplaya.

La playa Balandra está compuesta por arena media en las tres subzonas, de las cuales muestra una mala clasificación debido a la presencia de biógenos de mayor tamaño por ejemplo conchas. La playa Cerritos está compuesta por variación de arenas medias y finas. La playa El Balcón está compuesta por arena media bien clasificada. La playa Elías Calles presenta un tamaño de arena gruesa para las subzonas de infraplaya y supraplaya, mientras la zona mesoplaya está compuesta por arena media.

La playa Ensenada Grande está compuesta por arenas medias para la subzona de infraplaya y supraplaya la subzona de mesoplaya está compuesta por arenas muy gruesas, asimétrica a finos. La playa Ensueño está compuesta por oscilaciones de gravas finas (infraplaya y supraplaya) y arenas medias (mesoplaya). La playa Los Barriles está conformada por arenas muy gruesas a gruesas. La playa Migriño está compuesta por arenas medias. La playa San Gabriel está conformada por arena media mal clasificada. La playa Solmar está conformada por arenas gruesas, se encuentra moderadamente bien clasificada, y un ambiente de formación correspondiente a playa, los mecanismos de transporte son saltación y suspensión. La Playa Tecolote está compuesta por arenas finas bien clasificadas. La playa Todos Santos está conformada por arenas gruesas (infraplaya) y arenas medias (supraplaya).

Las arenas colectadas mediante buceo muestran una tendencia hacia arenas gruesas y muy gruesas mal clasificadas, en general el mecanismo de transporte de las partículas es por saltación.

Las muestras recolectadas en Duna son clasificadas como arenas medias, bien clasificadas asimétricas con tendencia hacia gruesos, en un ambiente de formación eólico.

Las muestras obtenidas en la laguna, arrojan valores de arenas gruesas moderadamente bien clasificadas. El mecanismo de transporte de estas partículas es mediante saltación en un ambiente de formación de río.

Las arenas colectadas en afloramiento muestran arenas gruesas y mal clasificadas.

- **Petrografía**

Las arenas de playas analizadas mediante petrografía están conformadas principalmente por minerales como cuarzo, feldespato y micas. A excepción de las playas Balandra, Ensenada grande, Ensueño y Tecolote en las cuales se observan partículas correspondientes a organismos carbonatados. En la playa Balandra la cantidad de biógenos resulta más abundante que en las otras playas.

Las arenas correspondientes a los buceos 1, 2 y 3 están compuestas esencialmente por biógenos, y en escasez otros minerales como feldespatos y cuarzo.

En cuanto a las arenas obtenidas en duna se observan fragmentos de minerales correspondientes a biotita, feldespatos y fragmento de rocas volcánicas. Las arenas obtenidas en laguna están conformadas por biotita, plagioclasas y cuarzos.

Debido a las anomalías de zirconio y cromo se puede inferir que las rocas fuente de dichas arenas corresponden a rocas volcánicas máficas.

- **Geoquímica**

Los resultados obtenidos a partir de los datos geoquímicos se observaron algunas anomalías debido a factores físicos, químicos y biológicos que afectan el lugar de depósito. Se sugiere realizar análisis más detallados para establecer la procedencia de los minerales.

En el caso del elemento rubidio se obtuvieron concentraciones de hasta 117ppm en las areniscas de la formación Triniad, mientras que para este tipo de materiales se han reportado hasta 40ppm.

El Sr reportado en los buceos 1,2 y 3 registra concentraciones de 3000 y 1826ppm, los cuales rebasan considerablemente los estándares de hasta 610ppm para rocas sedimentarias (calizas).

En las Playas Migriño y Tecolote se reportan las mayores concentraciones de vanadio, las cuales están relacionadas con posible contaminación.

El efecto del oleaje en las playas puede originar la concentración de elementos pesados. La intensidad del oleaje es importante debido a que a mayor intensidad mayor transporte de minerales pesados y a menor intensidad transporte se lleva a cabo transporte de minerales más livianos. Por lo cual la concentración de minerales pesados reportados anteriormente está en función del oleaje.

Las concentraciones de elementos traza en las playas localizadas en las cercanías del Mar de Cortés son menores que las registradas en las playas de la zona del Pacífico, dichos elementos son bario y ligereamente cromo. Para elementos mayores las concentraciones de SiO<sub>2</sub> son mayores para las playas del océano pacífico comparada con las muestras del mar de Cortés las cuales tienen mayor concentración de carbonatos.

## 7 Bibliografía.

- Altuzar, P. Fundamento Teórico de la Fluorescencia de Rayos-(WDFRX), [http://xml.ier.unam.mx/xml/ms/Doctos/FUNDAMENTOS\\_FRX.pdf](http://xml.ier.unam.mx/xml/ms/Doctos/FUNDAMENTOS_FRX.pdf).
- Arizpe-Covarrubias O., (2013). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. 20-21
- Arreguín-Rodríguez, G. D. J., Schwennicke, T., (2013). Estratigrafía de la margen occidental de la cuenca San José del Cabo, Baja California Sur. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(3), 481-496.
- ATSDR1 (Agency for Toxic Substances & Disease Registry)., (2007). Reseña toxicológica del bario y compuestos de bario. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 14
- Atwater, T., (1970). Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Tvolution of Western North America. *Geological Society of America Bulletin*, 81(12), 3513-3536.
- Avalos, Z. A., Gonzales G.A., (1995). Informe de definición del prospecto de asignación minera de San Juan, Municipio de La Paz, Estado de Baja California Sur, 31-33
- BCS Noticias. (2014). *Advierten de contaminación en el mar de Cortés; pastos marinos de BCS, en riesgo - BCS Noticias*. Recuperado de: <http://www.bcsnoticias.mx/advierten-de-contaminacion-en-el-mar-de-cortes-pastos-marinos-de-bcs-en-riesgo/>
- Bjorlykke, K. (1993). Fluid flow in sedimentary basins. *Sedimentary Geology*, 86(1-2), 137-158.
- Bohn, H., McNeal, B., O'Connor, G., (2001). *Soil Chemistry*. 2da ed. Canadá: John Wiley & Sons, Inc, 341
- Busch, M.M., Coyan, J.A., Arrowsmith, J.R., Umhoefer, P.L., Martínez-Gutiérrez, G., (2011), Normal fault basin geometries from gravity analyses in the La Paz-Los Cabos region, Baja California Sur, Mexico: *Lithosphere*, 3, 110-127.
- Cabrera-Ramirez, M., Carranza-Edwards, A., (2002). The beach environment in Mexico as a potential source of placer minerals. *Marine Georesources and Geotechnology*, 20(3), 187-198.
- Carranza-Edwards, A., Bocanegra-García, G., Rosales-Hoz, L., de Pablo Galán, L., (1998). Beach sands from Baja California Peninsula, Mexico. *Sedimentary Geology*, 119(3), 263-274.
- Carreño, A.L., Smith, J.T., (2007), Stratigraphy and correlation for the ancient Gulf of California and Baja California Peninsula, Mexico: *Bulletin of American Paleontology*, 371, 97-104.
- Cifuentes O., Escudero, D., Medus, S., Devoto, B., (2012). Procedencia del Cadmio detectado en el Estuario Bahiense. In: Universidad Tecnológica Nacional (ed) 18º Congreso Argentino de Saneamiento y

Medio Ambiente AIDIS Argentina Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente 18 y 20 de abril 2012 - Buenos Aires. p 1-21.

Drake, W. (2005). Structural analysis, stratigraphy, and geochronology of the San José Island accommodation zone, Baja California Sur, Mexico. MSc thesis, Northern Arizona University

El-Moselhy, K., (2006). Distribution of vanadium in bottom sediments from the marine coastal area of the Egyptian Seas. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 32(1), 12-21.

Fletcher, J. M., Grove, M., Kimbrough, D., Lovera, O., Gehrels, G. E., (2007), Ridge-trench interactions and the Neogene tectonic evolution of the Magdalena shelf and southern Gulf of California: Insights from detrital zircon U-Pb ages from the Magdalena fan and adjacent areas: *Geological Society of America Bulletin*, 119(11/12),1313-1336.

Folk, R., (1980). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Texas.

Friedman GM., Sanders JR., (1978). *Principles of Sedimentology*. Wiley: New York

Gastil, G., Krummenacher, D., Douppont, J., Bushee, J., Jensky, W., y Barthelmy, D., (1976), La zona batolítica del sur de California y el occidente de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 37, 84-90.

Gauglhofer, J. y V. Bianchi., (1991). Chromium. In: E. Merian (editor). *Metals and their compounds in the environment, occurrence, analysis and biological relevance*. VCH, USA, New York.

Gergen, L.D., Ingersoll, R.V., (1986). *Petrology and provenance of Deep Sea Drilling Project and sandstone from the north and northeastern Pacific margins*. M.S Thesis, Univ of California, Los Angeles.

Godinez, N. S., Kimbrough, D. L. y Kohel, C., (2010). Stratigraphy and petrologic evolution of the Oligocene–Miocene Comondu Group near Bahía Concepción and Loreto, Baja California Sur, Mexico. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 42, 66.

Hausback, B.P., (1984). Cenozoic Volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, Mexico: en Frizzell, V.A., ed., *Geology of the Baja California Peninsula: Pacific Section SEPM*, 39.

Hertlein, L.G., Jordan, E. K., (1927), Paleontology of the Miocene of Lower California: *California Academy of Science Proceedings*, 16(19), 605-647.

Ibaraki, M., (1997), Planktonic Foraminifera from the Trinidad Formation in Baja California and their paleoceanographic implications: *Reports of the Faculty of Science, Universidad de Shizuoka*, 31, 35-43.

INEGI., (1995). *Aspectos geográficos de Baja California Sur*.

Karl K Turekian (1968). *Oceans* Prentice-Hall, University of Michigan.

- Kotas, J., Z. Stasicka., (2000). Chromium occurrence in the environment and methods on its speciation. *Environmental Pollution*. 107:263-283.
- Lozano, R., Verma, P.S., Girón, P., Velasco, F., Morán, D., Viera, F. y Chávez, G., (1996). Calibración preliminar de fluorescencia de Rayos X para análisis cuantitativo de elementos traza en rocas ígneas, *Instituto Nacional de Geoquímica INAQ 2*, 237-242.
- Mariani, C., Pompêo, M., (2008). La calidad del sedimento: La contaminación por metales puede ser una amenaza para los seres vivos. *Revista Ciencia Hoy*, 18(107): 48-53.
- Martínez-Gutiérrez, G., Sethi, P.S., (1997), Miocene-Pleistocene sediments within the San Jose del Cabo Basin, Baja California Sur, Mexico, en M. E. Johnson, J. Ledesma-Vázquez (eds.), *Pliocene carbonates and related facies flanking the gulf of California, Baja California, Mexico: Boulder, Colorado Geological Society of America Special Paper*, 141-166.
- McCloy, C., (1984), Stratigraphy and depositional history of the San Jose del Cabo trough, Baja California Sur, Mexico, en Frizzell, V. A. Jr., (eds.), *Geology of the Baja California Peninsula: Society of Economic, Paleontologist and Mineralogist, Pacific Section*, 267-273.
- McFall, C.C., (1968), Reconnaissance geology of the Concepción Bay area, Baja California, Mexico: *Stanford University Publications in Geological Sciences*, v. 10, p. 1-25.
- McTeague, M. S., (2006), *Marginal Strata of the East Central San Jose del Cabo basin, Baja California Sur, Mexico: Flagstaff, Northern Arizona University*, tesis de maestría, 152.
- Meléndez, C. y Camacho, A. 2009. *Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X*, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas.
- Mina-Uhink, F., (1957), Bosquejo geológico del territorio sur de la Baja California: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 9, 139-270.
- Molina-Cruz, A., (1994), Bioestratigrafía y significado paleoceanográfico de los radiolarios de la protoboca del Golfo de California: *Ciencias Marinas*, 20(4), 441-465.
- Munsell, A. H., (2009). *Munsell soil color charts. Munsell Color*.
- Pantoja-Alor, J., Carrillo-Bravo, J., (1966), Bosquejo de la región de Santiago – San José del Cabo, Baja California: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 58, 1-14.
- Pérez-Guzmán, A.M., (1985), Radiolarian biostratigraphy of the late Miocene in Baja California and the Tres Marías Island, Mexico: *Micropaleontology*, 31(4), 320-334.
- Pérez-López, O.G., (2002), Caracterización paleontológica de bivalvos y gasterópodos (Mollusca), en cinco localidades de la Formación Refugio (Plioceno), Baja California Sur, México: La Paz, México, Universidad Autónoma de Baja California Sur, tesis de licenciatura, 139 p.

- Pérez-Venzor, J.A., (2013), Estudio Geológico –Geoquímico del Borde Oriental del Bloque de los Cabos Baja California Sur, México: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, tesis doctoral, 297.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R. (1973). Sand and sandstone.
- Piña-Arce, M., (2010), Bioestratigrafía con Nanofósiles Calcáreos en el Área del Rancho Los Algodones, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 60.
- Reyna, J., (2015). Ingresos por turismo en México, inferiores a otros países: OMT. La Jornada, 15-16., consultado: 26/Nov/2016 <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2015/06/21/ingresos-por-turismo-en-mexico-inferiores-a-otros-paises-omt-528>.
- Rodríguez-Quintana, R., Segura-Vernis, L.R., (1991), Gasterópodos fósiles de la Formación Trinidad, Baja California Sur, en Carrillo-Chávez, A. y Álvarez-Arellano, A. (eds.), Memorias de la Primera Reunión Internacional sobre Geología de la Península de Baja California: La Paz, Sociedad Geológica Peninsular, Universidad Autónoma de Baja California Sur, 111-133.
- Rose, A. W., Hawkes, H. E., & Webb, J. S., (1979). Geochemistry in mineral exploration. Academic 548-581.
- Ruiz, E.; Echenandía, A. & Romero, F., (1996). Relaciones entre agua y sedimento en río de origen torrencial. *Limnética*, 10(1), 101-107.
- Ruiz-Campos, G. (2010). Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur (No. QL619. M4. R84 2012.). 25-32.
- Schaaf, P., Böhnel, H., y Pérez-Venzor, J. A., (2000), Pre-Miocene paleogeography of the Los Cabos Block, Baja California Sur: geochronological and paleomagnetic constraints. *Tectonophysics*, 318, 53-69.
- Schwennicke, T., y Umhoefer, P.J., (2008), Evolución tectonoestratigráfica a lo largo del margen oriental de la cuenca de San José del Cabo (resumen), en Primer Congreso sobre la Evolución Geológica y Ecológica del Noroeste de México, Hermosillo, Sonora, México, 107.
- Smith, J.T., (1991), Cenozoic marine mollusks and paleogeography of the Gulf of California, en Dauphin, J., Simoneit, B., (eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 47, 637-666.
- Stock, J.M., y Hodges, K.V., (1989), Pre-Pliocene extension around the Gulf of California and the transfer of Baja California to the Pacific Plate: *Tectonics*, 8, 99-115.

Trápaga-Martínez, R., (1985), Estudio bioestratigráfico e interpretación paleoceanográfica con radiolarios del Mioceno en Diatomita Santiago y Rancho La Ventana, Baja California Sur, México: México, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de licenciatura, 106.

Umhoefer, P. J., Dorsey, R. J., Willsey, S., Mayer, L., y Renne, P., (2001). Stratigraphy and Geochronology of the Comondú Group near Loreto, Baja California Sur, Mexico. *Sedimentary Geology*, 44.

Verma, P.S., Lozano, R., Girón, P. y Velasco, F., (1996). Calibración preliminar de fluorescencia de Rayos X para análisis cuantitativo de elementos traza en rocas ígneas, Instituto Nacional de Geoquímica INAQ 2, 237-242.

Visher, G. S. (1969). Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Research*, 39(3).

Yañez-Arancibia A. (1984). Ecología de la zona costera. AT Edt. Mex., D.F. 189.