



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Estudio de caracterización  
composicional y textural de  
sedimentos costeros en  
Puerto Vallarta, Jalisco.**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Geólogo**

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

Héctor Miguel Corona Chico

**DIRECTORA DE TESIS**

Dra. Mayumy Amparo Cabrera Ramírez



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018**



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.

*“Tío, ¿Por qué brilla tanto La Luna?*

*-Por el reflejo de la luz del Sol”*

*(Verano 1995)*

# *Dedicatoria*

A mi querida Universidad, la cual me ha forjado a tener la sabiduría y carácter para enfrentar la vida y que me ha ayudado en múltiples ocasiones: en el estudio, en darme trabajo en un momento crítico y representarla en el deporte. Diré por siempre con orgullo: *“Por mi raza hablará el espíritu”*

A mi directora de tesis, la Dra. Mayumy Cabrera Ramírez por guiarme en cada paso de la elaboración de este trabajo, tenerme paciencia, por escuchar todas mis inquietudes y problemas.

A mi madre Rosa Chico que siempre ha tenido la ilusión de verme titulado y ser una persona de bien, a mi abuela y a mis tíos (Julián, Francisco, Antonio y Guadalupe) que siempre están para un consejo y que desde niño he obtenido sus experiencias.

A Angélica Martínez que ha estado a mi lado, apoyándome y con la que he compartido risas y llantos, “aquí está el resultado de todo este tiempo”.

A mis grandes amigos de la secundaria Sergio, Misael que desde pequeños y a pesar de la distancia sé que cuento con ellos.

A mi jefe Uriel González que me inspiró a seguir los pasos de su padre el Dr. Jenaro González Reyna.

A mi entrenador Jaime Whaley, que me enseñó a tener la frente en alto a pesar de las derrotas junto con mis compañeros de atletismo que me tenían en las tardes entrenando y estudiando (Jacinto, Ulises, Erick, Angélica y Amado). Y por último Anahí Coria que me enseñó mis errores y me acompañó en este año.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la DGAPA por dejarme participar en el proyecto PAPIME PE-106016 *“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”*.

Agradezco a cada uno de los sinodales: el Ing. Miguel Ángel Ruvalcaba Sepúlveda y a la M.C. T. Yoalli Bianii Hernández Marmolejo de la Facultad de Ingeniería y al Dr. Arturo Carranza Edwards y al Dr. Juan José Kasper Zubillaga del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por todas sus observaciones que contribuyeron a enriquecer este trabajo de tesis, por su tiempo y confianza en ayudarme en mejorar esta tesis

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, al M.C Eduardo Morales de la Garza y Ricardo Martínez Domínguez del Laboratorio de Sedimentología por su apoyo en el proceso para el análisis textural de las muestras, pero sobre todo, gracias las pláticas y cada momento que me brindó tu compañía.

Al Instituto de Geología por permitirme utilizar sus instalaciones, A la Química Patricia Girón junto al técnico Santiago Avilés por apoyarme a realizar los análisis de Fluorescencia de Rayos X (Rx).

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería por sus enseñanzas así como a mis amigos de la carrera: Abimeleth y Hermes por acompañarme a lo largo de la carrera.

# CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	4
<b>1. Generalidades</b> .....	5
<b>1.1 Introducción</b> .....	5
<b>1.2. Antecedentes.</b> .....	6
<b>1.3 Objetivos</b> .....	8
<b>1.3.1 Objetivo general</b> .....	8
<b>1.3.2 Objetivos Particulares</b> .....	8
<b>1.4 Localización del área de estudio</b> .....	9
<b>1.5 Vías de acceso</b> .....	10
<b>1.6 Fisiografía</b> .....	11
<b>1.7 Clima</b> .....	12
<b>1.8. Hidrografía y circulación costera</b> .....	13
<b>1.9 Geología</b> .....	15
<b>1.9.1 Bahía de Banderas</b> .....	18
<b>1.9.2 Rio Ameca</b> .....	19
<b>2. Metodología</b> .....	20
<b>2.1 Trabajo de Campo</b> .....	20
<b>2.2 Trabajo de laboratorio</b> .....	24
<b>3. Análisis Sedimentológico</b> .....	24
<b>3.1 Lavado y secado de muestras</b> .....	25
<b>3.2 Tamizado de muestras</b> .....	26
<b>3.3 Recolección de datos.</b> .....	28
<b>3.4 Análisis de datos.</b> .....	28
<b>3.5 Clasificación de las muestras de acuerdo a sus parámetros estadísticos.</b> .....	30

<b>3.6 Parámetros sedimentológicos obtenidos en las playas de Puerto Vallarta.</b> .....	34
<b>3.6.1 Playa Los Muertos (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	35
<b>3.6.2 Playa Los Tules (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	36
<b>3.6.3 Playa de Oro (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	37
<b>3.6.4 Playa Holli Beach (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	38
<b>3.6.5 Playa Camarones (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	39
<b>3.6.6 Rios e Islas Marietas</b> .....	40
<b>4. Análisis Petrográfico</b> .....	42
<b>4.1.1 Playa Los Muertos (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	48
<b>4.1.2 Playa Los Tules (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	51
<b>4.1.3 Playa de Oro (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	54
<b>4.1.4 Playa Holi Beach (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	57
<b>4.1.5 Playa Camarones (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)</b> .....	60
<b>4.1.6 Río Cuale (Río 1)</b> .....	63
<b>4.1.7 Río Ameca (Río 2)</b> .....	64
<b>4.1.8 Río Rivera (Río 3)</b> .....	65
<b>4.1.9 Río Pitillal (Río 4)</b> .....	66
<b>4.1.10 Islas Marietas</b> .....	67
<b>5. Geoquímica</b> .....	68
<b>5.1. Fluorescencia de Rayos X.</b> .....	68
<b>5.1.1 Elementos mayores</b> .....	71
<b>5.1.2 Elementos traza</b> .....	74
<b>6. Conclusiones</b> .....	77
<b>Bibliografía</b> .....	78
<b>Anexos</b> .....	83

## **Resumen**

Puerto Vallarta es uno de los principales destinos turísticos de México, por lo que es susceptible a tener variaciones en su zona costera, incluyendo playas y desembocadura de los ríos, producto de las actividades antropogénicas. Estas variaciones pueden provocar desequilibrios ecológicos por lo que se requieren constantemente estudios ambientales entre ellos se encuentran los de caracterización geológica (sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos) que garanticen un seguimiento en las condiciones físico-químicas de la zona.

En el presente trabajo se realizó la recolección de muestras de arena de cinco playas que se encuentran en la parte central de Puerto Vallarta, representativas a las tres subzonas de playa: Infraplaya, Mesoplaya y Supraplaya. Cuatro muestras en las desembocaduras de los ríos Ameca y Cuale directamente en su incorporación de sus aguas al mar. Por último, una muestra de buceo de Playa Escondida (Islas Marietas) que forma parte de Bahía de Banderas.

Además, se realizaron análisis sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos para conocer su origen, clasificar su composición, obtener su comportamiento y determinar sus elementos mayores y traza.

## **Abstract**

Puerto Vallarta is one of the main tourist destinations in Mexico, so it is susceptible to variations on its coastal zone, including beaches and mouths of the rivers, product of anthropogenic activities. These variations can cause ecological imbalances, which is why environmental studies are constantly required, among them those of geological characterization (sedimentological, petrographic and geochemical) that guarantee a follow-up in the physical chemical conditions of the area.

In the present work, sand samples were collected from five beaches that are located in the central part of the Puerto Vallarta, at different depths representative of three beach subzones: inshore, foreshore and backshore. Four more of the Ameca and Cuale rivers in their incorporation of their waters into the sea. Finally, a diving sample from Playa Escondida (Marietas Islands) that is part of Bahía de Banderas.

In addition, sedimentological, petrographic and geochemical analyzes were conducted to know their origin, classify their composition, obtain their behavior and determine their major elements and trace.

# 1. Generalidades

---

## 1.1 Introducción

La playa constituye un límite natural entre el aire, la tierra y el agua (Carranza-Edwards, 1994). De acuerdo con King (1972), la playa es la acumulación de material suelto alrededor del límite de acción del oleaje. Para Komar (1976) los geólogos emplean con frecuencia el término litoral para incluir la playa hacia la porción marina a una profundidad en el cual el sedimento es transportado menos activamente por las olas superficiales.

El litoral está sujeto a la acción de diversos agentes dinámicos y es muy sensible a sus cambios. Teniendo en cuenta que más de la mitad de la población mundial vive en la costa o en su inmediata vecindad, se comprende la importancia de adquirir un adecuado conocimiento de su comportamiento geodinámico tanto desde el punto de vista de la gestión territorial como de los riesgos geológicos asociados, y sus respectivos impactos (Miralles, 1970).

Actualmente el cambio climático juega un papel importante en este ambiente debido al aumento del nivel medio del mar y al incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Lo anterior influye en la erosión costera, las inundaciones causadas por marea de tormenta y por el desbordamiento de ríos durante lluvias extremas, entre otros (SECTUR-CONACYT 2013).

Puerto Vallarta se encuentra en la Bahía de Banderas, la bahía más grande de México (fig. 1), donde la combinación de selva, montaña y mar ha hecho de “Vallarta” uno de los destinos favoritos de los turistas y ha influido en que Puerto Vallarta forme parte del *Club de las bahías más bellas del mundo*, al cual pertenecen 29 bahías de 23 países.

La estructura y la morfología de ésta costa han sido influenciadas por la subducción entre la Placa de Rivera y la Placa de Norteamérica y por el fallamiento cortical dentro del Bloque de Jalisco (Ramírez-Herrera y Urrutia-Fucogauchi, 1999; Ramírez-Herrera *et al.*, 1999 en Ramírez- Herrera *et al.*, 2004). La compensación producida por la fallas también genera una respuesta del sistema fluvial. Tales ríos cortan a través de la falla, experimenta una súbita caída en su nivel. Entonces, los ríos intensifican su erosión el cual es evidente por la profundidad de los valles de ríos y la formación de abanicos aluviales en el pie de escarpe de falla (e, g., Bowman *et al.*, 2007; Densmore *et al.*, 2005; Harvey, 2002; Reinhardt *et al.*, 2007, en Castillo, 2017).

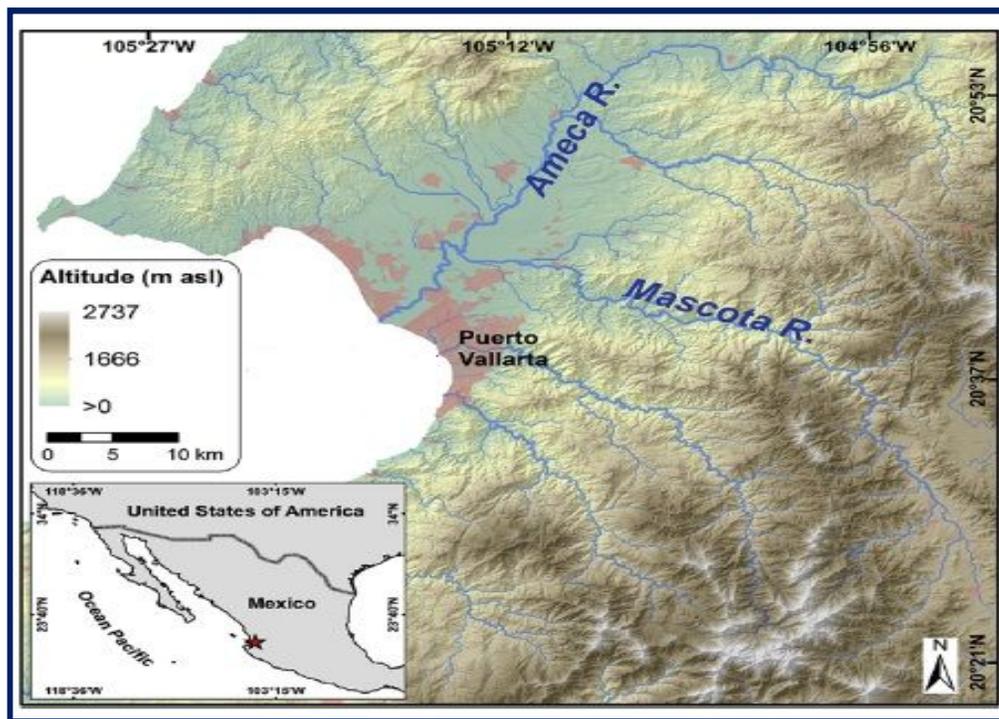


Figura 1, Área de Bahía de Banderas (Modificado, M. Castillo 2017)

## 1.2. Antecedentes.

Los trabajos en Puerto Vallarta han estado enfocados a diferentes conjuntos, desde la formación del margen continental así como la interacción de la extensión de Baja California y la Placa de Rivera; para ello las investigaciones de Mets y Stein (1990), Wilson (1997) además de DeMets y Taylor (2000) en Corbo-Camargo *et al.*, (2013) a través de los años trataron de ensamblar estos conjuntos por medio de estimar la velocidad de las placas.

En lo que se refiere a los trabajos de ríos, Rusell (1970) realizó estudios de los minerales arcillosos en el Río Ameca y su interacción con las playas vecinas, realizando procesos sedimentológicos, geoquímicos para la obtención de sus ambientes.

Amstrong-Altrin (2005) y algunos autores han descrito los usos de los elementos geoquímicos de rocas sedimentarias para inferir los conjuntos tectónicos basados en la discriminación de diagramas.

En estos últimos años, los estudios para esta zona son enfocados a la geomorfología, Castillo *et al.*, (2017), Arzate *et al.*, (2006), Hopkins *et al.*, (2014) y seguir definiendo su historia tectónica.

Otros autores como Armstrong-Altrin (2016), Tawfik (2017), Carranza, E.; (1994), Garzanti (2014), Kasper-Zubillaga (2001), han realizado de manera general análisis y procesos de procedencia y caracterización de arena en diferentes zonas y en nuestro país, utilizando sedimentología, petrología y geoquímica, los cuales han apoyado en el entendimiento de los procesos sedimentarios en los litorales.

## 1.3 Objetivos

### **1.3.1 Objetivo general**

Obtener la clasificación textural, composición mineralógica y química de cinco playas, cuatro ríos del municipio de Puerto Vallarta además de una muestra a través de buceo de playa Escondida (Islas Marietas), con el fin de evaluar diferencias y procedencias entre ellas.

### **1.3.2 Objetivos Particulares**

1. Obtener la clasificación textural de las muestras de arena (sedimentos costeros) de cinco playas, dos ríos y una muestra de buceo en las Islas Marietas ubicadas en Puerto Vallarta y Bahía de Banderas, para determinar su distribución y posibles diferencias.
2. Determinar la composición mineralógica de la arena de las zonas muestreadas para establecer su posible procedencia.
3. Analizar la composición química de las muestras colectadas, a través del uso de elementos mayores y traza que sirvan para obtener información sobre fuentes de procedencia.

## 1.4 Localización del área de estudio

Entre los numerosos destinos turísticos con los que cuenta el país, en años recientes destaca el de Bahía de Banderas, esta bahía la comparten dos entidades federativas: Jalisco y Nayarit.

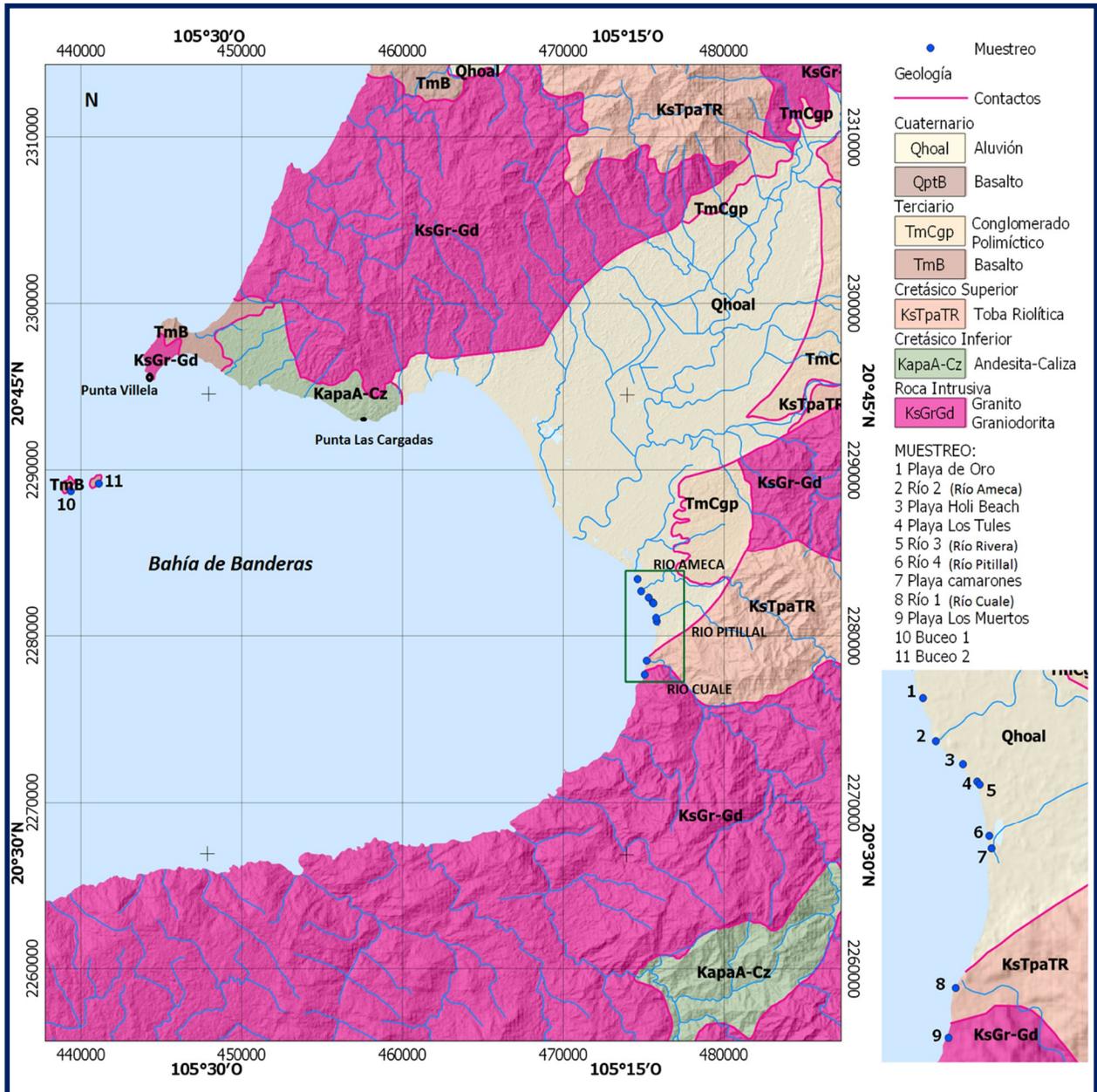


Figura 2 Mapa geológico y ubicación de las zonas de muestreo

El municipio de Puerto Vallarta (figura 2), colinda al norte con el Estado de Nayarit y el municipio de San Sebastián del Oeste, al este con los municipios de San Sebastián del Oeste y Mascota, al Sur con los municipios de Mascota, Talpa de Allende y Cabo Corrientes, al oeste con el municipio de Cabo Corrientes, el Océano Pacífico y el Estado de Nayarit. Se localiza entre las coordenadas geográficas 20°27´y 20°59´latitud norte, y 104°55´y 105°33´longitud oeste. Se localiza a una altura de 2 metros sobre el nivel del mar y tiene una superficie de 1,300.67 km<sup>2</sup> (COEPO, 2010).

En la Tabla 1 se muestran lugares visitados, sus coordenadas.

**Tabla 1. Localización de las muestras**

No.	Lugar muestreado	COORDENADAS	
1	Playa Los Tules	20°38'13.30"N	105°14'4.62"W
2	Islas Marietas (Buceo 1)	20°41'49.15"N	105°34'56.01"W
3	Islas Marietas (Buceo 2)	20°42'4.19"N	105°33'55.82"W
4	Playa Camarones	20°37'36.43"N	105°13'55.92"W
5	Playa De Oro	20°38'58.80"N	105°14'37.31"W
6	Playa Holli Beach	20°38'22.77"N	105°14'13.18"W
7	Playa Los Muertos	20°35'52.77"N	105°14'21.66"W
8	Río Cuale (Río 1)	20°36'20.02"N	105°14'17.38"W
9	Río Ameca (Río 2)	20°38'35.30"N	105°14'29.55"W
10	Río Rivera (Río 3)	20°38'11.67"N	105°14'3.12"W
11	Río Pitillal (Río 4)	20°37'43.24"N	105°13'57.30"W

## 1.5 Vías de acceso

**-Las principales vías de acceso a las playas de Puerto Vallarta (Figura 3)**

**Vía Aérea:** El Aeropuerto Internacional de Puerto Vallarta, "Presidente Gustavo Díaz Ordaz" es la principal vía de acceso, ocupa el sexto lugar nacional en cuanto a número de pasajeros. Puerto Vallarta ocupó la tercera posición entre los principales destinos de playa de la República Mexicana (periodo 2011-2012), sólo superado por los aeropuertos de Cancún y de Los Cabos.

**Vía Terrestre:** Las principales vías de acceso a este destino turístico de playa del estado de Jalisco, son la carretera federal, el trayecto Compostela a Puerto Vallarta que continúa al sur hacia Manzanillo; la carretera federal con entronque carretera México; la carretera federal con Melaque a Puerto Vallarta; y la carretera libre que conecta a Puerto Vallarta con Mascota, Talpa, Ameca y Guadalajara

Además la carretera Mascota-Las Palmas-Puerto Vallarta, pero debido a la orografía de la zona y la calidad de la infraestructura, esta vía presenta constantes derrumbes durante el temporal de lluvias (Sectur, 2014).

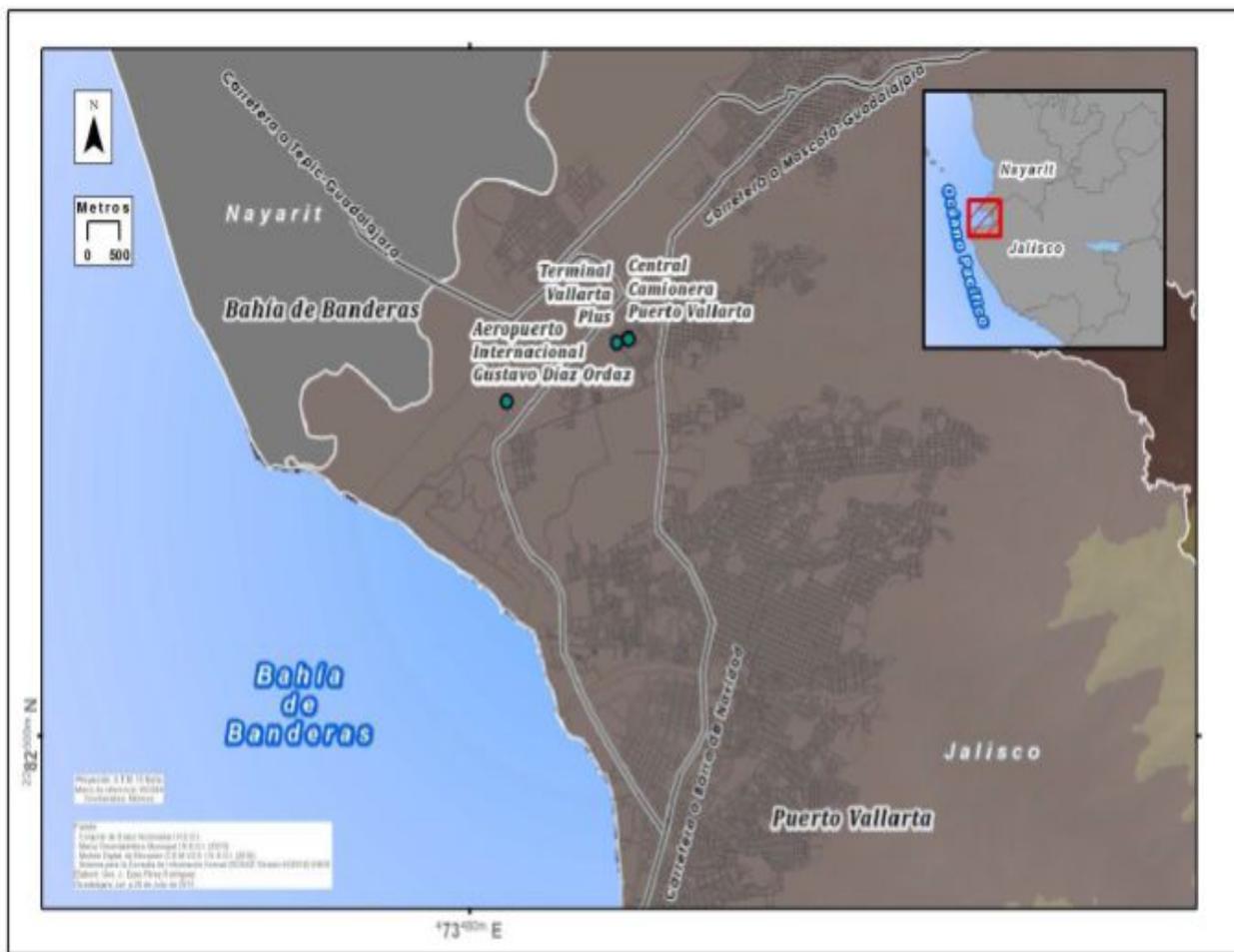


Figura 3, Vías de Acceso (Sectur 2014)

## **1.6 Fisiografía**

Es una región que cuenta con una llanura costera angosta, flanqueada por la porción más noroccidental de la Sierra Madre del Sur. Además, es de señalar que la llanura costera cuenta con ecosistemas de gran fragilidad “porque se encuentra en la zona de transición terrestre y marino, pero además influidos por ecosistemas dulceacuícolas. Y con un sistema estuario gravemente amenazado...” (Dachary y Arnaiz, 2006).

Cuenta con muy pocas zonas de relieve planas; éstas, en su caso, se localizan principalmente en la margen derecha del río Ameca y, por la costa, desde su desembocadura hasta la del río Cuale, hacia el Sur. La mayor parte de la superficie está ocupada por zonas accidentadas: en la parte Oriental las sierras de San Sebastián y de Cuale, que forman parte de la Sierra Madre Occidental, protegen el municipio de los vientos y sirven como moderadores del clima; además son un recurso de gran potencial para diversificar la oferta turística del puerto (INEGI, 1984).

## **1.7 Clima**

De acuerdo con el Sistema de Información Estadística y Geografía (SIEG, 2014), la temperatura media anual registrada en ese municipio es de 21.8°C (fig. 4), mientras que sus máximas y mínimas promedio oscilan entre 31.6°C y 13.4°C respectivamente, siendo en el mes de junio cuando se registran las temperaturas más elevadas y en el mes de enero las más frías (Comisión Nacional del Agua de Jalisco, 2015).

Los datos históricos de estaciones climatológicas cercanas al municipio indican que la mayor parte del municipio de Puerto Vallarta (94.2%) tiene clima cálido subhúmedo de acuerdo a la clasificación hecha por Köppen, (1928; SPP, 1981; INEGI, 2000).

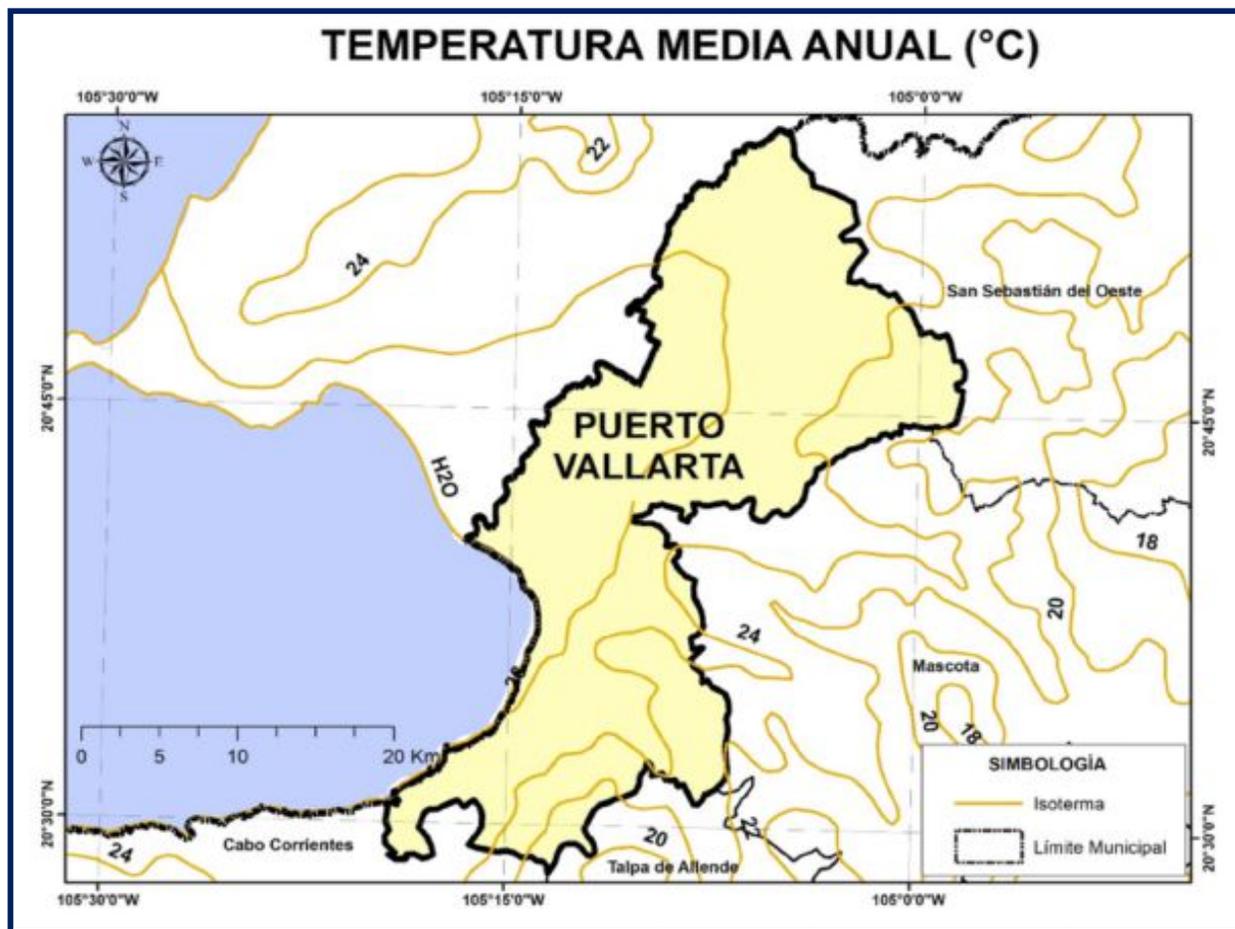


Figura 4, Temperatura Media Anual (SEIG 2014)

## 1.8. Hidrografía y circulación costera.

Las principales corrientes de agua en el municipio son; al norte por los ríos Ameca que sirve de límite entre los estados de Jalisco y Nayarit, el Mascota que descarga sus aguas en el anterior cerca del poblado de Las Juntas, El Pitillal, La Vena de Santa María y El Cuale, que cruza la ciudad. Al sur se encuentra los arroyos de Las Amapas, Las Estacas, El Carrizo, Palo María, Mismaloya, Los Horcones y el de Quimixto. Así mismo se encuentran los arroyos permanentes de Camarones, Santa María y El Nogal, y otros temporales como El Palo de Santa María y Agua Zarca que se forman con el temporal de lluvias. También existen esteros, entre los que sobresale el estero El

Salado, localizado al Norte de la ciudad (Comisión Nacional del Agua de Jalisco, 2015). La abundancia de agua en toda esta zona favorece la vegetación de la franja costera, del cerro, del bosque y de la zona de manglar.

El municipio de Puerto Vallarta de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2014) se encuentra en la Región Hidrológica Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico; Región Hidrológica 14 Río Ameca en las Cuencas Hidrológicas Ameca-Ixtapa A, Ameca Ixtapa B, Mascota y Región Hidrológica 13 Río Huicicila en las Cuencas Hidrológicas Pitillal, Cuale y Tecomala (Comisión Nacional del Agua de Jalisco, 2015).



Figura 5, Cuencas Hidrológicas (CONAGUA 2014)

## 1.9 Geología.

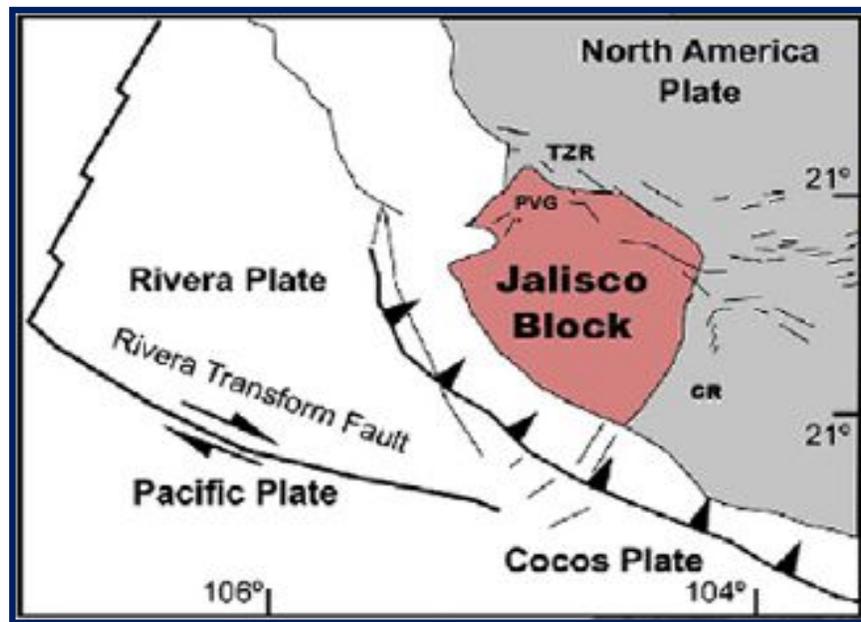
El área de estudio es geológicamente compleja debido que Puerto Vallarta se encuentra en los límites de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Sierra Madre del Sur (SMS), con lo cual tiene interacción en el norte con la Sierra Madre Oriental y en su lado oeste enfrenta la subducción de la Placa de Rivera.

La geología de Puerto Vallarta, Bahía de Banderas y el Río Ameca son pertenecientes al Bloque de Jalisco (un granito tectónico dominante del Cretácico) y un punto triple tipo africano (los rifts de Colima, Chapala y Tepic-Zacoalco) (Alatorre-Zamora *et al.*, 2018). Siendo esta zona de estudio la parte noroeste de la Sierra Madre del Sur (fig. 6) y Terreno Guerrero.



Figura 6, Mapa de Provincias Fisiográficas (Modificado de Moran-Zenteno 1994)

Por su origen vulcanosedimentario y de intraplaca en Puerto Vallarta, (Ferrari 1995, Schaaf 2000, Demant 1981, Rosas Elguera 2000 en Castillo 2017), Richter (1995), y Verma (2011) en Alatorre-Zamora (2018) proponen una relación con la FVT y definen al Bloque de Jalisco (donde pertenece Puerto Vallarta) como un cuerpo batolítico y una junta triple llamada Tepic-Zacoalco, constituida como una serie de grabens por medio de las características geoquímicas y con estudios detallados de los distintos sistemas de fallas además de la batimetría de la región (figura 7).



**Figura 7,** Bloque de Jalisco (Modificado de M. Castillo 2017). TZR (Rift Tepic-Zacoalco) CR (Rift de Colima) y PVG (Graben de Puerto Vallarta).

El batolito de Puerto Vallarta cubre un área de al menos 9000 km<sup>2</sup> donde las rocas granodioríticas constituyen uno de los más grandes cuerpos plutónicos en el arco de México. Köhler et al., (1988) en Alvarez *et al.*, (2010) sostuvo la edad de intrusión del batolito de Puerto Vallarta entre 97+/-3 y 88+/-2 Ma, revelando el levantamiento que ha tenido la margen continental con respecto a la zona interior, en donde se encuentran expuestas principalmente secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico y

Cenozoico, característica del Terreno Guerrero, además es el más importante cuerpo plutónico del Mesozoico y Terciario que ocurrió a lo largo de la costa suroeste de México. Las rocas plutónicas de estas regiones están compuestas de dioritas, cuarzdioritas, tonalitas, granodioritas, adamilitas y granitos de magmas químicamente calco-alcaldas (Henry, 1975; Mcdowell y Kerzer, 1977; Mcdowell y Clabaugh, 1979; Negendank et al., 1987 en Zimmermann 1988).

El campo de granito-granodiorita es interpretado como un emplazamiento de una corteza antigua del Precámbrico a Cámbrico la edad de enfriamiento de este campo de granito son de 80 a 60 Ma y está considerado a ser la edad de emplazamiento. El principal cuerpo costero introduce una serie metapelítico de bajo grado de edad Triásico, pero los campos comunes de rocas a lo largo de una serie volcano-sedimentaria del Cretácico Temprano contienen varias mineralizaciones polimetálicas y sulfuros (González Partida 1985, en Zimmermann 1988)

Las rocas más antiguas en la zona del graben de Puerto Vallarta son rocas volcánicas y sedimentarias del Jurásico al Terciario Temprano. De acuerdo a Gastit (1983) en Zimmermann (1988), el batolito de Puerto Vallarta-Rio Santiago representa la extensión sur del campo de laucotonalita y granito-granodiorita que, junto con el campo geológico adyacente oeste, toma la serie plutónica de Baja California y Golfo de California.

Las rocas metamórficas del Jurásico consisten en esquistos, filitas y pizarras, afloran al poniente de Talpa de Allende y al noreste de Mascota (C.R.M, 1992 en SGM 2007). Los depósitos volcanosedimentarios del Cretácico Inferior están constituidos por calcilitas, lutitas, pizarras y arenisca con intercalaciones de derrames andesíticos y riolíticos, sus afloramientos se ubican al sur de Santiago de los Pinos y en la región minera del Cuale (C.R.M., 1992 en SGM 2007).

En el Mioceno-Plioceno se formaron cuencas lacustres con depósitos de material detrítico, éstas se ubican en los poblados de Ameca y Estancia de López a lo largo del río Ameca, (INEGI, 1988). En el Plioceno-Cuaternario se desarrolla volcanismo calco-alcaldino constituido principalmente por basalto, andesita y material piroclástico; el cual pertenece a la provincia petrológica del Eje Neovolcánico (Demant, 1982); los

afloramientos se localizan a lo largo de los ríos Ameca, Atenguillo, Mascota, Atengo y Tamazula, en la porción oriental además el batolito está cubierto por el Complejo Volcánico Superior de la Sierra Madre Oriental (35-23 Ma) y, a lo largo el borde norte, por los volcanes Plio-Cuaternarios de la FVTM; la disposición de los afloramientos nos indica que el volcanismo es fisural, habiéndose emplazado en fallamientos regionales NW-SE y N-S.

En el Cuaternario se depositó material conglomerático y sedimentos de origen aluvial, residual, palustre y eólico, localizado al poniente, centro y nororiente. El flujo de lava Cuaternaria en el graben de Puerto Vallarta está presente en el sector norte y noroeste. (Castillo *et al.*, 2017).

Con base en la batimetría de la región marina frente a Puerto Vallarta, Álvarez (2002) en Gómez-Truena *et al.*, (2005) también propone la existencia de una zona de fallamiento normal activo en la Bahía de Banderas que parece estar confirmando por la pronunciada actividad sísmica registrada en la zona los últimos años (Núñez-Cornú *et al.*, 2002 en Gómez-Truena *et al.*, 2005). El batolito de Puerto Vallarta- Rio Santiago comprime un cuerpo costero y varios pequeños cuerpos ocurriendo de N y E.

### **1.9.1 Bahía de Banderas**

Bahía de Banderas pertenece al bloque de Jalisco como describieron varios autores Allan, 1986; Ferrari, 1995; Rosas-Elguera *et al.*, 1996 en Alvarez *et al.*, 2010). Esta localizado en la costa del Pacífico mexicano, en la parte central de México; lo constituye 60 km de marea en la línea de costa y es el límite donde tiende al NW de la costa de Jalisco, radicalmente cambia de dirección al NE a lo largo de la costa de Nayarit (Alvarez *et al.*, 2010).

Bahía de Banderas fue representada correspondiendo a una estructura de semigraben de la falla tipo terrestre, y geometría de dragado reverso (Álvarez, 2010) originando en un episodio extensional cerrado de dirección N-S. Al oeste otra estructura de tipo extensional sigue, Valle de Banderas. A lo largo de este valle fluye el río Ameca, el cual

su curso inicial al NE de la porción del Bloque de Jalisco, cerca del pueblo de Ameca. Este río es el recurso más grande de descarga de sedimentos en Bahía de Banderas (Castillo *et al.*, 2017).

### **1.9.2 Río Ameca**

El río Ameca es un río subtropical localizado en el centro-oeste de México. El curso del río Ameca está localizado en un terreno montañoso volcánico del estado de Jalisco, donde corta montañas y mesetas. El bajo curso del flujo del río está a lo largo del graben de Puerto Vallarta (Ferrari *et al.*, 2012 en Castillo *et al.*, 2017). El río Ameca fluye hacia la Bahía de Banderas.

Las rocas más antiguas del área Ameca constituyen a secuencias vulcano-sedimentarias del Neocomiano –Aptiano comprendiendo en la base una alternación de lutitas, limolitas y areniscas, con intercalación de andesitas y tobas andesíticas hacia la cima (Alatorre-Zamora *et al.*, 2018).

La reciente cubierta comprende depósitos del Holoceno representados por sedimentos lacustres y aluviales. El aluvión consiste de clastos ilimitados, arenas y arcilla que han sido depositados en las capas del río, corrientes y valle. Los depósitos sedimentarios superiores, productos de inundación de minerales existentes cubren la parte este. Es un conglomerado polimictico formado por fragmento de riolita subredondeada, tobas riolíticas, brechas ignimbríticas, basaltos, dacita, granito y cuarzo (Alatorre-Zamora *et al.*, 2018).

El sistema fluvial del río Ameca fluye cubriendo un paisaje activo tectónico, el cual es parte del sector norte del bloque. La velocidad de erosión es particularmente alto para este sector del bloque (Castillo *et al.*, 2014) El promedio anual de carga de sedimento del río Ameca es de  $-11 \times 10^3 \text{ m}^3$ .

## 2 Metodología

El análisis de las playas fue realizado con el apoyo del proyecto PAPIME PE106016 “Análisis y clasificación de rocas y sedimentos obtenidos a partir de la exploración y muestreo de ambientes sedimentarios”, a cargo de la Dra. Mayumy Amparo Cabrera Ramírez con el propósito de crear guías de aprendizaje aplicadas a las Ciencias de la Tierra.

### 2.1 Trabajo de Campo

Los días 23 al 25 de octubre de 2017, se realizó la recolección de muestras de sedimento de 5 playas en las tres subzonas de playa (Infraplaya, Mesoplaya y Supraplaya) y los ríos que presentan su desembocadura cercana (para fines prácticos de análisis se denominaron Río 1, Río 2, Río 3 y Río 4) en la zona de Puerto Vallarta. Las muestras se recolectaron a partir de los primeros 5 cm de profundidad con una pala.

Las zonas muestreadas (figura 8), en la parte norte del área de estudio fueron: Playa de Oro, Playa Holli Beach, Playa Los Tules, Río 4 (Río Pitillal) y Río 3 (Rivera), en la parte central: Playa Camarones y Río 2



**Figura 8,** Ubicación de las playas y ríos muestreados (Modificado de Google Earth 2018).

(Ameca), así mismo en la parte sur: Playa Los Muertos y Río 1 (Río Cuale) (figuras 10 a 23). Para obtener la última muestra en la cercanía de Playa Escondida (Islas Marietas) se realizó actividad de buceo (figura 9) a una profundidad de 15m. (fig. 24 y 25)



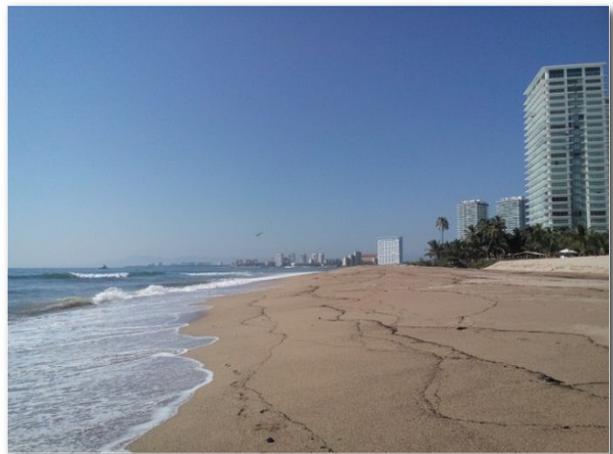
*Figura 9, Islas Marietas (Modificado de Google Earth 2018)*

### ***Playas y Ríos muestreados***

---



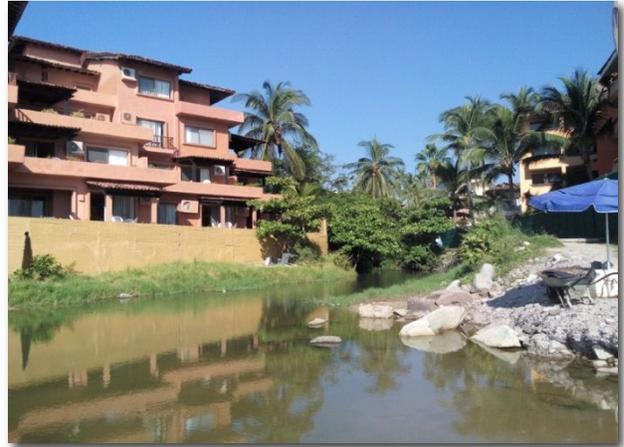
**Figura 10, Playa de Oro**



**Figura 11, Playa Holli Beach**



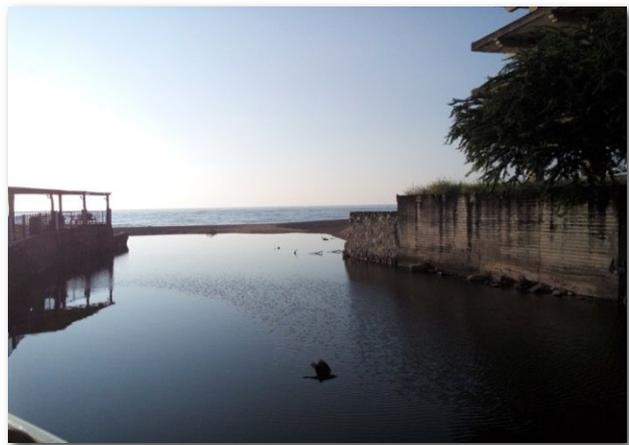
**Figura 12,** Playa Los Tules



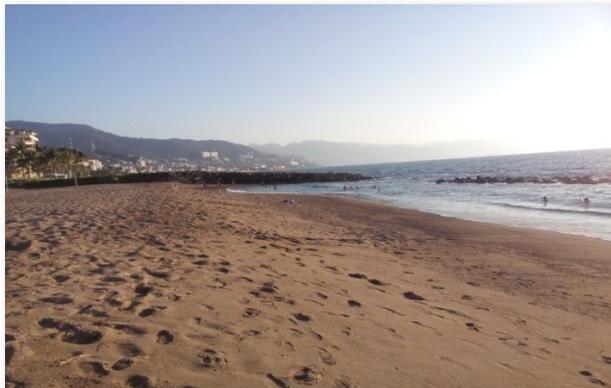
**Figura 13,** Río Pitillal



**Figura 14,** Río Rivera



**Figura 15,** Río Rivera (enfrente el océano)



**Figura 16,** Playa Camarones



**Figura 17,** Playa Camarones (Zona Hotelera)



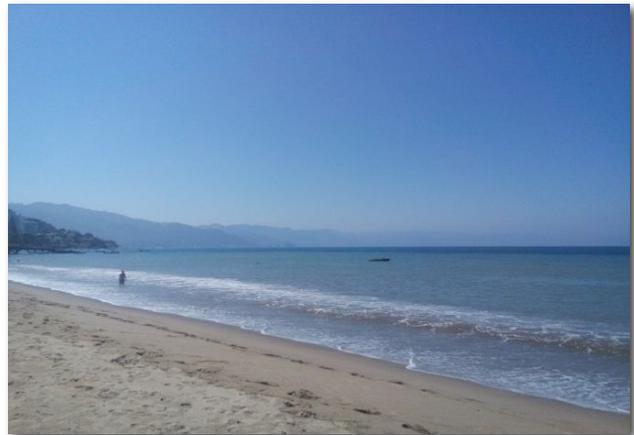
**Figura 18,** Río Ameca



**Figura 19,** Río Ameca, en la saliente con el océano



**Figura 20,** Playa Los Muertos desde el mar



**Figura 21,** Playa Los Muertos



**Figura 22,** Río Cuale



**Figura 23,** Río Cuale (desde el puente)



**Figura 24, Buceo (I. Marietas)**



**Figura 25, Coral (I. Marietas)**

## 2.2 Trabajo de laboratorio

Las muestras fueron procesadas para análisis e interpretaciones sedimentológicas, petrográficas y geoquímicas.

En el análisis sedimentológico se obtuvieron parámetros estadísticos sugeridos por Folk (1980), para clasificar el tipo de arena, obtener el ambiente de formación y el mecanismo de transporte, estos fueron realizados en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

Con el análisis petrográfico se realizó un análisis modal para la identificación de minerales mediante el método Gazzi-Dickinson (Gazzi, 1966; Dickinson, 1970, en Hernández-Hinojosa, 2018) y posteriormente se graficaron en un diagrama ternario para la clasificación de las arenas.

Por último, se realizaron análisis geoquímicos para obtener las concentraciones de los elementos mayores y traza de las arenas y así la determinación de sus componentes de cada muestra, además de graficar sus normalizaciones con la corteza (UCC), esto realizado en el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X del Instituto de Geología, UNAM.

## 3. Análisis Sedimentológico.

---

### 3.1 Lavado y secado de muestras.

De las 20 muestras, se recolectó 1 kg de arena. Posteriormente fueron guardadas en bolsas de plástico, empaquetadas y selladas, para evitar su contaminación.

Con el fin de retirar basuras y materia orgánica, las arenas fueron lavadas bajo el chorro de agua del grifo (figura 26) posteriormente se dispersaron de manera uniforme en refractarios. Con ayuda de lámparas se secaron durante tres días para quitar cualquier rastro de humedad (figura 28).



**Figura 26,** Lavado de muestras



**Figura 27,** Secado de las muestras dentro del horno

### 3.2 Tamizado de muestras.

El análisis de tamices es utilizado para determinar la distribución de tamaños en una muestra de sedimentos. La prueba se realiza conforme al proceso sugerido por Folk (1980). Utilizando una serie de tamices con rango de  $-5.5$  a  $4.0 \phi$  y un intervalo de  $0.5 \phi$  en cada uno de ellos, asegurándose primero que los tamices que se van a utilizar estén limpios.



**Figura 28, Ro-Tap**

Primero, se procede a pesar cada una de las muestras, esto para tener un control del peso total de origen. Los tamices se acomodan en un Ro-Tap (fig. 28) tomando una columna en donde el tamiz 6 quede en la parte superior y el PAN (base de la columna de tamices) en la parte inferior, como se tiene organizado en la Tabla 2, (los tamaños de las arenas de mayor a menor). Una vez colocados los tamices se vacía la muestra de sedimento en el matriz superior y se enciende el Ro-Tap con un tiempo de 5 minutos, en el cual cada grano es retenido en los tamices determinado por su tamaño.

**Tabla 2: Clasificación de las arenas (Folk, 1980)**

Escala $\phi$	mm	Clase de Tamaño Wentworth	Clasificación de la partícula
-8	256	Bloque	Gravas
-7	128	Canto	
-6	64		
-5	32		
-4	16		
-3	8	Guijarro	
-2	4		
-1	2	Granulo	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	



**Figura 29, Proceso de limpieza de los tamices**

### 3.3 Recolección de datos

Después de utilizar el Ro-Tap, se extrae toda la columna de tamices y se lleva a una mesa. Con cuidado se saca el primer tamiz, se vacía la muestra en un folder limpio y se pasa la brocha por el tamiz para que no queden granos en la malla (fig. 29). La muestra que quedo en el folder se coloca en un vaso o caja y se pesa, registrando el peso (fig. 30) de cada malla en las tablas (Tabla 3, Anexo).



**Figura 30,** Medición del peso de las arenas

### 3.4 Análisis de datos

El análisis granulométrico es representado por: histogramas, curvas de frecuencia y curvas acumulativas.

*Histograma:* Es una representación gráfica de la distribución de frecuencia, siendo la más simple de todas, también denominada pirámide de frecuencia de distribución. El histograma se representa en un sistema de coordenadas cartesianas, en papel milimétrico (fig. 31).

En las abscisas se grafican las clases granulométricas en escala phi o Udden-Wentworth y en ordenadas la frecuencia en porcentaje (%).

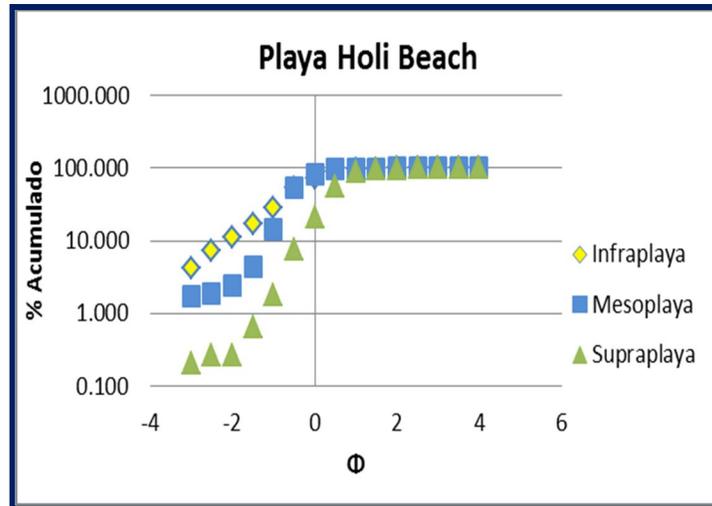


Figura 31, Histograma

**Peso acumulado:** El cual se obtiene a partir del primer peso que se le denomina “a” al segundo peso “b”, al tercero “c” y así sucesivamente posteriormente se realiza la sumatoria de (a+b), para el siguiente peso acumulado se realiza la suma con “c” y el resultado de sumatoria (a+b), de esta manera ((a+b)+c), así se van sumando el resultado de cada sumatoria con el siguiente peso.

**Porcentaje del peso total (% total):** Es el resultado de cada peso multiplicado por 100 entre la suma total de los pesos ( $a\% = a \cdot 100 / (a+b+c\dots)$ )

**Porcentaje acumulado:** La sumatoria de cada porcentaje del peso total (a%, b%, c%,...) tomando el mismo principio que el peso acumulado: (a%+b%, (a%+b%)+c%,...).

Se realizó una segunda tabla a partir del peso de cada tamiz para la obtención de los cálculos estadísticos, con las características mostradas en la Tabla 4.

**Tabla 4**

		PESOS (g)	peso acumulado	% peso	% acumulado
<b>INFRAPLAYA</b>	-4.5	27.43	27.43	4.996	4.996
	-4	75.05	102.48	13.668	18.664
	-3.5	15.18	117.66	2.765	21.429
	-3	34.33	151.99	6.252	27.681
	-2.5	32.84	184.83	5.981	33.662
	-2	28.63	213.46	5.214	38.876
	-1.5	34.92	248.38	6.360	45.236
	-1	29.67	278.05	5.404	50.639
	-0.5	39.67	317.72	7.225	57.864
	0	23.92	341.64	4.356	62.220
	0.5	23.27	364.91	4.238	66.458
	1	14.18	379.09	2.583	69.041
	1.5	15.25	394.34	2.777	71.818
	2	29.51	423.85	5.374	77.193
	2.5	49.82	473.67	9.073	86.266
	3	56.20	529.87	10.235	96.501
	3.5	17.72	547.59	3.227	99.729
	4	0.04	547.63	0.007	99.736
>4	1.45	549.08	0.264	100.000	

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

Para seguir con el análisis granulométrico según Folk (1980), la clasificación de partículas de acuerdo a su tamaño es posible debido al tamaño de partículas acumuladas en un medio en específico tiende a existir un predominio claro de un tamaño determinado.

Existen una serie de parámetros estadísticos que permiten el análisis granulométrico de sedimentos (Tabla 5). Las medidas estadísticas son las presentadas en la siguiente tabla:

**Tabla 5: Cálculos de los Parámetros Estadísticos (Folk, 1980)**

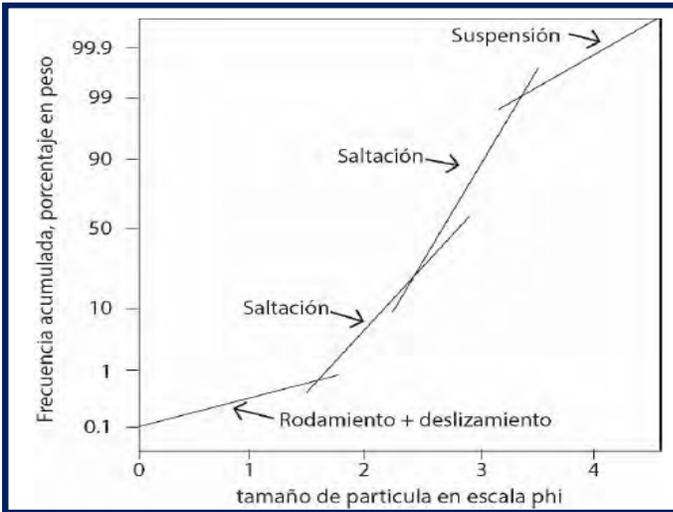
Parámetros estadísticos	Fórmulas del método de momentos	Fórmulas del método gráfico (de Folk y Ward, 1957)
media (x)	$\frac{\sum f \cdot m}{100}$	$\frac{(\phi 16 + \phi 50 + \phi 84)}{3}$
selección ( $\sigma$ )	$\sqrt{\frac{\sum f \cdot (m - x)^2}{100}}$	$\frac{(\phi 84 - \phi 16)}{4} + \frac{(\phi 95 - \phi 5)}{6,6}$
asimetría ( $SK_1$ )	$\frac{\sum f \cdot (m - x)^3}{100 \cdot \sigma^3}$	$\frac{(\phi 16 + \phi 84 - 2 \cdot \phi 50)}{2 \cdot (\phi 84 - \phi 16)} + \frac{(\phi 5 + \phi 95 - 2 \cdot \phi 50)}{2 \cdot (\phi 95 - \phi 5)}$
mediana (Md)		$\phi 50$
agudeza ( $K_G$ )	$\frac{\sum f \cdot (m - x)^4}{100 \cdot \sigma^4}$	$\frac{(\phi 95 - \phi 5)}{2,44 \cdot (\phi 75 - \phi 25)}$

**Moda:** Corresponde al tamaño de partícula más frecuente de la distribución, puede ser determinada a partir de los histogramas o de las curvas de frecuencia (el pico más alto de la curva), muchas distribuciones para depósitos sedimentarios pueden ser unimodales si tiene una moda, bimodal si tiene dos modas o multimodal si tiene más de dos modas.

**Media (Mz):** Es la medida en el centro de la distribución en otras palabras es el promedio estadístico expresado en unidades phi, puede ser hallada sobre la curva de frecuencia acumulada.

**Mediana (Md):** Representa el punto medio de la distribución granulométrica y por lo tanto es el diámetro que deja la mitad (en peso) de la población analizada con tamaños más gruesos y la otra mitad con tamaños más finos.

**Escala phi y porcentaje acumulado:** Para los siguientes parámetros se requiere la información del análisis de datos y se grafica el valor de  $\phi$  contra el valor del porcentaje acumulado para obtener  $\phi 95$ ,  $\phi 84$ ,  $\phi 75$ ,  $\phi 50$ ,  $\phi 16$  y  $\phi 5$ .



De esta manera se utiliza también en la clasificación del mecanismo de transporte (Gráfica 1) que tuvieron las partículas, la cual, se puede comparar en la siguiente gráfica:

**Gráfica 1,** Mecanismo de transporte (Visher, 1967)

**Desviación Estándar (Tabla 6):** Mide la uniformidad en el tamaño de grano dentro de una muestra de sedimento. Desde el punto de vista del significado geológico, la selección depende en gran medida del tiempo de transporte que ha sufrido el sedimento y su extensión. También tiene gran influencia el tipo de ambiente de depositación. En una curva acumulativa, cuanto más vertical sea su trazado, hay una mayor selectividad del medio.

**Tabla 6: Clasificación de las arenas por Desviación Estándar (Folk, 1980)**

<i>Desviación Estándar ( <math>\sigma</math> )</i>	
menos de 0.35	Muy bien clasificada
0.35 - 0.50	Bien Clasificada
0.50 - 0.71	Moderadamente bien clasificada
0.71 - 1.0	Moderadamente clasificada
1.0 - 2.0	Mal clasificada
2.0 - 4.0	Moderadamente mal clasificada
mayor a 4.0	Extremadamente mal clasificada

**Asimetría (Tabla 7):** Mide la desigualdad de la curva de frecuencia, la cual se establece graficando el tamaño de grano ( $\phi$ ) y frecuencia de ocurrencia en la muestra. Un valor positivo indica el esvanecimiento de la curva a la derecha de la media con un exceso de partículas finas, un valor negativo indica un desvanecimiento de la curva a la izquierda de la media y un exceso de gruesos.

**Tabla 7: Clasificación de las arenas. Asimetría (Folk, 1980)**

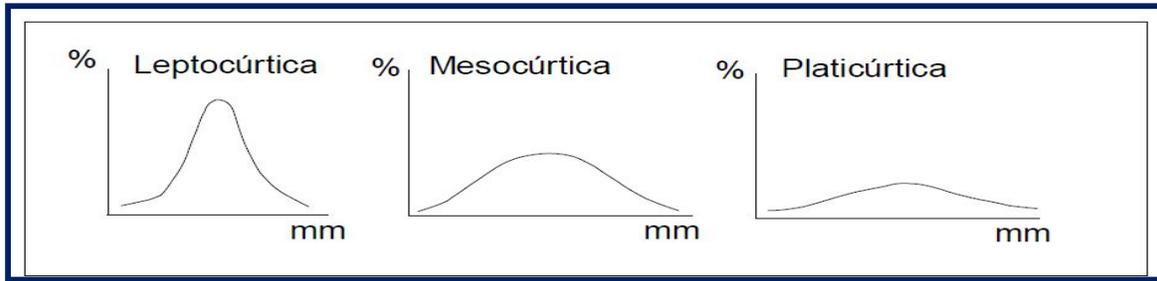
Asimetría	
1 a 0.3	Muy simétrica-- finos
0.3 a 0.1	Asimétrica-- finos
0.1 a -0.1	Simétrica
Mayor a -0.1	Asimétrica-- gruesos
Mayor a -0.3	Muy asimétrica negativa

Desde el punto de vista geológico, la asimetría de una curva de frecuencia es un indicio de la contaminación de un sedimento por otro. Así, las muestras fuertemente asimétricas son el resultado de la mezcla de ambientes sedimentarios. El estudio del grado y sentido de asimetría de una curva de frecuencia permite inferir qué tipo de granulometría es la dominante y cuál es la subordinada en un determinado sedimento.

El tipo de ambiente se obtiene en este parámetro y la clasificación con el gráfico de Bjorlykke (1984).

**Curtosis (Tabla 8):** Es la medida de la desviación simétrica de una curva normal. Se establece haciendo una comparación entre el calibrado en las colas de la distribución y el calibrado en la porción de la misma (fig. 32). Las curvas se denominan como:

Leptocúrticas o puntiaguda si la porción central de la curva es mejor seleccionada, si ocurre lo contrario la curva es platicúrtica o achatada (Folk, 1980).



**Figura 32,** Tipos de curvas. Curtosis

Bajo las siguientes medidas de analisis:

**Tabla 8: Clasificacion respecto a la curtosis (Folk, 1980)**

<i>Curtosis (Kc)</i>	
Menos de 0.67	Muy Platicurtica
0.67 - 0.90	Platicurtica
0.90 - 1.11	Mesocurtica
1.11 - 1.50	Leptocurtica
1.50 - 3.0	Muy Leptocurtica
Mayor a 3.0	Extremadamente Leptocurtica

### 3.6 Parámetros sedimentológicos obtenidos en las playas de Puerto Vallarta

A partir de las ecuaciones anteriores se realizaron los cálculos para la obtención de los parámetros estadísticos (tamaño grafico promedio, desviación estándar, asimetría y curtosis) necesarios para cada muestra de las playas, de los ríos y la muestra de buceo en Puerto Vallarta (Tabla 9 a 14).

### 3.6.1 Playa Los Muertos

**Tabla 9: Playa Los Muertos**

PARAMETRO	VALOR	CLASIFICACION
INFRAPLAYA		
Mz $\phi$	0.266	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.366	Mal clasificada
Asimetría	0.195	Asimétrica-Finos
Md	-0.4	
Curtosis	0.901	Mesocúrtica
MESOPLAYA		
Mz $\phi$	0.3	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	0.954	Moderadamente clasificada
Asimetría	0.284	Asimétrica-Finos
Md	0.3	
Curtosis	1.475	Leptocúrtica
SUPRAPLAYA		
Mz $\phi$	0.866	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	5.425	Extremadamente mal clasificada
Asimetría	0.171	Asimétrica-Finos
Md	0.9	
Curtosis	1.117	Leptocúrtica

La playa Los Muertos tiene relación en sus datos estadísticos para las tres subzonas (Gráficas 2-7 del anexo) una composición de arena muy gruesa, presenta en la Supraplaya (Tabla 9) una extremadamente mala clasificación que va mejorando a medida de acercarnos al mar (Infraplaya) a ser mal clasificada, prevaleciendo los granos finos en el paso de cada una de las zonas (Asimétrica—Finos).

El mecanismo de transporte fue predominantemente la suspensión, analizado a través de las gráficas acumulativas (Gráfica 8 del anexo).

### 3.6.2 Playa Los Tules

Tabla 10: Playa Los Tules

PARAMETRO	VALOR	CLASIFICACION
INFRAPLAYA		
Mz $\phi$	-0.966	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	2.947	Moderadamente mal clasificada
Asimetría	-0.8	Asimétrica-Gruesos
Md	-1	
Curtosis	0.688	Platicurtica
MESOPLAYA		
Mz $\phi$	-0.266	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.984	Mal clasificada
Asimetría	-0.596	Muy asimétrica negativa
Md	0.4	
Curtosis	1.158	Leptocúrtica
SUPRAPLAYA		
Mz $\phi$	1.416	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.333	Mal clasificada
Asimetría	0.394	Muy simétrica-- finos
Md	1.4	
Curtosis	0.763	Platicúrtica

La playa Los Tules en sus datos estadísticos para las tres subzonas, (Gráfica 8-13 del anexo) presenta un tamaño de grano de arena muy gruesa, tanto en la Supraplaya (Tabla 10) como en la Mesoplaya hay una mala clasificación sin embargo en la Infraplaya comienza a ser moderadamente mal clasificada, para la Supraplaya prevalecen los granos finos pero tanto en la Mesoplaya e Infraplaya son muy gruesas a gruesas.

El mecanismo de transporte fue predominantemente la suspensión en la Infraplaya y Mesoplaya, para la Supraplaya es la saltación y suspensión (Gráfica 15 del anexo).

### 3.6.3 Playa de Oro

Tabla 11: Playa de Oro

PARAMETRO	VALOR	CLASIFICACION
INFRAPLAYA		
Mz $\phi$	-0.966	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	2.7	Moderadamente mal clasificada
Asimetría	0.579	Simétrica
Md	-2.3	
Curtosis	0.65	Muy Platicúrtica
MESOPLAYA		
Mz $\phi$	-0.033	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.021	Mal clasificada
Asimetría	0.293	Asimétrica-- gruesos
Md	-0.1	
Curtosis	1.4	Leptocúrtica
SUPRAPLAYA		
Mz $\phi$	1.633	Arena gruesa
Desviación Estándar	0.658	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	0.083	Simetría
Md	1.6	
Curtosis	1.001	Mesocúrtica

La playa De Oro presenta en sus datos estadísticos para las tres subzonas un tamaño de grano de arena muy gruesa (Gráfica 16-21 del anexo), la Supraplaya (Tabla 17) esta moderadamente bien clasificada sin embargo en la Mesoplaya (Tabla 11) se tiene una mala clasificación y la Infraplaya es moderadamente mal clasificada, en la distribución de los granos tanto la Infraplaya y la Supraplaya hay simetría entre ellos a diferencia de la Mesoplaya donde se acumulan los granos gruesos con esto, concuerda con la clasificación de los granos.

El mecanismo de transporte fue predominantemente la suspensión en la Infraplaya, en la Mesoplaya y la Supraplaya es saltación y suspensión (Grafica 22 del anexo).

### 3.6.4 Playa Holli Beach

#### Playa 12: Playa Holli Beach

PARAMETRO	VALOR	CLASIFICACION
INFRAPLAYA		
Mz $\phi$	-0.6	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.066	Mal clasificada
Asimetría	-0.168	Asimétrica-- gruesos
Md	-0.5	
Curtosis	1.229	Leptocúrtica
MESOPLAYA		
Mz $\phi$	-0.122	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	0.522	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-1.711	Asimétrica-- gruesos
Md	0.6	
Curtosis	0.922	Mesocúrtica
SUPRAPLAYA		
Mz $\phi$	0.366	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	0.547	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	0.645	Muy simétrica-- finos
Md	0.2	
Curtosis	0.922	Mesocúrtica

La playa Holli Beach presenta relación en sus datos estadísticos para las tres subzonas (Gráfica 23-28 del anexo) un tamaño de grano de arena muy gruesa, la Supraplaya (Tabla 12 del anexo) y la Mesoplaya están moderadamente bien clasificadas sin embargo en la Infraplaya tiene una mala clasificación, en la distribución de los granos tanto la Supraplaya permanecen los granos finos pero de la Mesoplaya y la Infraplaya se acumulan los granos gruesos.

Los mecanismos de transporte para la Supraplaya y la Mesoplaya son el deslizamiento, la saltación y en mayor forma la suspensión en tanto la Infraplaya está la saltación y la suspensión (Gráfica 29 del anexo).

### 3.6.5 Playa Camarones

Tabla 13: Playa Camarones

PARAMETRO	VALOR	CLASIFICACION
INFRAPLAYA		
Mz $\phi$	-3.9	Guijarro (Gravas)
Desviación Estándar	1.376	Mal clasificada
Asimetría	0.155	Asimétrica-- gruesos
Md	-4	
Curtosis	0.381	Muy Platicúrtica
MESOPLAYA		
Mz $\phi$	0.966	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	0.724	Moderadamente clasificada
Asimetría	0.011	Simétrica
Md	0.9	
Curtosis	3.825	Extremadamente Platicúrtica
SUPRAPLAYA		
Mz $\phi$	0.033	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	0.457	Bien clasificada
Asimetría	0.088	Simétrica
Md	0.1	
Curtosis	1.161	Leptocúrtica

Playa Camarones presenta relación en sus datos estadísticos para la Supraplaya y la Mesoplaya un tamaño de grano de arena muy gruesa a diferencia de la Infraplaya constituida por gravas (Gráfica 30-35 del anexo), vemos esta tendencia en su clasificación desde lo bien clasificada (Supraplaya) hasta lo mal clasificada (Infraplaya) (Tabla 13), de esta manera la distribución de los granos tiene la misma forma donde predomina la simetría y los gruesos están en la Infraplaya

Los mecanismos de transporte para la Supraplaya y la Mesoplaya son el deslizamiento y la suspensión, en tanto para la Infraplaya está la saltación y la suspensión en mayor medida (Gráfica 36 del anexo).

### 3.6.6 Ríos e Islas Marietas

**Tabla 14: Ríos e Islas Marietas**

PARAMETRO	VALOR	CLASIFICACION
<b>RÍO CUALE (RÍO 1)</b>		
Mz	0	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	0.929	Moderadamente clasificada
Asimetría	0.211	Asimétrica-- Finos
Md	0.1	
Curtosis	0.853	Platicúrtica
<b>RÍO AMECA (RÍO 2)</b>		
Mz	0.833	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.217	Mal clasificada
Asimetría	-0.234	Asimétrica-- gruesos
Md	0.8	
Curtosis	2.008	Muy Leptocúrtica
<b>RÍO RIVERA (RÍO 3)</b>		
Mz	1.7	Arena gruesa
Desviación Estándar	0.648	Moderadamente bien clasificada
Asimetría	-0.06	Simétrica
Md	1.7	
Curtosis	1.047	Mesocúrtica
<b>RÍO PITILLAL (RÍO 4)</b>		
Mz	-0.7	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.843	Mal clasificada
Asimetría	-0.611	Muy asimétrica negativa
Md	0.1	
Curtosis	1.612	Muy Leptocúrtica
<b>ISLA MARIETA</b>		
Mz	0.733	Arena muy gruesa
Desviación Estándar	1.478	Mal clasificada
Asimetría	0.345	Muy simétrica-- finos
Md	1.3	
Curtosis	1.308	Leptocúrtica

El **Río 1** presenta relación en sus datos estadísticos un tamaño de grano de arena muy gruesa (Gráfica 37 y 38 del anexo) y es moderadamente clasificada de esta manera la distribución de los granos tiende a ser predominantemente hacia los finos (Tabla 14). Su medio de transporte es la saltación y la suspensión (Gráfica 39 del anexo).

En el **Río 2** se observa que al analizar sus datos estadísticos se tiene un tamaño gráfico promedio de arena muy gruesa, mal clasificada por la distribución de los granos que tiende a ser predominantemente gruesos (Gráfica 40-41 del anexo). Su medio de transporte es la saltación y la suspensión y muy poco deslizamiento (Gráfica 42 del anexo).

En el **Río 3** la relación en sus datos estadísticos presenta un tamaño gráfico promedio de arena gruesa y es moderadamente clasificada (Gráfica 43-44 del anexo), la distribución de los granos tiende a ser simétrica. Su medio de transporte es el deslizamiento y la saltación, pero en menor medida la suspensión (Gráfica 45).

El **Río 4** tiene un tamaño gráfico promedio de arena muy gruesa y está mal clasificada (Gráfica 46-47 del anexo) por la distribución de los granos que tiende a ser predominantemente muy gruesos. Su medio de transporte es el deslizamiento y la suspensión y a menor medida la saltación (Gráfica 48 del anexo).

Por último la muestra de sedimento tomada mediante buceo, presenta relación en sus datos estadísticos en un tamaño promedio de arena muy gruesa y mal clasificada (Gráfica 48-49 del anexo) además cuenta con asimetría de granos finos. Su medio de transporte en mayor parte es la saltación y la suspensión (Gráfico 51 del anexo).

## 4. Análisis Petrográfico

---

La Petrología es la rama de la geología que estudia las rocas, entendiendo por “roca” cualquier agregado natural de minerales o de mineraloides como el vidrio. Aquella parte de la Petrología que se ocupa de los aspectos descriptivos de las rocas, tales como la forma, estructuras, texturas, composición y clasificación, se denomina Petrografía. Mientras que la que trata de explicar su origen es la Petrogénesis (Cepeda-Dávila, 1986).

Se analizaron 20 láminas delgadas para realizar un análisis de los minerales representativos mediante el conteo de 300 puntos del método Gazzi-Dickinson (Gazzi, 1966; Dickinson, 1970, citado por Mendieta-Lora *et al.*, 2018).

Los componentes principales en las láminas delgadas son las siguientes:

*1.-Cuarzo:* Es el mineral más abundante en las arenitas y los conglomerados. Además del tamaño y la forma de los granos individuales de cuarzo, para obtener información sobre el origen del sedimento inicial, también deben considerarse las siguientes características o clasificación por Mackenzie (1996):

a) *Cuarzo Monocristalino:* son granos de cristales simples.

b) *Cuarzo Policristalino:* Son procedentes de rocas ígneas tienen, habitualmente, sus límites cristalinos rectos y suturados. Su naturaleza compuesta es solo reconocible mediante el microscopio (Blatt and Christie, 1963; Kasper-Zubillaga *et al.*, 2005).

*2.-Feldespatos:* Son componentes importantes de muchas arcillas y conglomerados. Los feldespatos alcalinos son más frecuentes que las plagioclasas cálcicas en parte debido a su mayor resistencia a la alteración química y también porque el origen de muchas rocas detríticas son rocas graníticas o gnéisicas que contienen, sobretodo, feldespatos alcalinos.

La identificación microscópica de los feldespatos es sencilla, pues las plagioclasas presentan las típicas maclas tipo Carlsbad, la microclina suele presentar un enrejado

característico y, frecuentemente, pueden reconocerse texturas pertíticas en los feldespatos alcalinos.

*3.- Líticos Volcánicos:* La diversidad de fragmentos de rocas ígneas encontrados en las rocas sedimentarias detríticas es tan grande como la propia variedad de rocas ígneas como son las texturas lathwork, microlítica y vítrea (Mendieta-Lora, 2018). En el microscopio se identifica por ser un conjunto de minerales de un origen común, en el cual se toma como lítico el conjunto de dos o más minerales en el grano.

*4.-Líticos sedimentarios:* Son relativamente poco frecuentes en las rocas sedimentarias terrígenas, ya que se disgregan fácilmente en sus granos constituyentes. Su identificación se relaciona a un conjunto de minerales subredondeados correspondiente al tipo de transporte.

*5.-Biógenos:* Son la presencia de los organismos relacionados con las rocas carbonatadas (moluscos, bivalvos, esqueletos, etc.). Al contrario de lo que ocurre con las rocas terrígenas, las rocas carbonatadas están compuestas por material formado mayoritariamente en el mismo lugar donde se produce la acumulación final del sedimento, o próximo a él. Gran parte del sedimento se produce por procesos biogénicos.

*6.-Ferromagnesianos:* Minerales de las series silicáticas de hierro, magnesio, aluminio, sodio y potasio comprendida por:

a) Piroxenos: Se dividen en clinopiroxenos y ortopiroxenos, su diferencia es la el sistema cristalográfico en el que crecen. Los cristales presentan una coloración verdosa con extinción recta.

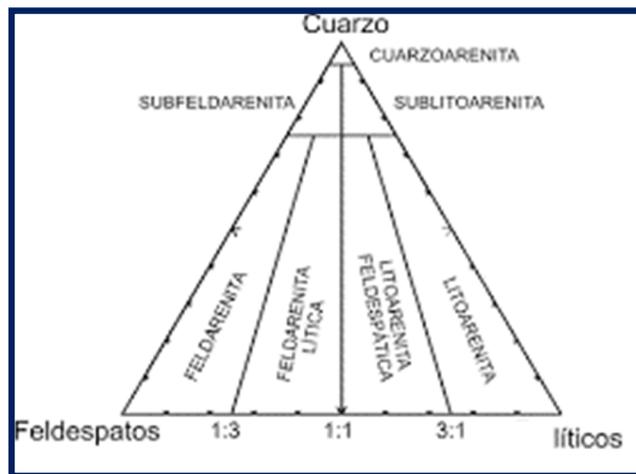
b) Anfíboles: Los colores de los anfíboles son muy variados en lámina delgada y todos son pleocroicos en mayor o menor grado. Las hornblendas son los más frecuentes en rocas ígneas.

c) Micas: En las rocas son frecuentes dos variedades de micas: la moscovita, incolora, y la biotita, parda. A veces parece difícil de distinguir la biotita (extinción recta) y la

hornblenda (extinción oblicua) adquiere frecuentemente un aspecto moteado muy característico.

7.- *Opacos*: Característica distintiva para los metales contenidos en la lámina delgada, donde impide que atraviese la luz natural en los granos.

Al terminar el conteo de puntos se realizó la clasificación mineralógica de las arenas, a través del software libre ProSim para realizar los diagramas ternarios y utilizando el diagrama de clasificación de Pettijohn, 1973 (figura 33) que se muestra a continuación:



**Figura 33**, Clasificación de areniscas por Pettijohn et al (1973), basada en el contenido de granos de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca del esqueleto, y el contenido de matriz.

Como nuestras muestras son arena, no contienen matriz y por ser un material no compacto se utilizó el diagrama de clasificación de arenitas. El diagrama consiste en la presencia de Q (cuarzo), F (feldespato) y R (líticos), y dependiendo al porcentaje de estos minerales se obtiene su clasificación. Para ello determinamos la cantidad de cuarzo ya sea monocristalino y policristalino, la cantidad de líticos ígneos y sedimentarios y por último feldespatos, los cuales son normalizados para alcanzar el 100%. Como se observa la tabla 15:

**Tabla 15**

Muestra	QT	F	LT	SUMA	QT %	F%	LT%
Los Muertos Infraplaya	104	17	100	221	47.06	7.69	45.25
Los Muertos Mesoplaya	113	19	76	208	54.33	9.13	36.54
Los Muertos Supraplaya	154	10	51	215	71.63	4.65	23.72
Los Tules Infraplaya	134	23	92	249	53.82	9.24	36.95
Los Tules Mesoplaya	133	26	91	250	53.20	10.4	36.40
Los Tules Supraplaya	138	15	76	229	60.26	6.55	33.19
De Oro Infraplaya	98	22	104	224	43.75	9.82	46.43
De Oro Mesoplaya	73	22	153	248	29.44	8.87	61.69
De Oro Supraplaya	141	18	88	247	57.09	7.29	35.63
Holli Beach Infraplaya	52	39	125	216	24.07	18.06	57.87
Holli Beach Mesoplaya	51	29	118	198	25.76	14.65	59.60
Holli Beach Supraplaya	35	29	152	216	16.20	13.43	70.37
Camarones Infraplaya	2	0	58	60	3.33	0.00	96.67
Camarones Mesoplaya	116	11	117	244	47.54	4.51	47.95
Camarones Supraplaya	50	8	180	238	21.01	3.36	75.63
Rio Cuale	73	57	95	225	32.44	25.33	42.22
Rio Ameca	33	13	101	147	22.45	8.84	68.71
Rio Rivera	169	14	53	236	71.61	5.93	22.46
Rio Pitillal	54	12	207	273	19.78	4.40	75.82
Marieta	1	0	31	32	3.13	0	96.88

Se realizó la clasificación de las subzonas de las playas para una fácil comparación.

### Petrografía de los Ríos y de la Isla Marieta

En el diagrama ternario (Figura 34) se observa que los ríos presentan una diversidad en las concentraciones de líticos y cuarzo observándose la presencia del material que acarrearón durante su trayecto hasta su desembocadura.

***Litoarenitas: Río Cuale, Río Rivera, Río Pitillal e Isla Marieta.***

Estas muestras se caracterizaron como litoarenitas con un porcentaje de líticos mayor que 40%, los líticos encontrados corresponden con líticos volcánicos, lathwork procedentes de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) por donde atraviesan antes de su desembocadura

**Sublitoarenitas: Río Rivera.-** Esta muestra se clasificó como una sublitoarenita en donde se observa una mayor abundancia en cuarzo resultado de los procesos costeros relacionados con una mayor energía que está permitiendo la selección de la muestra, así mismo este río drena la unidad KsTpaTR (toba riolítica) que está permitiendo tener una abundancia en cuarzo y líficos.

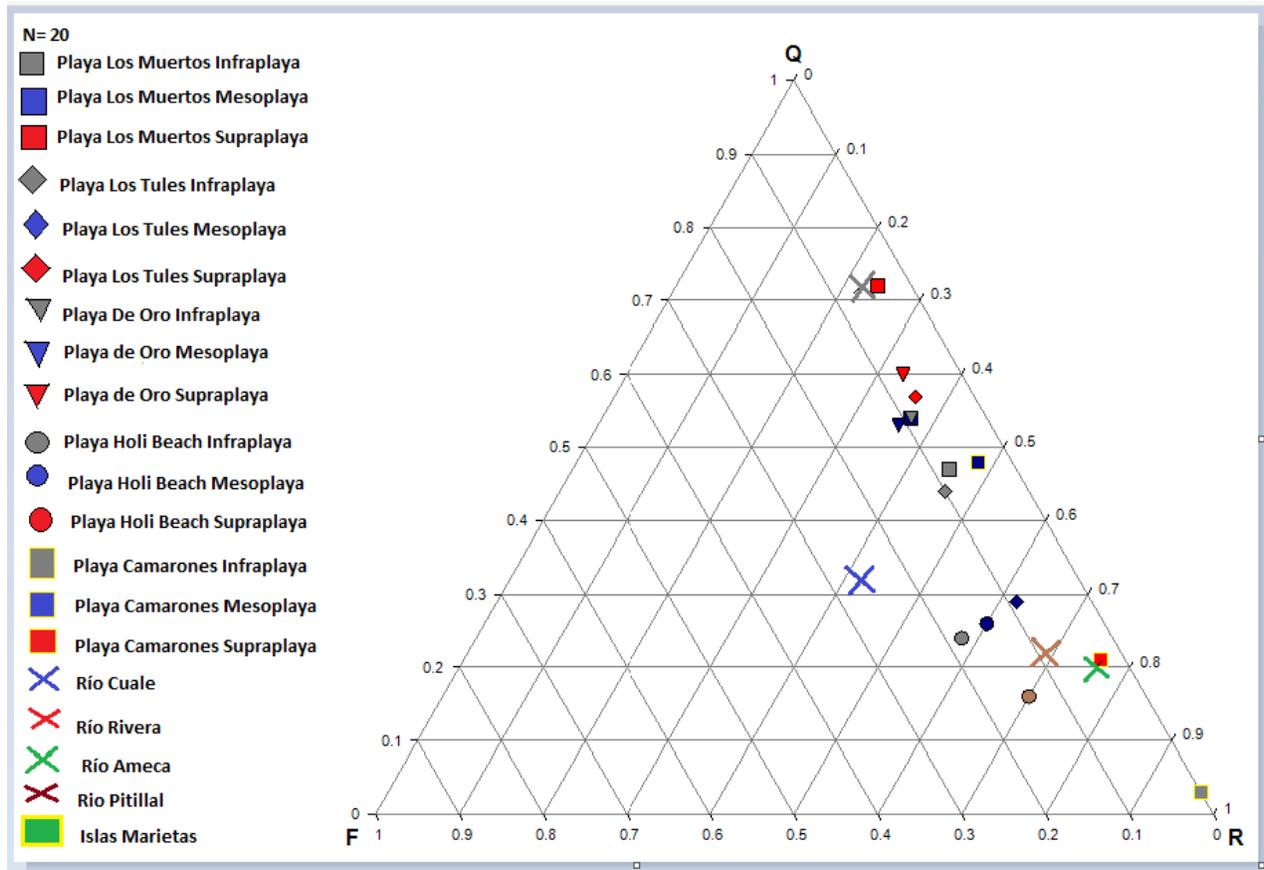


Figura 34, Diagrama ternario

## PLAYAS

En esta parte se dividieron las playas en sus tres principales subzonas de cada una de ellas para observar el comportamiento más detallado. La Supraplaya es la primera zona donde las arenas arriban desde su lugar de origen. En el diagrama (Figura 34) se aprecia los siguientes tipos:

### ***Infraplayas***

***Litoarenitas:*** *Playas Los Tules, De Oro, Holi Beach y Camarones.*- Estas muestras se tienen concentraciones de líticos tipo lathwork, los granos de Playa Camarones y Holi Beach, Los Tules y Camarones tienen menos cuarzo por la distribución del conglomerado polimictico (TmCgp) que tiende hacia el sur, mientras que en Playa de Oro tiene una mejor selección en la muestra por la unidad de Aluvión (Qhoal).

***Subarcosa:*** *Playa Los Muertos.*- Esta muestra está caracterizada por la presencia de cantidades similares de cuarzo y feldespatos. En el diagrama de la arena de Mesoplaya tienen un mayor equilibrio entre el cuarzo y los líticos en tanto los feldespatos van en aumento por el arrastre de los granos del conglomerado

### ***Mesoplayas***

Las arenas tienen una concentración similar de cuarzo y líticos y pequeñas cantidades de feldespatos asociados al clima que prevalece en la región.

***Litoarenitas:*** *Playas Los Muertos, Los Tules, Camarones, Holi Beach y De Oro.* Estas playas presentan una abundancia casi igual en cuarzo sin embargo su probable origen es distinto para Playa Los Muertos su abundancia es por la disgregación de la unidad de granito y Playa De Oro por su ubicación casi al centro del aluvión, los procesos costeros principalmente son los que actúan en esta área y la arena transportada encuentra un equilibrio. Y Playa Los Tules, Camarones y Holi Beach detallan la pérdida de cuarzo al dirigirse al sur.

### ***Supraplayas***

***Litoarenita:*** *Playa Los Muertos, Los Tules De Oro, Holi Beach y Camarones*

El equilibrio que había entre cuarzos y líticos dejan de tenerlos tanto Holi Beach y Camarones los cuales tienden a tener más líticos hasta llegar a tamaños de gravas debido a la fuerza de las olas que van arrastrando los líticos mar adentro; este comportamiento es el mismo que tiene Los Muertos llegando al final a tener más líticos que Los Tules. *En las siguientes páginas se muestran las características petrográficas de las muestras en cada punto.*

### 4.1.1 Playa Los Muertos

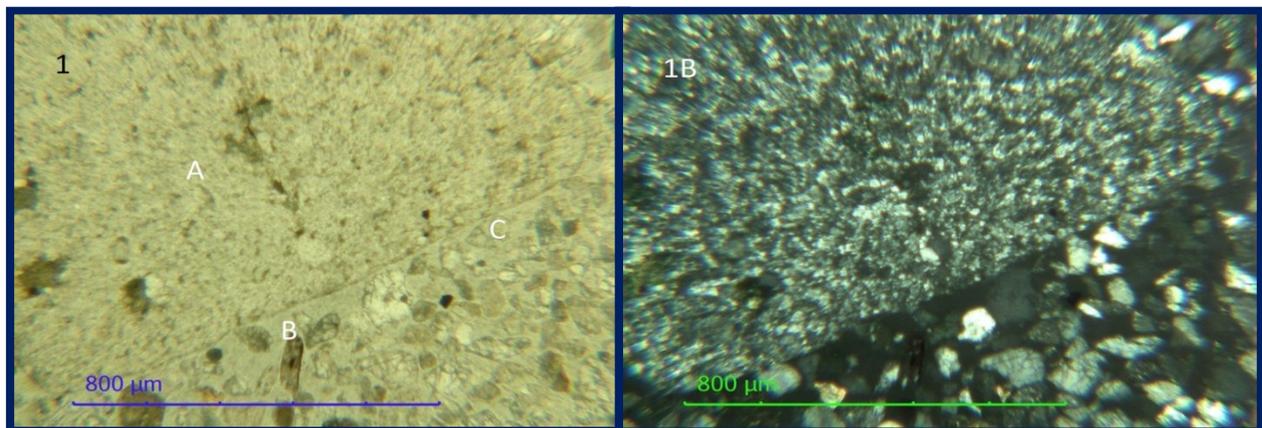
#### Playa Los Muertos Infraplaya

**Tabla 16 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Clastos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	92	30.667
Cuarzo Policristalino	12	4.000
Feldespatos	17	5.667
Líticos Volcánicos	72	24.000
Líticos Sedimentarios	28	9.333
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	55	18.333
Minerales Opacos (metálicos)	23	7.667
Total	300	100.000

En la lámina se observan arenas de granos muy finos y fragmentos parecidos a brechas (líticos volcánicos) de rocas detríticas y tamaño máximo de 7 mm, los granos más grandes tienen formas subredondeadas mientras los más pequeños son angulosos a subredondeados (Tabla 16).

-Compuesto de cuarzoarenita, micas, esquisto, rocas sedimentarias y ferromagnesianos (figura 35).



**Figura 35,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa los Muertos Infraplaya. Tomada con objetivo 10x. 1) luz paralela (izquierda), A) Lítico Sedimentario, B) Biotita (Ferromagnesianos) y C) fragmentos de granos de cuarzoarenita 1B) Sección tomada con nicoles cruzados (derecha).

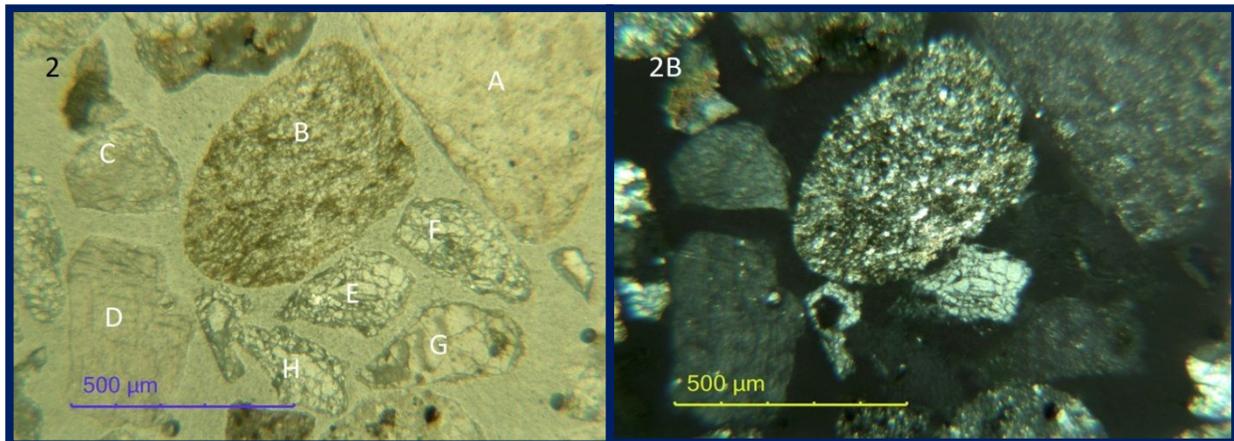
## Playa Los Muertos Mesoplaya

**Tabla 17 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	94	31.333
Cuarzo Policristalino	19	6.333
Feldespatos	19	6.333
Líticos Volcánicos	34	11.333
Líticos Sedimentarios	42	14.000
Biogenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	52	17.333
Minerales Opacos (metálicos)	40	13.333
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100.000</b>

-Arenas de granos finos a muy finos y tamaño máximo de 4 mm, líticos sedimentarios de litoarenitas, los granos más grandes tienen formas muy subredondeadas mientras los más pequeños subredondeados a angulosos (Tabla 17).

-compuesta de micas (biotita) y cuarzo con extinción ondulante, piroxenos además se encontró granos de esquistos (Figura 36).



**Figura 36,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa los Muertos Mesoplaya. Tomada con objetivo 10x. 2) Luz paralela (izquierda), A) Lítico ígneo, B) Lítico Sedimentario probablemente pedernal, C) y D) Piroxenos (Ferromagnesianos), E) Cuarzo Policristalino, F), G) y H) Cuarzo Monocristalino. 2B) Sección con nicols cruzados (derecha)

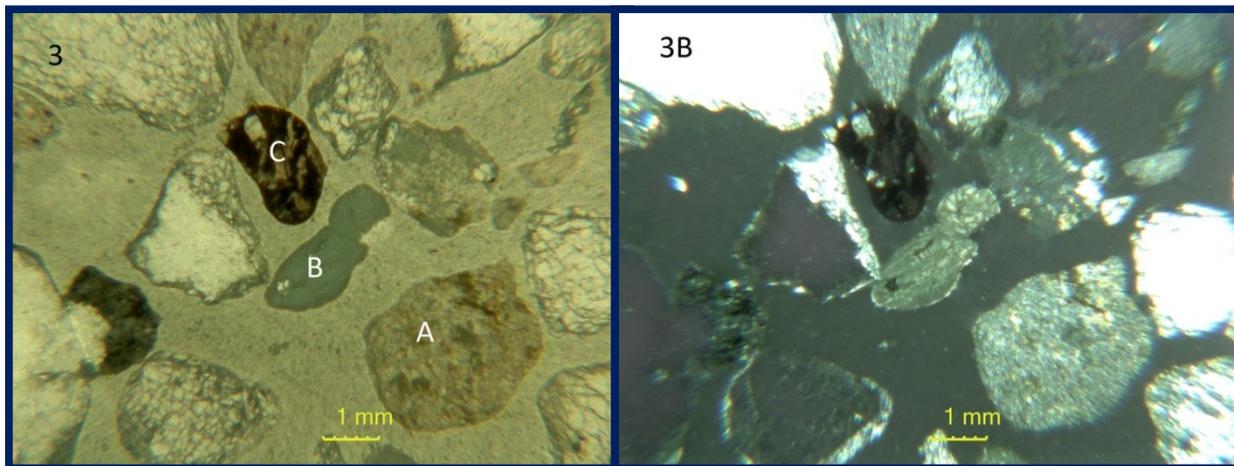
## Playa Los Muertos Supraplaya

**Tabla 18 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	129	43.000
Cuarzo Policristalino	25	8.333
Feldespatos	10	3.333
Líticos Volcánicos	33	11.000
Líticos Sedimentarios	18	6.000
Biogenos	0	0.000
Feromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	55	18.333
Minerales Opacos (metálicos)	30	10.000
Total	300	100.000

-Arenas de granos finos a muy finos y tamaño máximo de 4 mm, los granos más grandes tienen formas redondeadas mientras los más pequeños subredondeados a angulosos (Tabla 18).

-Está compuesta de micas (biotita) y cuarzo con extinción ondulante además se encontraron muy pocos granos de esquisto (Figura 37).



**Figura 37,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa los Muertos Supraplaya. Tomada con objetivo 2.5x. 3) Luz paralela (izquierda), A) Lítico sedimentario, B) Piroxeno y C) Lítico volcánico (lathwork) Sección tomada con nicoles cruzados.

## 4.1.2 Playa Los Tules

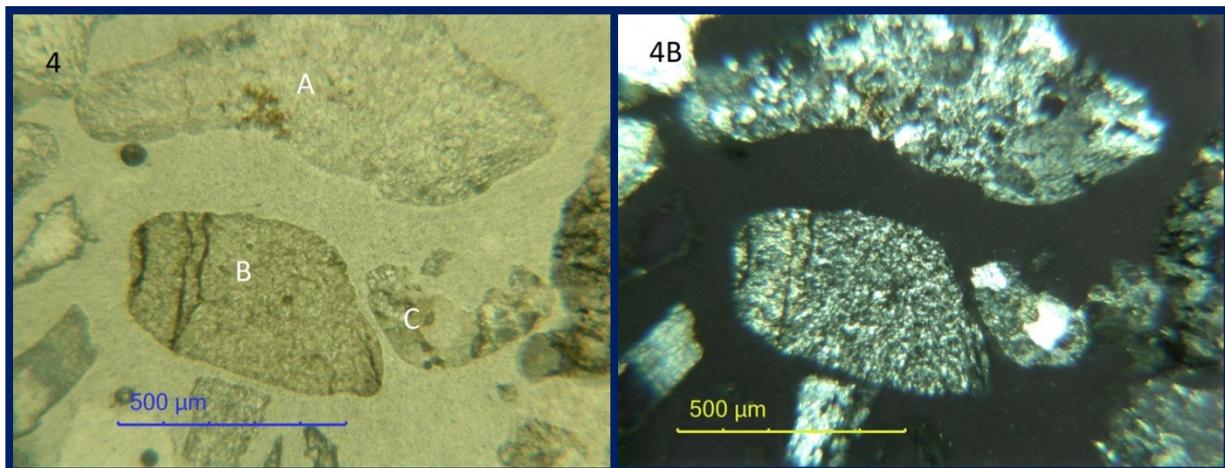
### Playa Los Tules Infraplaya

**Tabla 19 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	122	40.667
Cuarzo Policristalino	12	4.000
Feldespatos	23	7.667
Líticos Volcánicos	59	19.667
Líticos Sedimentarios	33	11.000
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	33	11.000
Minerales Opacos (metálicos)	18	6.000
Total	300	100.000

Presenta una matriz de arenas de granos muy finos con unos cuantos granos con tamaño máximo de 8 mm y un mínimo que no pasa los 2 mm, los granos más grandes tienen formas subredondeadas a angulosos (Tabla 19).

-Está compuesta de cuarzo con extinción ondulante, en menor cantidad granos de feldespatos y unas plagioclasas la cuales se encuentran dentro de la matriz (Figura 38).



**Figura 38,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa los Tules Infraplaya. Tomada con objetivo 2.5x. 4) Luz paralela (izquierda). Granos en matriz y muestra A) Cuarzoarenita con biotita, B) Lítico sedimentario y C) Cuarzo policristalino 4B) Sección tomada con nicoles cruzados

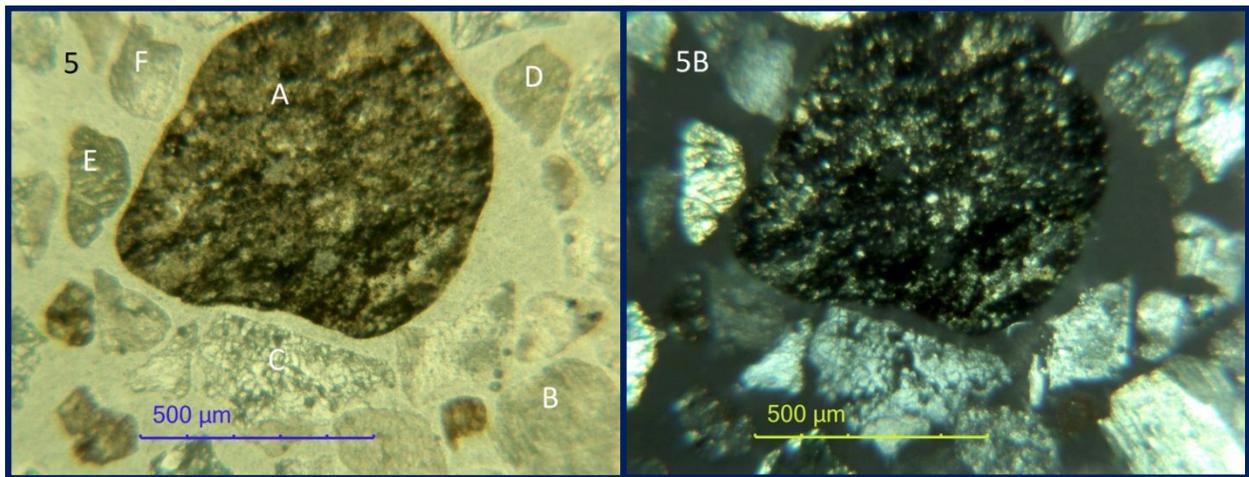
## Los Tules Mesoplaya

**Tabla 20 Resultado del análisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	100	33.333
Cuarzo Policristalino	33	11.000
Feldespatos	26	8.667
Líticos Volcánicos	41	13.667
Líticos Sedimentarios	50	16.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	39	13.000
Minerales Opacos (metálicos)	11	3.667
Total	300	100.000

Arenas de granos finos a gruesos, los granos más grandes contienen tamaño máximo de 3 mm aproximadamente y son subredondeados mientras que los granos finos son más angulosos (Tabla 20).

-Está compuesta de cuarzo con extinción ondulante y ferromagnesianos. La presencia de feldespatos se ve reflejada en algunos granos de granodiorita (Figura 39).



**Figura 39,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa los Tules Mesoplaya. Tomada con objetivo 2.5x. 5) Luz paralela (izquierda). A) Lítico Ígneo (Lathwork), B), C) Cuarzo Policristalino D) Lítico sedimentario E) Piroxeno (Ferromagnesiano), F) Feldespato. 5B) Sección tomada con nicoles cruzados.

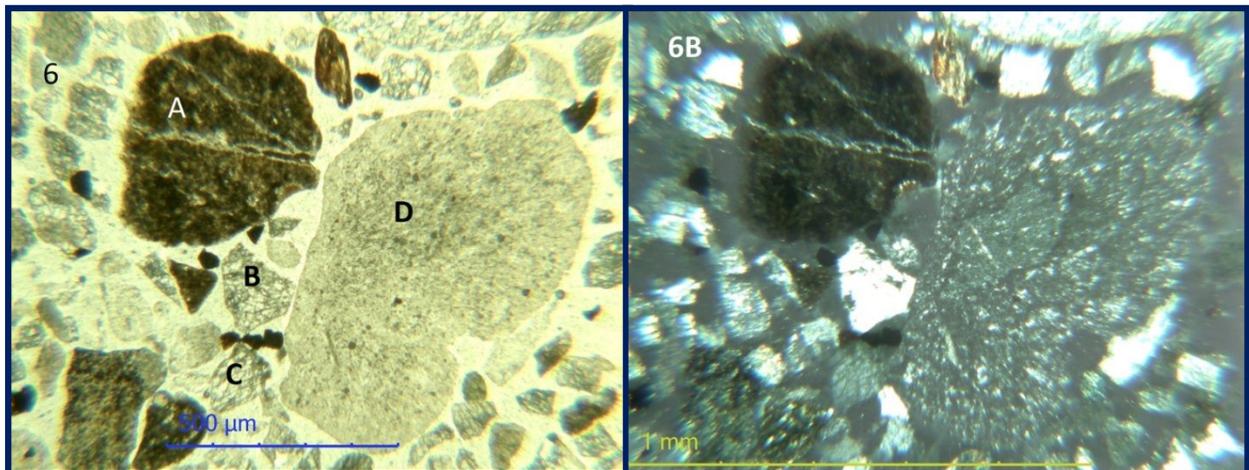
## Playa Los Tules Supraplaya

**Tabla 21 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	116	38.667
Cuarzo Policristalino	22	7.333
Feldespatos	15	5.000
Líticos Volcánicos	25	8.333
Líticos Sedimentarios	51	17.000
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	52	17.333
Minerales Opacos (metálicos)	19	6.333
Total	300	100.000

Arenas de granos muy finos de las cuales predomina la forma angulosa y los granos más grandes tienen un tamaño máximo de 7mm a 2mm aproximadamente y son subredondeados (Tabla 21).

-Está compuesta de cuarzo con extinción ondulante, feldespatos y los ferromagnesianos están presentes en los granos más grandes como es en las biotitas (Figura 40).



**Figura 40,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa los Tules Supraplaya. Tomada con objetivo 2.5x y diferente escala. 6) Luz paralela (izquierda). A) Biotita, B) Cuarzo monocristalino, C) Cuarzo policristalino y D) Lítico Sedimentario 6B) Sección tomada con nicols cruzados

### 4.1.3 De Oro (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)

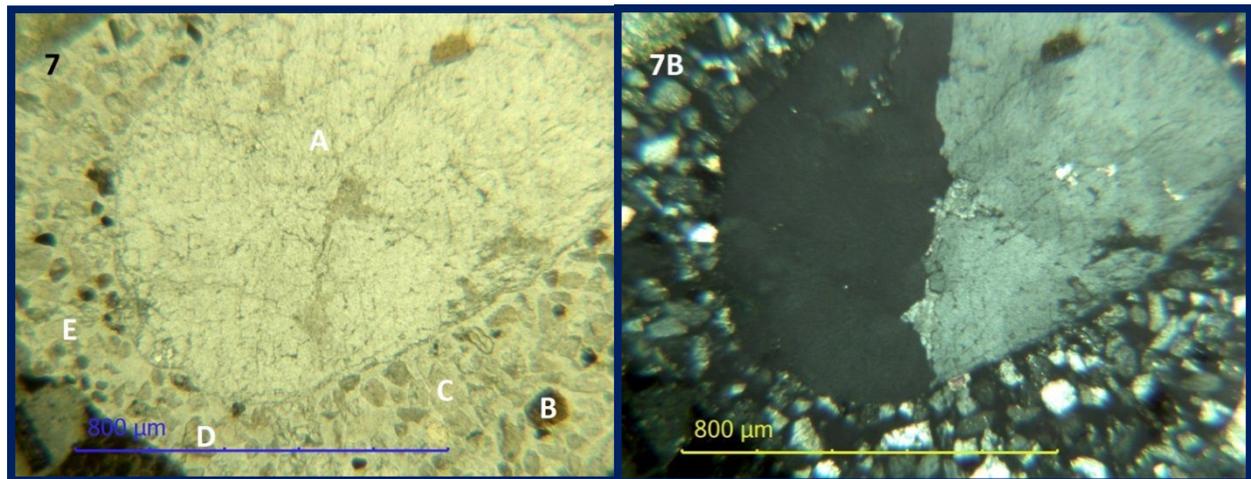
#### Playa de Oro Infraplaya

**Tabla 22 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	85	28.333
Cuarzo Policristalino	13	4.333
Feldespatos	22	7.333
Líticos Volcánicos	63	21.000
Líticos Sedimentarios	41	13.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	67	22.333
Minerales Opacos (metálicos)	9	3.000
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100.000</b>

Presenta granos muy gruesos con tamaño máximo de 15mm y un mínimo de 3mm subredondeados, en total son 33 granos; rodeado por una matriz de arenas de granos finos muy angulosos a subredondeados (Tabla 22).

-Está compuesta por fragmentos de plagioclasas dentro de la matriz además de cuarzo policristalino de extensión ondulante (Figura 41).



**Figura 41,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa de Oro Infraplaya. Tomada con objetivo 10x. 7) Luz paralela (izquierda). A) Cuarzo Policristalino envuelto en una matriz de: B) Biotita (Ferromagnesiano), C) Cuarzo monocristalino, D) y E) Plagioclasas. 7B) Sección tomada con nicoles cruzados.

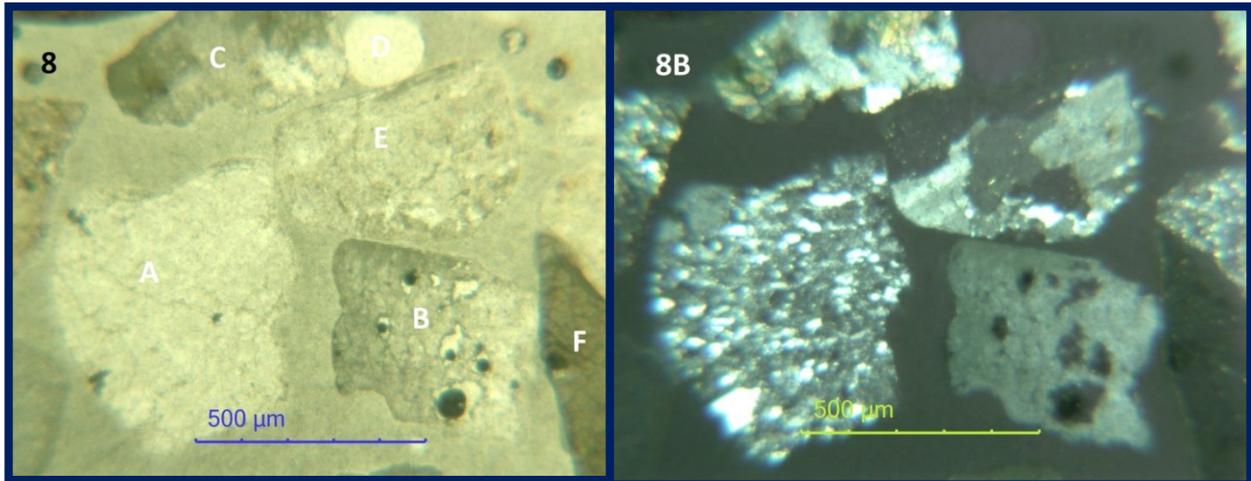
## Playa de Oro Mesoplaya

**Tabla 23 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	48	16.000
Cuarzo Policristalino	25	8.333
Feldespatos	22	7.333
Líticos Volcánicos	114	38.000
Líticos Sedimentarios	39	13.000
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	14	4.667
Minerales Opacos (metálicos)	38	12.667
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100.000</b>

Arenas de granos gruesos subangulosos a subredondeados tienen un tamaño máximo de 4mm aproximadamente (Tabla 23).

Está compuesta de cuarzo con inclusiones y extinción ondulante, cuarzoarenita, granodiorita y plagioclasas, de manera general rocas calcoalcalinas (Figura 42).



**Figura 42,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa de Oro Mesoplaya. Tomada con objetivo 10x. 8) Luz paralela (izquierda). A) Cuarzoarenita, B) Cuarzo Monocristalino, C) Granodiorita, D) Lítico Sedimentario y E) Cuarzo Policristalino con Plagioclasa. 8B) Sección tomada con nicoles cruzados.

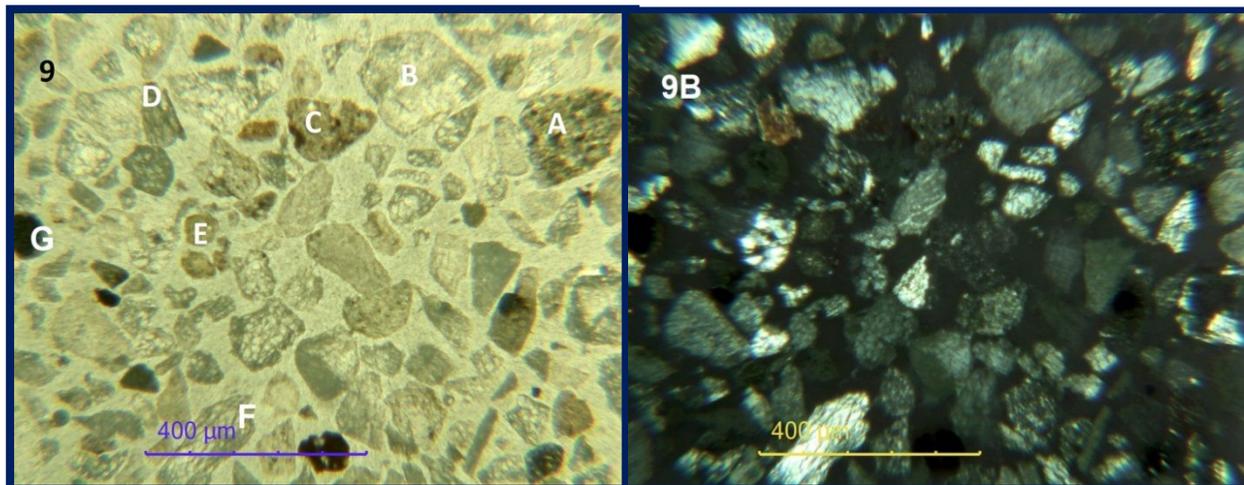
## Playa de Oro Supraplaya

**Tabla 24 Resultado del análisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	134	44.667
Cuarzo Policristalino	7	2.333
Feldespatos	18	6.000
Líticos Volcánicos	67	22.333
Líticos Sedimentarios	21	7.000
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	34	11.333
Minerales Opacos (metálicos)	19	6.333
Total	300	100.000

Arenas de granos muy finos de forma angulosa a subredondeado los cuales su tamaño en promedio no rebasa el milímetro aproximadamente, en la lámina hay un solo grano de 5mm de tamaño subredondeado (Tabla 24).

Está compuesta de cuarzo con extinción ondulante además de plagioclasas y algunos minerales opacos y líticos (Figura 43).



**Figura 43,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa de Oro Supraplaya. Tomada con objetivo 10x a diferente escala. 9) Luz paralela (izquierda). A) Lítico Sedimentario, B) Feldespato, C) Lítico Ígneo, D) y E) Piroxenos y F) Cuarzo Monocristalino y G) Mineral Opaco. 9B) Sección tomada con nicoles cruzados

#### 4.1.4 Playa Holli Beach

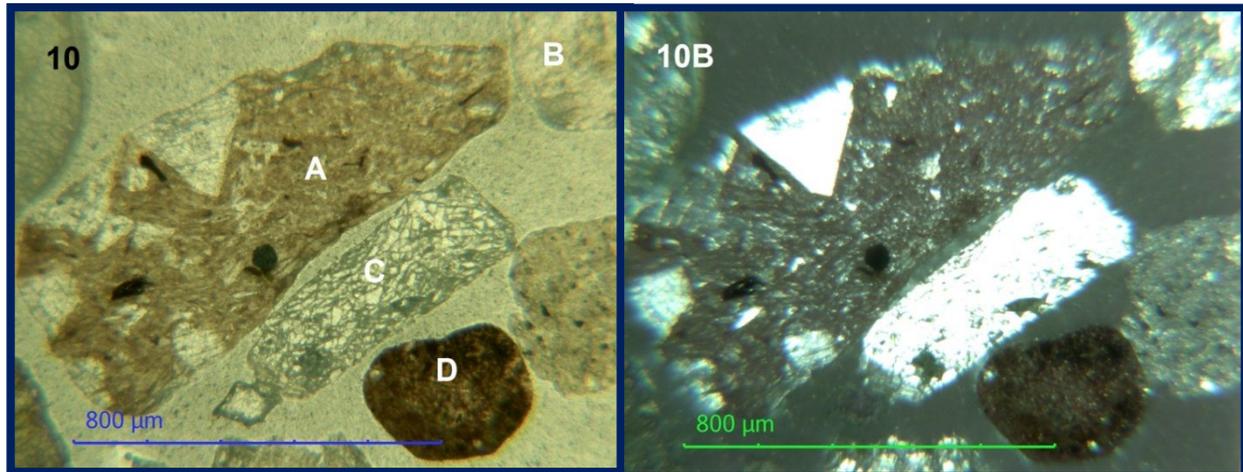
##### Playa Holli Beach Infraplaya

**Tabla 25 Resultado del analisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	37	12.333
Cuarzo Policristalino	15	5.000
Feldespatos	39	13.000
Líticos Volcánicos	102	34.000
Líticos Sedimentarios	23	7.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	37	12.333
Minerales Opacos (metálicos)	46	15.333
Total	300	100.000

Arenas de granos finos de forma angulosa, en promedio tienen 1mm y los más grandes su tamaño es de 10 a 5 milímetros aproximadamente subangulosos a subredondeados (Tabla 25).

Se tienen líticos ígneos en su mayoría, en ellos hay piroxenos mezclado con otros minerales. Se observa poca cuarzoarenita (Figura 44).



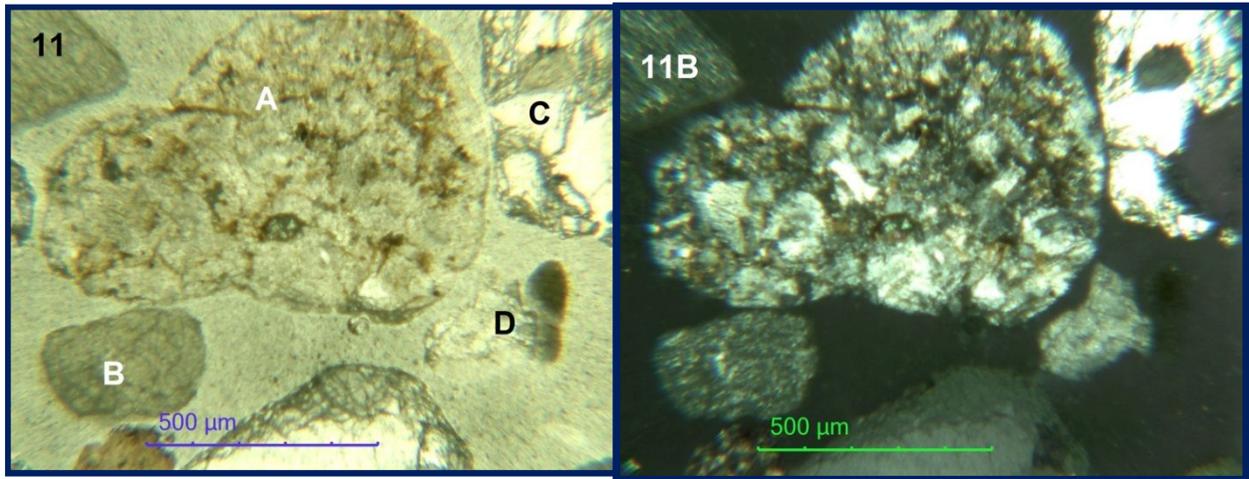
**Figura 44,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa Holi Beach Infraplaya. Tomada con objetivo 2.5x. 10) Luz paralela (izquierda). A) Lítico ígneo (textura microlítica), B) Fragmento de cuarzoarenita, C) Cuarzo Monocristalino y D) Biotita (Ferromagnesiano). 10B) Sección tomada con nicoles cruzados.

## Playa Holli Beach Mesoplaya

**Tabla 26 Resultado del analisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	41	13.667
Cuarzo Policristalino	10	3.333
Feldespatos	29	9.667
Líticos Volcánicos	92	30.667
Líticos Sedimentarios	23	7.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	58	19.333
Minerales Opacos (metálicos)	47	15.667
Total	300	100.000

Arenas de granos finos subredondeados y su tamaño en promedio están entre los 4 y los 3 milímetros aproximadamente (Tabla 26). Está compuesta de cuarzo con extinción ondulante además tiene fuerte presencia de ferromagnesianos y en algunos líticos hay pequeñas plagioclasas (Figura 45).



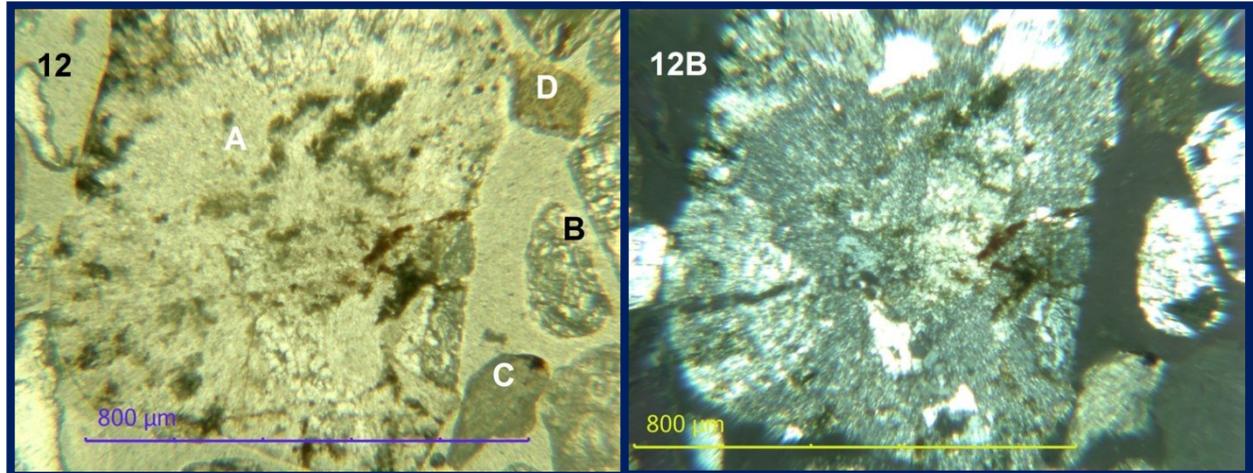
**Figura 45,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa Holi Beach Mesoplaya. Tomada con objetivo 2.5x. 11) Luz paralela (izquierda). A) Lítico Ígneo, B) Piroxeno (Ferromagnesiano), C) Cuarzo Monocristalino y D) Lítico Sedimentario. 11B) Sección tomada con nicoles cruzados.

## Playa Holi Beach Supraplaya

**Tabla 27 Resultado del analisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	19	6.333
Cuarzo Policristalino	16	5.333
Feldespatos	29	9.667
Líticos Volcánicos	90	30.000
Líticos Sedimentarios	62	20.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	50	16.667
Minerales Opacos (metálicos)	34	11.333
Total	300	100.000

Arenas de granos finos a muy finos subredondeados y su tamaño en promedio están entre los 3 y los 2 milímetros aproximadamente (Tabla 27). Está compuesta de cuarzo con extinción ondulante además tiene líticos ígneos (granodiorita) con feldespatos y piroxenos (Figura 46).



**Figura 46,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa Holi Beach Supraplaya. Tomada con objetivo 10x. 12) Luz paralela (izquierda). A) Lítico Ígneo, B) Líticos Sedimentarios, C) Piroxeno y D) Biotita (Ferromagnesianos). 12B) Sección tomada con nicols cruzados.

### 4.1.5 Playa Camarones

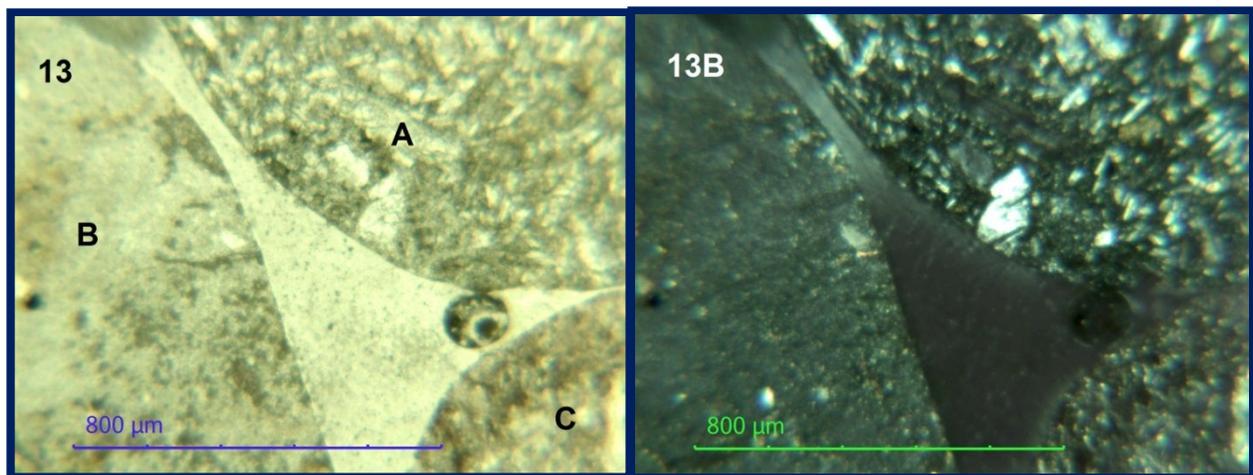
#### Playa Camarones Infraplaya

**Tabla 28 Resultado del analisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	1	1.667
Cuarzo Policristalino	1	1.667
Feldespatos	0	0.000
Líticos Volcánicos	39	65.000
Líticos Sedimentarios	19	31.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	0	0.000
Minerales Opacos (metálicos)	0	0.000
Total	60	100.000

Presenta una matriz de arenas de granos muy finos granos con tamaño máximo de 5 mm y un mínimo que no pasa los 3 mm, los granos más grandes tienen formas subredondeadas (Tabla 28).

Predominan los granos de lavas con textura fanerítica con fragmentos en su interior de cuarzos, ferromagnesianos y feldespatos (Figura 47).



**Figura 47,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa Camarones Infraplaya. Tomada con objetivo 2.5x. En medio de una matriz 13) Luz paralela (izquierda). A) Lítico Ígneo, B) Feldespato, C) Lítico Sedimentario 13B) Sección tomada con nicols cruzados.

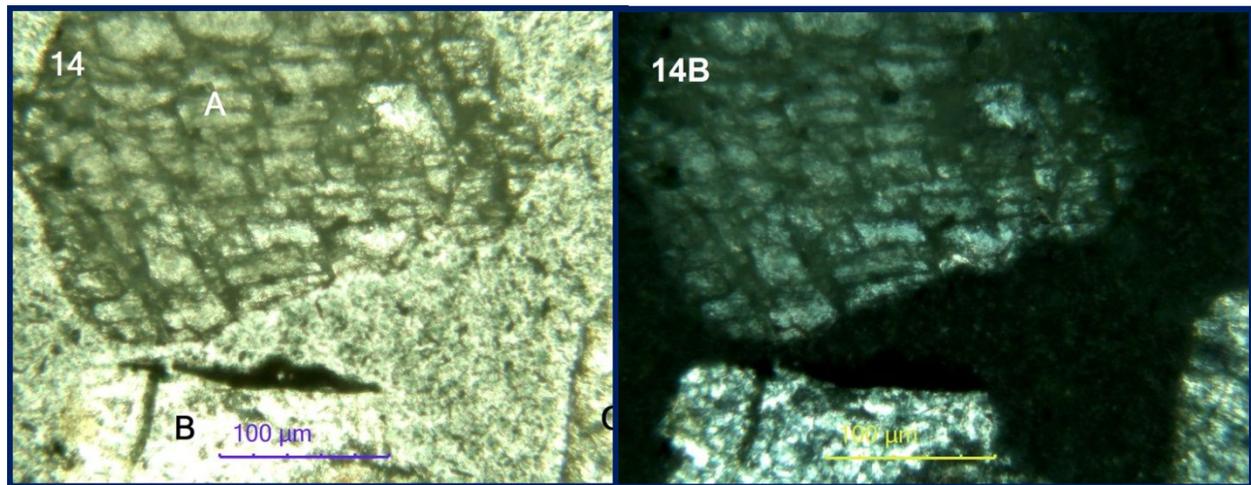
## Playa Camarones Mesoplaya

**Tabla 29 Resultado del analisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	99	33.000
Cuarzo Policristalino	17	5.667
Feldespatos	11	3.667
Líticos Volcánicos	55	18.333
Líticos Sedimentarios	62	20.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	43	14.333
Minerales Opacos (metálicos)	13	4.333
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100.000</b>

Arenas de granos muy finos subredondeados a angulosos y su tamaño máximo entre los 2 milímetros aproximadamente (Tabla 29).

Está compuesta de líticos sedimentarios, cuarzo con extinción ondulante, poco esquistoso, piroxenos y se encuentran algunos feldespatos (Figura 48).



**Figura 48,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa Camarones Mesoplaya. Tomada con objetivo 2.5x. 14) Luz paralela (izquierda). A) Piroxeno (Ferromagnesiano), B) Lítico Sedimentario C) Esquistoso. 13B) Sección tomada con nicoles cruzados.

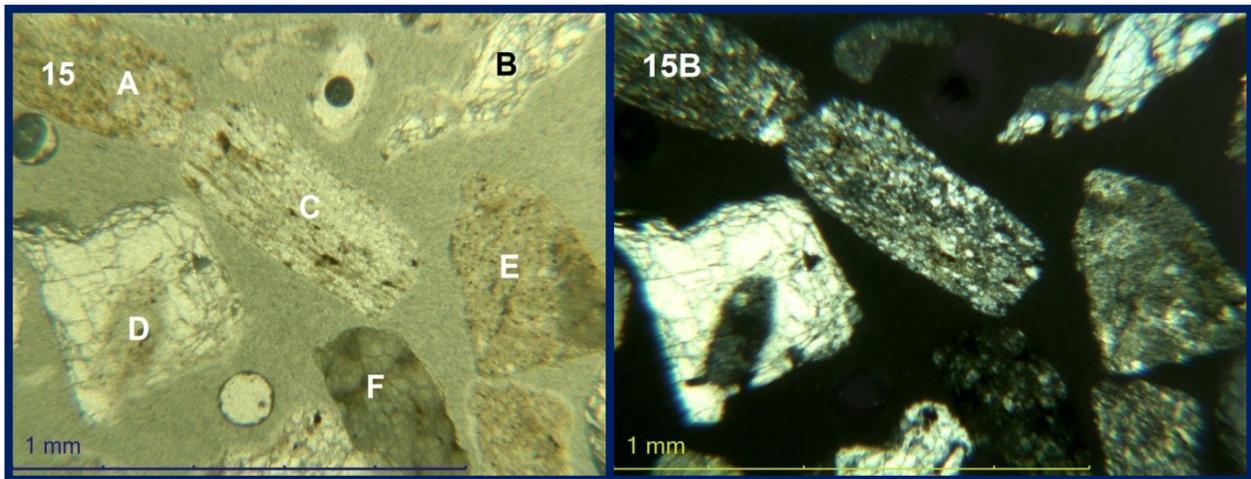
## Playa Camarones Supraplaya

**Tabla 30 Resultado del análisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	43	14.333
Cuarzo Policristalino	7	2.333
Feldespatos	8	2.667
Líticos Volcánicos	98	32.667
Líticos Sedimentarios	82	27.333
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	24	8.000
Minerales Opacos (metálicos)	38	12.667
Total	300	100.000

Arenas de granos finos de 2 mm en promedio de tamaño aproximadamente subredondeados a subangulosos y granos gruesos de 4mm de tamaño, muy intemperizados (Tabla 30).

Está compuesta de granos de cuarzo extinción ondulante con piroxenos o con opacos, cuarcita y esquistos (Figura 49).



**Figura 49,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Playa Camarones Supraplaya. Tomada con objetivo 10x. 15) Luz paralela (izquierda). A) Esquisto y C) Líticos Sedimentarios (pedernal), B) y D) Cuarzos policristalinos, C) Esquisto, E) Lítico Ígneo. 15B) Sección tomada con nicoles cruzados

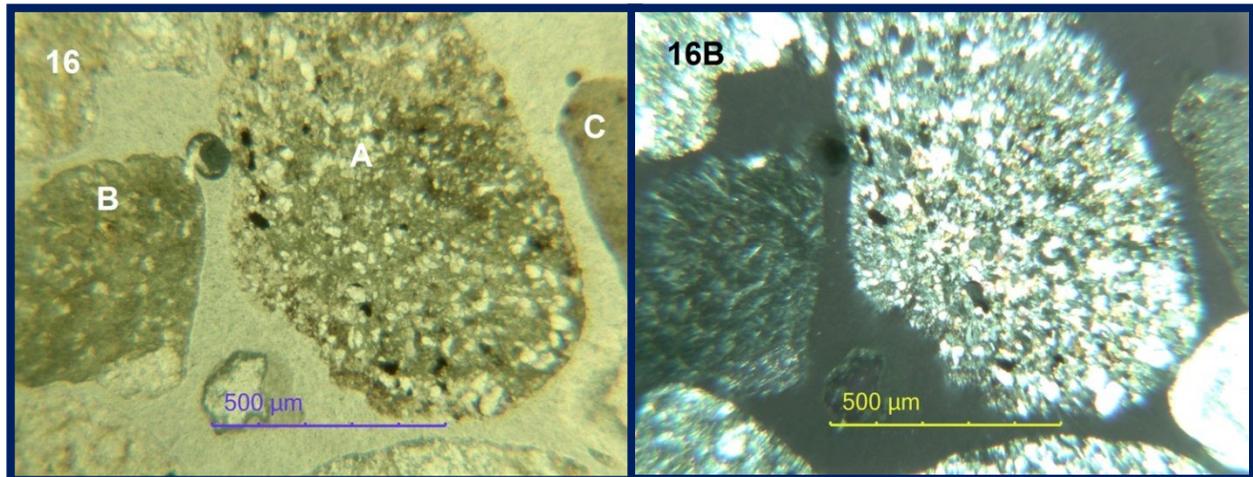
#### 4.1.6 Río Cuale (Río 1)

**Tabla 31 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	41	13.667
Cuarzo Policristalino	32	10.667
Feldespatos	57	19.000
Líticos Volcánicos	49	16.333
Líticos Sedimentarios	46	15.333
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	39	13.000
Minerales Opacos (metálicos)	36	12.000
Total	300	100.000

Arenas de granos finos a muy finos subredondeados a angulosos su tamaño en promedio es de los 8 mm aproximadamente (Tabla 31).

Está compuesta de líticos volcánicos y sedimentarios en su mayor parte, cuarzo con extinción ondulante además los ferromagnesianos y los opacos tiene una distribución parecida y presencia de feldespatos (Figura 50).



**Figura 50,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Río 1. Tomada con objetivo 10x. 16) Luz paralela (izquierda). A) Lítico Sedimentario B) Lítico Ígneo (afanítico), C) Biotita (Ferromagnesiano). 16B) Sección tomada con nicols cruzados.

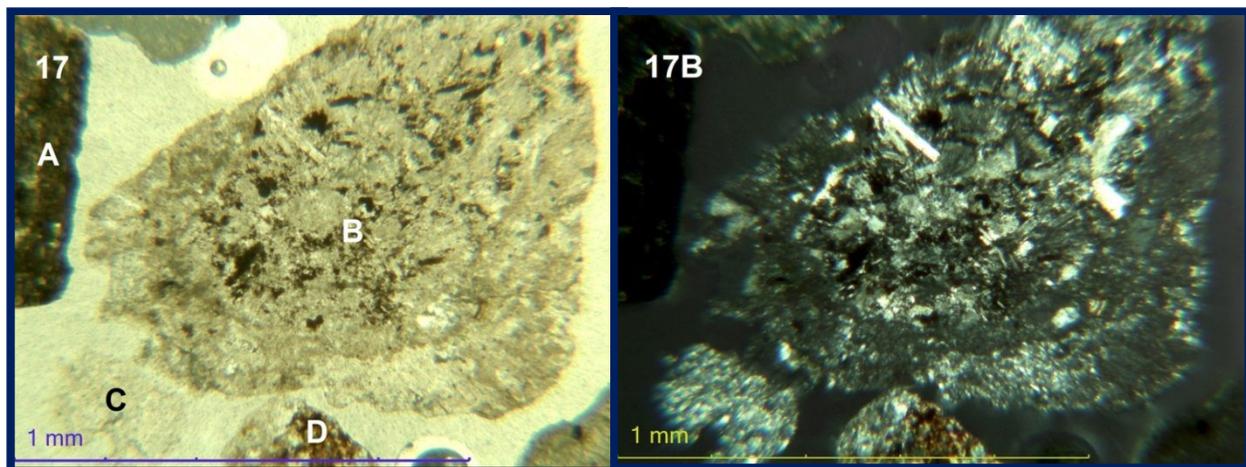
### 4.1.7 Río Ameca (Río 2)

**Tabla 32 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	28	9.333
Cuarzo Policristalino	5	1.667
Feldespatos	13	4.333
Líticos Volcánicos	60	20.000
Líticos Sedimentarios	41	13.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	13	4.333
Minerales Opacos (metálicos)	42	14.000
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100.000</b>

Arenas de granos gruesos a muy finos subredondeados a angulosos su tamaño en promedio es de los 9 mm aproximadamente (Tabla 32).

Está compuesta de líticos volcánicos en su mayor parte, cuarzo con extinción ondulante, micas (biotita) y los opacos tiene una presencia mayor que los feldespatos y los ferromagnesianos (Figura 51).



**Figura 51,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Río 2. Tomada con objetivo 10x. 17) Luz paralela (izquierda). A) Biotita (Ferromagnesiano incompleto) B) Lítico Ígneo (microlítica), C) y D) Lítico Sedimentario (Litoarenita). 17B) Sección tomada con nicols cruzados

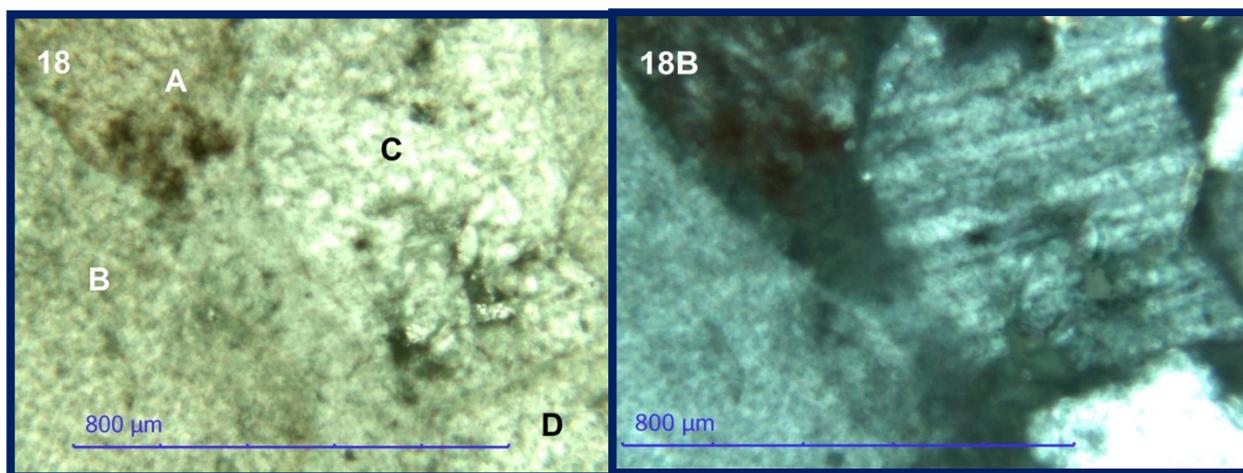
### 4.1.8 Río Rivera (Río 3)

**Tabla 33 Resultado del análisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	152	50.667
Cuarzo Policristalino	17	5.667
Feldespatos	14	4.667
Líticos Volcánicos	18	6.000
Líticos Sedimentarios	35	11.667
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	60	20.000
Minerales Opacos (metálicos)	4	1.333
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100.000</b>

Arenas de granos muy finos subredondeados a angulosos de tamaño promedio de 1 mm, hay un solo grano con tamaño de 4 mm aproximadamente (Figura 33).

Está compuesta de cuarzo con extinción oblicua, ferromagnesianos, líticos sedimentarios, micas (biotitas) y presencia de plagioclasas (Figura 52).



**Figura 52,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Río 3. Tomada con objetivo 40x. 18) Luz paralela (izquierda). A) Biotita (Ferromagnesiano) B) Feldespato, C) Plagioclasa y D) Cuarzo Monocristalino. 18B) Sección tomada con nicoles cruzados.

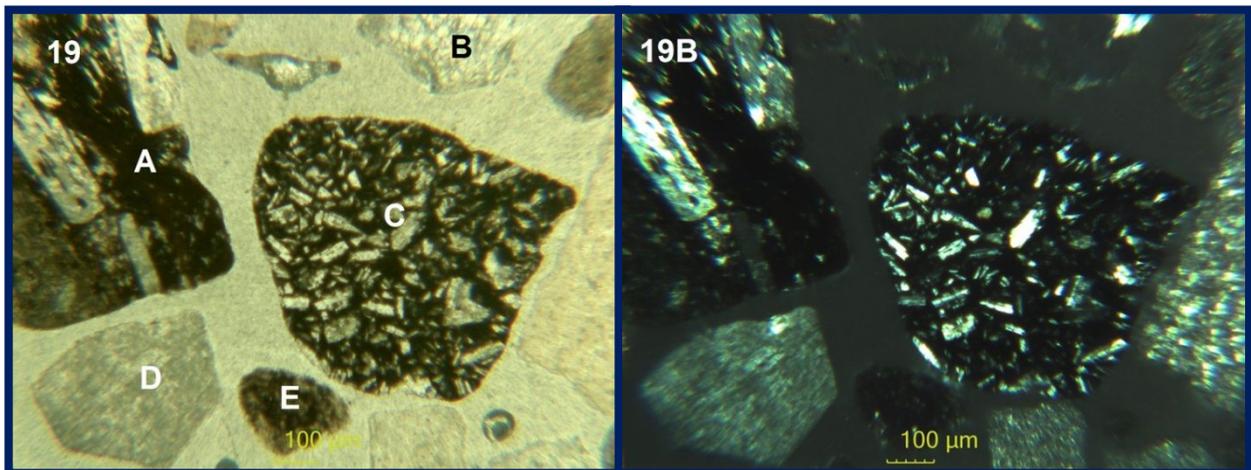
#### 4.1.9 Río Pitillal (Río 4)

**Tabla 34 Resultado del análisis modal**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	42	14.000
Cuarzo Policristalino	12	4.000
Feldespatos	12	4.000
Líticos Volcánicos	77	25.667
Líticos Sedimentarios	130	43.333
Biógenos	0	0.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	14	4.667
Minerales Opacos (metálicos)	13	4.333
Total	300	100.000

Arenas de granos finos a gruesos mayormente subredondeados su tamaño en promedio es de 2 mm o menos aproximadamente, también hay 8 granos más grandes de 11 a 4mm de tamaño, subredondeados a subangulosos, los granos están muy intemperizados (Tabla 34).

-Está compuesta de líticos sedimentarios en su mayor parte e ígneos, cuarzo con extinción ondulante, plagioclasas y micas (biotitas) (Figura 53).



**Figura 53,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Río 4. Tomada con objetivo 2.5x. 19) Luz paralela (izquierda). A) Lítico Ígneo (fanerítica) B) Cuarzo Policristalino, C) Lítico Ígneo (fanerítica), D) Lítico Sedimentario E) Biotita (Ferromagnesianos).19B) Sección tomada con nicoles cruzados

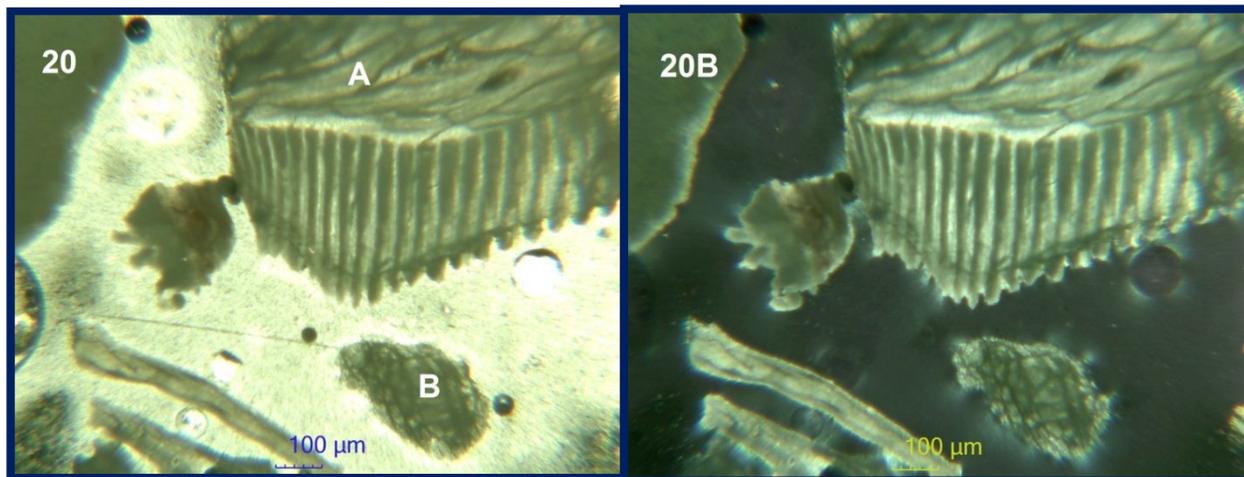
#### 4.1.10 Islas Marietas (Buceo)

**Tabla 35 Resultado del analisis modal.**

Mineral	No. De Puntos	Porcentaje (%)
Cuarzo Monocristalino	1	0.333
Cuarzo Policristalino	0	0.000
Feldespatos	0	0.000
Líticos Volcánicos	3	1.000
Líticos Sedimentarios	28	9.333
Biógenos	258	86.000
Ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos, micas)	4	1.333
Minerales Opacos (metálicos)	6	2.000
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100.000</b>

Arenas de granos muy finos a muy finos, subredondeados, su tamaño en promedio es de los 12mm aproximadamente (Tabla 35).

Está compuesta en su mayor parte de biógenos rotos hay algunos enteros, líticos sedimentarios (cuarzoarenitas), ferromagnesianos, granos opacos, calcita y cuarzo con extinción ondulante (Figura 54)



**Figura 54,** Fotomicrografía de la muestra de sedimento de Río 4. Tomada con objetivo 2.5x. 20) Luz paralela (izquierda). A) Molusco (entero) B) Piroxeno Ferromagnesiano. 20B) Sección tomada con nicoles cruzados.

# 5. Geoquímica

---

## 5.1 Fluorescencia de Rayos X.

Para que se dé el proceso de fluorescencia de rayos X, primero tiene que ocurrir la absorción fotoeléctrica por el elemento. La absorción fotoeléctrica por la muestra sucede cuando un fotón altamente energético proveniente de una radiación de rayos X interactúa con la materia (Meléndez, 2009). La energía de rayos X que se absorbe en la muestra da lugar a la generación de un espectro de emisión de rayos X característico de cada elemento de la muestra, los electrones se desalojan de las capas más internas (llamadas K, L M). Un electrón expulsado debe reemplazarse y es muy probable que la vacante sea cubierta por un electrón procedente de la capa siguiente más externa (capa L) y no de otra capa más alejada. Este proceso crea una nueva vacante que es cubierta por otro electrón de la capa siguiente y así sucesivamente. Estos electrones que pasan a capas internas se desplazan de altos a bajos niveles energéticos y como resultado de ello emiten energía en forma de radiación X característica.

Los agrupamientos de líneas espectrales se clasifican en espectro K, L o M según las capas de menor nivel energético que los electrones más externos pasan a ocupar (Dana, 1960).

En el análisis geoquímico se obtuvieron los parámetros de los elementos mayores y elementos traza. Realizado en el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología, UNAM

## Preparación de Muestras

---

### a) Molienda

Para la realización del análisis mediante fluorescencia de Rx, cada muestra fue molida, utilizando aproximadamente 10 gramos de las muestras, los cuales fueron colocados en un vial de tungsteno carbide con un par de balines (Figura 55), para obtener una molienda más fina de las muestras.



**Figura 55,** vial de tungsteno y un par de balines (antes de la preparación)

Después se instala a una trituradora (modelo SPEX Sample Prep) (Figura 56), con un tiempo de molienda entre los 10 a 15 minutos (dependiendo el grueso de las arenas), posteriormente fueron puestas las muestras en un vaso de precipitado y rotuladas.



**Figura 56,** Trituradora (modelo SPEX Sample Prep)

b) Calcinación: Para elementos trazas

Una vez molidas se realizó una mezcla con Tetraborato de Litio (8 gramos), 5.6 g de muestra y 1g de cera. Cada mezcla fue llevada a un horno de fusión fluxy, (con operación automática y tres quemadores, formada por crisoles de platino y oro) las cuales fueron calentadas a 1100 °C durante 15 minutos.

c) Prensado: Para elementos mayores.

Después de la molienda, las muestras fueron llevadas a un horno con una temperatura de 110° C y un tiempo de una hora para eliminar la humedad que contenga. Posteriormente, se mezclaron con Yoduro de Litio (8g de fundente y 0.4 de muestra) hasta ser homogeneizada (sin tener puntos blancos) con la ayuda de un mortero.



**Figura 57,** Proceso de molienda donde se observan el yoduro de Litio (blanco) y la muestra (izquierdo)  
Prensa hidráulica (derecha)

Las muestras al final fueron colocadas en una prensa hidráulica aplicándoles presión (25 toneladas) en un tiempo de 20 segundos (Figura 57). Las pastillas obtenidas fueron llevadas al espectrómetro secuencial de fluorescencia de rayos X (Figura 58).



**Figura 58,** Espectrómetro de fluorescencia de rayos X (izquierda). Interior del espectrómetro donde se muestran las pastillas para su análisis (derecha).

### 5.1.1 Elementos mayores

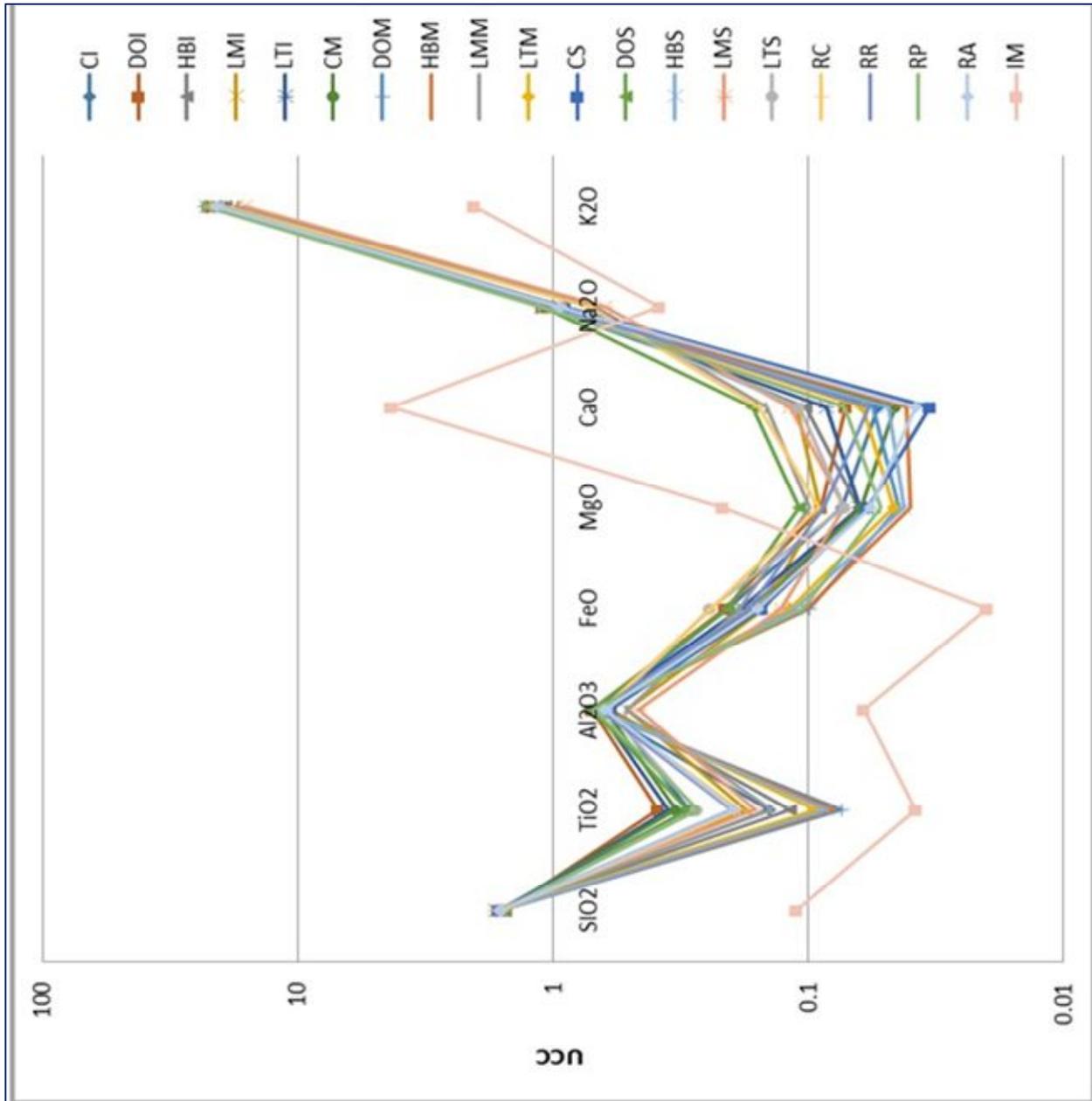
Son los elementos que se presentan en una concentración mayor que 1% en peso (menores a 1000 ppm). El contenido de elementos mayoritarios en rocas sedimentarias detríticas (Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Ti y P), es útil para determinar el ambiente tectónico donde se depositaron los sedimentos, así como el tipo de roca que dio origen a los mismos. La concentración de dichos elementos tradicionalmente se reporta como óxidos:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Total), MnO, MgO, CaO,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ , y  $\text{P}_2\text{O}_3$  (Angeles-Cruz, 2006).

En las últimas dos décadas se han llevado a cabo numerosos estudios sobre la composición química de las rocas detríticas (elementos mayores, trazas, tierras raras y últimamente isotopos) y de los cambios que ocurren a lo largo del ciclo sedimentario, con el objetivo de entender la relación que existe entre la composición de la roca que dio origen al sedimento y la roca que resulta de la litificación de dicho sedimento (Bathia y Crook, 1986; Taylor y MacLennan, 1985; McLennan, 1989 en Sanchez-Zavala, 2005)

**Tabla 36 Concentraciones de elementos mayores en las muestras**

Elementos Mayores												
% Concen	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3t	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	P x C	Suma
<b>Infraplayas</b>												
CAMARONES	78.63	0.213	10.766	2.172	0.037	0.571	0.598	2.749	3.257	0.059	1.12	100.17
DE ORO	76.153	0.584	11.264	2.225	0.04	0.686	0.802	3.085	3.366	0.075	1.3	99.58
HOLLI BEACH	79.788	0.177	9.596	1.774	0.038	0.486	1.157	2.709	2.871	0.059	1.36	100.02
LOS MUERTOS	82.183	0.262	8.248	1.563	0.026	0.69	1.253	2.014	2.623	0.052	1.58	100.49
LOS TULES	77.399	0.531	10.775	1.936	0.037	0.484	0.955	3.064	3.205	0.054	1.34	99.78
<b>Mesoplayas</b>												
CAMARONES	79.532	0.493	9.988	1.669	0.027	0.475	0.514	2.731	3.185	0.045	1.11	99.769
DE ORO	79.3	0.111	11.369	1.035	0.026	0.34	0.632	2.894	3.466	0.042	0.88	100.1
HOLLI BEACH	80.066	0.118	10.842	1.065	0.027	0.305	0.464	2.922	3.22	0.048	1.06	100.14
LOS MUERTOS	80.931	0.208	8.175	1.951	0.032	0.764	1.638	1.911	2.555	0.061	1.83	100.06
LOS TULES	80.33	0.14	10.361	1.241	0.029	0.355	0.692	2.792	3.279	0.047	0.87	100.14
<b>Supraplayas</b>												
CAMARONES	80.716	0.44	9.499	1.599	0.027	0.451	0.375	2.527	2.969	0.049	1.22	99.872
DE ORO	76.29	0.446	11.252	2.163	0.048	0.832	1.873	3.055	3.077	0.062	1.01	100.11
HOLLI BEACH	79.877	0.128	10.711	1.177	0.028	0.326	0.545	3.12	3.438	0.041	0.72	100.11
LOS MUERTOS	83.193	0.242	7.35	1.334	0.025	0.555	1.328	1.76	2.42	0.044	1.52	99.771
LOS TULES	78.907	0.408	9.796	2.536	0.05	0.552	1.222	2.58	3.009	0.061	0.98	100.1
<b>Rios</b>												
RIO CUALE	77.84	0.278	10.262	2.513	0.05	0.701	1.762	2.022	2.922	0.069	1.71	100.13
RIO AMECA	79.364	0.299	10.443	1.792	0.043	0.671	0.653	2.684	3.039	0.056	1.15	100.19
RIO RIVERA	78.634	0.407	10.982	1.094	0.032	0.398	0.816	3.148	3.454	0.046	0.77	99.781
RIO PITILLAL	79.974	0.292	10.054	1.652	0.034	0.439	0.43	2.631	3.107	0.049	1.2	99.862
<b>Buceo</b>												
I. MARIETA	5.506	0.057	0.963	0.209	0.013	1.664	48.685	1.074	0.306	0.223	41.38	100.08

De color amarillo se visualizan los valores más altos y de color azul el valor más bajo en cada subzona



**Figura 59.** Diagrama de las concentraciones de elementos mayores normalizados con la corteza continental superior (UCC) (Taylor y McLennan, 1985). CI= Camarones Infraplaza, CM= Camarones mesoplaza, CS= Camarones supraplaza, DOI= De Oro Infraplaza, DOM= De Oro Mesoplaza, DOS= De Oro Supraplaza, HBI=Holi Beach Infraplaza ,HBM= Holi Beach Mesoplaza, HBS= Holi Beach Supraplaza, LMI= Los Muertos Infraplaza, LMM= Los Muertos Mesoplaza LMS= Los Muertos Supraplaza, LTI= Los Tules Infraplaza, LTM= Los Tules Mesoplaza, LTS= Los Tules Supraplaza , RC== Río Cuale, RR= Río Rivera, RA= Río Ameca, RP= Río Pitillal, IM= Isla Marieta.

Las concentraciones de elementos mayores se enlistan en la Tabla 36, las concentraciones de  $\text{SiO}_2$  son muy similares tanto en las muestras de playa como en las de ríos teniéndose la menor concentración en infraplaya de Playa de Oro y la mayor en la Supraplaya de Playa los Muertos (76.1- 83.1 %wt), el contenido de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es ligeramente mayor en la zona de Infraplaya de Playa de Oro que en Playa los Muertos. Las variaciones en  $\text{CaO}$  se encuentran entre 0.37 %wt que es la menor para Playa Camarones mientras que la mayor concentración se tiene en Playa de Oro (1.87 %wt),  $\text{MgO}$  tiene un comportamiento similar a  $\text{CaO}$  cuya menor concentración se tiene en la Supraplaya de Playa de Camarones (0.37 %wt) y la mayor (1.87 %wt) en la Supraplaya de Playa de Oro. Las concentraciones de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Y  $\text{TiO}_2$  son elevadas tal vez relacionadas a la concentración de minerales opacos (Tawfik et al 2017).

En la Figura 59 se observa la normalización de los elementos mayores con la corteza continental superior observándose un enriquecimiento en  $\text{SiO}_2$  y  $\text{K}_2\text{O}$  relacionado al área fuente tanto para las playas como para los ríos mientras que para la Isla Marieta el enriquecimiento es en  $\text{CaO}$  relacionado a la presencia de biógenos en la muestra

### **5.1.3 Elementos traza.**

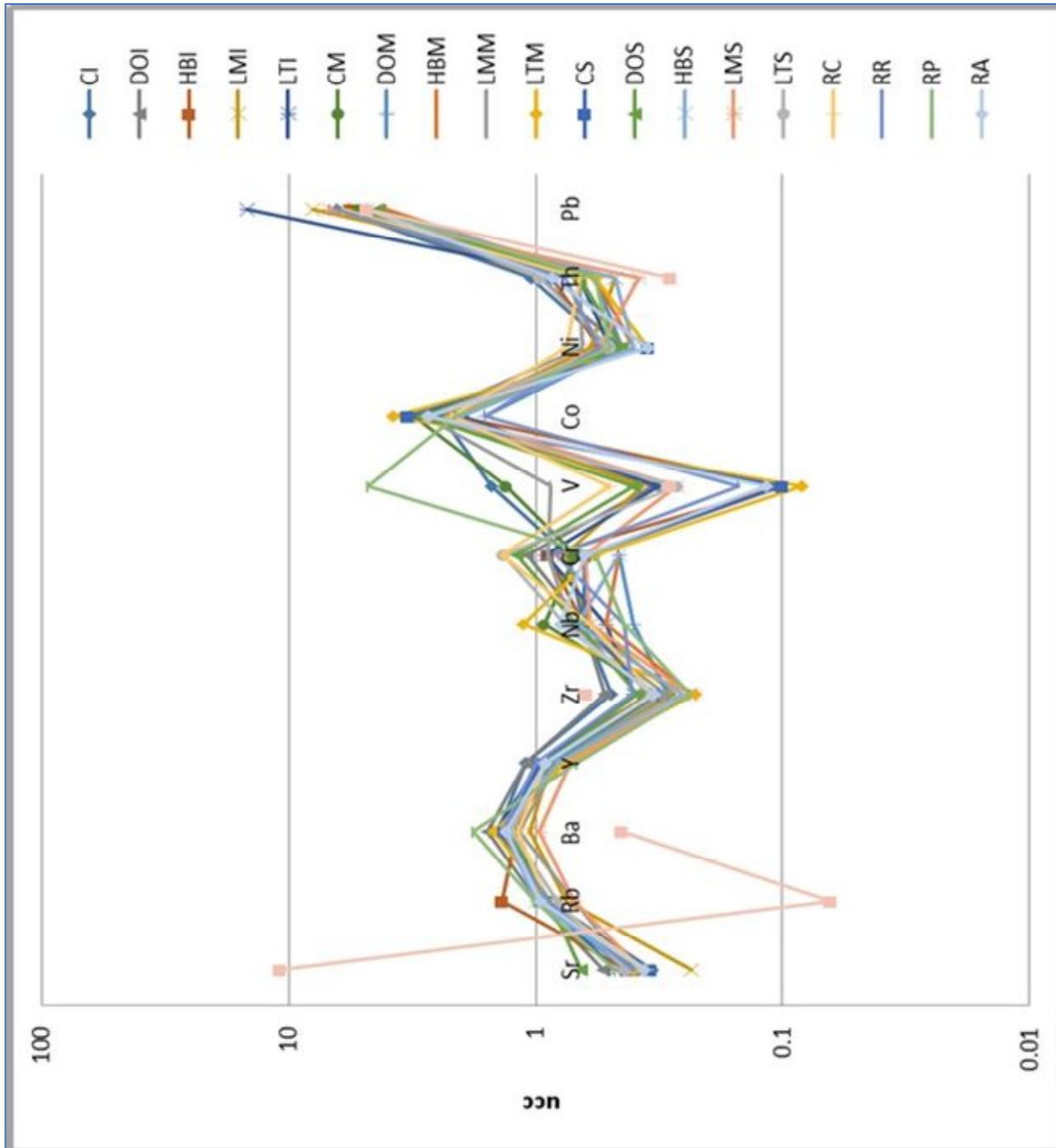
La concentración de elementos traza en sedimentos está influenciada por varios factores, entre ellos la procedencia, intemperismo, diagénesis, clasificación de sedimentos y la geoquímica acuosa de los elementos individuales en el ambiente de depósito. Al igual que los elementos mayoritarios, los elementos traza también proporcionan información valiosa que apoya la interpretación de ambientes antiguos. Un elemento traza puede definirse como aquel que se representa en concentración menor a 1% en el peso (%wt), esto es: menos de 1000 partes por millón (ppm) (Ángeles 2006)

**Tabla 37 Concentración de elementos traza en las muestras analizadas en ppm**

Elementos traza														
ppm	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Th	Pb
<b>Infraplayas</b>														
CAMARONES	98	119	993	24	118	16	26	90	24	10	29	43	11	16
DE ORO	108	187	1090	24	126	16	38	20	27	9	30	44	10	15
HOLLI BEACH	91	150	836	21	83	16	31	6	21	11	50	45	9	14
LOS MUERTOS	82	131	740	19	66	15	27	22	23	12	27	71	5	20
LOS TULES	100	166	1013	21	96	13	32	19	20	10	41	44	7	16
<b>Mesoplayas</b>														
CAMARONES	104	135	962	19	76	23	24	79	31	9	13	36	7	13
DE ORO	106	150	930	19	70	10	16	0	16	9	14	26	6	12
HOLLI BEACH	99	127	937	17	56	13	16	0	21	8	16	25	6	10
LOS MUERTOS	77	146	812	18	71	18	31	52	28	13	18	74	7	17
LOS TULES	99	141	1026	17	54	28	20	5	38	7	18	26	6	12
<b>Supraplayas</b>														
CAMARONES	98	120	931	21	80	16	22	6	33	7	18	33	9	12
DE ORO	97	228	893	20	93	17	42	24	29	9	10	31	7	11
HOLLI BEACH	109	139	935	18	61	17	16	0	20	8	14	26	5	12
LOS MUERTOS	77	130	682	16	57	15	22	16	22	11	20	67	4	17
LOS TULES	90	152	877	20	81	19	47	16	27	10	23	35	10	12
<b>Ríos</b>														
RIO CUALE	99	125	823	20	80	15	48	30	22	15	26	75	7	15
RIO AMECA	98	140	952	22	97	11	29	9	16	11	31	47	8	16
RIO RIVERA	111	166	1248	15	57	11	20	286	21	10	11	28	6	12
RIO PITILLAL	106	128	922	20	79	20	22	7	27	7	18	36	9	12
<b>Buceo</b>														
i. MARIETA	7	3780	312	<2	149	<1	<5	17	6	<2	22	16	3	0

De color amarillo se visualizan los valores más altos y de color azul el valor más bajo en cada subzona

En la Tabla 37 se observan las concentraciones de elementos traza de las muestras analizadas, se tienen altas concentraciones de Co, Cr, Va, al normalizarlos con la Corteza Continental Superior (Taylor y McLennan, 1985) se tiene que Co, Cr, V se encuentran enriquecidos mientras que hay un empobrecimiento en Sr y Ni relacionados al tipo de roca fuente. Para la muestra de isla Marieta se tiene un enriquecimiento en Sr.



**Figura 60.** Diagrama de las concentraciones de elementos mayores normalizados con la corteza continental superior (UCC) (Taylor y McLennan, 1985). CI= Camarones Infraplaya, CM= Camarones mesoplaya, CS= Camarones supraplaya, DOI= De Oro Infraplaya, DOM= De Oro Mesoplaya, DOS= De Oro Supraplaya, HBI=Holi Beach Infraplaya ,HBM= Holi Beach Mesoplaya, HBS= Holi Beach Supraplaya, LMI= Los Muertos Infraplaya, LMM= Los Muertos Mesoplaya LMS= Los Muertos Supraplaya, LTI= Los Tules Infraplaya, LTM= Los Tules Mesoplaya, LTS= Los Tules Supraplaya , RC== Río Cuale, RR= Río Rivera, RA= Río Ameca, RP= Río Pitillal, IM= Isla Marieta.

Las concentraciones de elementos traza nos dan la información acerca de procedencia (Nagarajan et al., 2015; Hernández et al., 2018). Las concentraciones de Rb en este estudio son mayores que 40ppm en sedimentos lo que podría indicar la procedencia de rocas ígneas félsicas intermedias (Wronkiewicz y Condie, 1990). Altas concentraciones de elementos traza de origen ferromagnesiano como el Cr en el Río Rivera (286ppm) podría indicar la procedencia máfica (Armstrong et al., 2016). Condie (1993) sugiere que las altas concentraciones de elementos como Cr, Ni y V en las arenas proceden de este estudio pueden provenir de andesitas, dacitas o basaltos, para este estudio las concentraciones de estos elementos pueden provenir de los basaltos que afloran en la zona.

## **6. Conclusiones y recomendaciones**

1.- Las playas fueron caracterizadas texturalmente como arenas finas a muy gruesas, de moderadamente clasificadas a mal clasificadas; obteniéndose una reducción de granos por medio de la combinación de procesos eólicos, ondas y abrasión esto también lo confirma el tipo de simetría y el medio de transporte, no hay una forma dominante.

2.- La mineralogía de las playas está controlada por una abundancia en cuarzo con un promedio de 53.5% seguida de líticos volcánicos (lathwork) y sedimentarios (pedernal y fragmentos de calizas) (51%) y menor concentración de feldespatos (9%) asociada al clima, a la litología presente en el área dominada por Tobas Riolíticas, Granitos granodioritas, basaltos y a los procesos costeros de alta energía.

3.- La concentración de elementos mayores ( $\text{SiO}_2$ ) sugiere el aporte de rocas silíceas y la concentración de elementos traza sugiere el aporte de rocas máficas así se tiene que el material que se encuentra en las playas al norte del área de estudio (Playa Camarones) tiene una procedencia máfica (basaltos) por las altas concentraciones de V, Co y Cr mientras que al sur (Playa los Muertos) se observa una procedencia más félsica (granitos-granodioritas y tobas riolíticas).

A partir de los resultados de este trabajo se recomienda realizar estudios de geoquímica más detallados incluyendo tierras raras.

Muestreo de ríos aguas arriba para un análisis más detallado de la zona

Completar el muestreo en la zona norte de Bahía de Banderas

## ***Bibliografía***

---

Acosta, V., y Lodeiros, C., Senioir, W., & Martínez, G. (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, 27(12), 686-690.

Alatorre-Zamora, M. A., Campos-Enríquez, J. O., Fregoso-Becerra, E., Quintanar-Robles, L., Toscano-Fletes, R., Rosas-Elguera, J. (2018). Gravity evidence for shaping of the crustal structure of the Ameca graben (Jalisco block northern limit). Western México, *Journal of South American Earth Sciences*, 82, 215-230.

Álvarez, R., López-Loera, H., & Arzate, J. (2010). Modeling the marine magnetic field of Bahía de Banderas, Mexico, confirms the half-graben structure of the bay. *Tectonophysics*, 489(1-4), 14-28.

Ángeles Cruz, C. A. (2006). Geoquímica de rocas sedimentarias jurásicas en localidades fosilíferas de la Sierra Madre Oriental (Tenango de Doria-San Bartolo Tutotepec, Hidalgo): Implicaciones, *Paleoambientes*.

Armstrong-Altrin, J. S., & Machain-Castillo, M. L. (2016). Mineralogy, geochemistry, and radiocarbon ages of deep sea sediments from the Gulf of Mexico, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 71, 182-200.

Armstrong-Altrin, J. S., & Verma, S. P. (2005). Critical evaluation of six tectonic sitting determination diagrams using geochemical data of Neogene sediments from known tectonic sittings. *Sedimentary Geology*, 177(1-2), 115-129.

Arroyave Franco, C. P., & Ramos Carbajal, K. G. (2009). Caracterización Geológica y análisis granulométrico de depósitos volcanoclasticos en la formación Paila (Secciones, La Paila-Sevilla, Andalucía-Galicia y Buga-La Habana), Universidad de Caldas, 12-14.

Arzate, J.A., Álvarez, R., Yutsis, V., Pacheco, J., López-Loera, H., (2006). Geophysical modeling of Valle de Banderas graben and its structural relation to Bahía de Banderas, México. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 23, 184e198.

- Bjorlykke, K., (1984). Formation de secondary porosity: how important is it? In:McDonal DA, Surdam RC (eds) *Clastic diagenesis. AAPG Mem 37.* 277-282.
- Blatt, H., & Christie, J. M. (1963). Undulatory extinction in quartz of igneous and metamorphic rocks and its significance in provenance studies of sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Research*, 33(3), 559-579.
- Campirano-Aguilar, G., (2017). Caracterización de arenas de playas en Baja California Sur. Universidad Nacional Autónoma de México, 1-106
- Calderón, C., & Valdez, J. (2012). Contenido de metales en sedimentos y organismos bentónicos de la Bahía San Jorge, Antofagasta Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(1), 121-133.
- Carranza-Edwards, A. (1994). Zonificación del Perfil de Playa. *Geounam*, 2, 26-32.
- Castillo, M. (2017). Landscape evolution of the graben of Puerto Vallarta (west-central Mexico) using the analysis of landforms and stream long profiles, *Journal of South American Earth Sciences*, 73, 10-21
- Castillo, M., & Muñoz-Salinas, E. (2017). Controls on peak discharge at the lower course of Ameca River (Puerto Vallarta graben, west-central México) and its relation to flooding. *Catena*, 151, 191-201.
- Cepeda-Dávila, L. (1986). Apuntes de Petrología Ígnea. Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ingeniería. 180.
- Centeno-García, E., Ruiz, J., Coney, P. J., Patchett, P. J., & Ortega-Gutiérrez, F. (1993). Guerrero terrane of México: Its role in the Southern, Cordillera from new geoquimical data. *Geology*, 21(5), 419-422.
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco, (2015). Ficha Técnica Hidrológica Municipal Puerto Vallarta. Dirección de Publicaciones del Gobierno del Estado de Jalisco. 12-17.
- Condie, K. C. (1993). Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical geology*, 104(1-4), 1-37.
- Corbo-Camargo, F., Arzate-Flores, J. A., Alvarez-Bejar, R., Aranda Gómez, J. J., & Yutsis, V. (2013). Subducción de la placa Rivera bajo el bloque Jalisco visualizada a partir de datos magnetoteluricos. *Revista Mexicana de ciencias geológicas*, 30(2), 268-281.
- Dachary, C., & Arnaiz, S. M., (2006). Bahía de Banderas o futuro, construyendo el porvenir 2000- 2025, Guadalajara. Universidad de Guadalajara.
- Dana, J. D., & Hurlbut, C. (1960). Manual de Mineralogía (No. QE372D26e 1960).

- DeMets, C., & Stein, S. (1990). Present-day kinematics of the Rivera plate and implications for tectonics in southwestern México. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 95(B13), 21931-21948.
- Dickinson, W. R., & Suczek, C. A. (1979). Plate Tectonics and Sandstone Compositions. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63(12), 2164-2182.
- Folk, R. L. (1980). Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company
- Gómez-Truena, A., Orozco-Esquivel, M., & Ferrari L. (2005). Petrogenesis Ígnea de la faja volcánica transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57(3), 227-283.
- Hernández-Hinojosa, V., Montiel-García, P. C., Armstrong-Altrin, J. S., Nagarajan, R., & Kasper-Zubillaga, J. J. (2018). Textural and geochemical characteristics of beach sands along the western Gulf of México, México. *Carpath J Earth Environ Sci*, 13(1), 161-174
- Hopkins, M.C., Dawers, N.H., (2014). Changes in bedrock channel morphology driven by displacement rate increase during normal fault interaction and linkage. *Basin Res.* 0, 1e17.
- INEGI. (1984). X Censo General de Población y Vivienda, (1980). Estado de Jalisco, México.
- Kasper-Zubillaga, J. J., & Faustinos-Morales, R. (2007). Scanning electron microscopy analysis of quartz grains in desert and coastal dune sands (Altar Desert, NW México). *Ciencias Marinas*, 33(1), 11-22.
- Kasper Zubillaga, J. J., Carranza-Edwards, A., & Rosales-Hoz, L. (1999). Petrography and geochemistry of Holocene sands in the western Gulf of Mexico: implications for provenance and tectonic setting, *Journal of Sedimentary Research*, 69(5), 1003-1010.
- King Cuchlaine, A. M., (1972). Beaches and Coasts, *St Martin Press*, 570.
- Komar, P. D. (1976). *Beach Processes and Sedimentation*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 544 pp.
- Mackenzie, W. S., Adams, A. E., (1996). *Atlas of rocks and Minerals in Thin Section*, Manson Publising, 31-44.
- Mendieta-Lora, M., Mejía-Ledesma R.O., Kasper Zubillaga, J. J., Arellano-Torres, E., & Álvarez-Sánchez, L. P. (2018). Mineralogical and geochemical implications of weathering rates in coastal dunes and beach sands close to a volcanic rock source in the western Gulf of México, México. *Chemie der Erde*, 78, 323-339.
- Meléndez Pizarro, C. O., Camacho Dávila, A. A., (2009). Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, *Aventuras del Pensamiento*, 2-3.

- Miralles, A. A. (1970). *Sedimentología: del Proceso Físico a la Cuenca sedimentaria* (Vol. 46). Editorial CSIC-CSIC Press
- Morán-Zenteno, D. J., Cerca, M., & Keppie, J. D. (2005). La evolución tectónica y magmática cenozoica del suroeste de México: avances y problemas de interpretación. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57(3), 319-341.
- Morán-Zenteno, D. J., Martiny, B., Tolson, G., Solís-Pichardo, G., Alba-Andaré, L., Hernández-Bernal, Ma., Macías-Romo, C., Martínez-Serrano R. G., Schaaf, P., & Silva-Romo, G. (2000). Geocronología y características geoquímicas de las rocas magmáticas terciarias de la Sierra Madre del Sur. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53, 27-58.
- Moran-Zenteno D. J. (1993). *The Geology of the Mexican Republic*, The American Association of Petroleum Geologists. 6.
- Muruaga, C. M., (2001). Petrografía y procedencia de areniscas terciarias en la Subcuenta e Hualfin, provincia de Catamarca, noroeste de Argentina. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología*, 8(2). 15-35
- Nagarajan, R., Armstrong-Altrin, J. S., Kessler, F. L., Hidalgo-Moral, E. L., Dodge-Wan, D., & Taib, N. I. (2015). Provenance and tectonic setting of Miocene siliciclastic sediments, Sibuti Formation, northwestern Borneo. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(10), 8549-8565.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R., (1973), *Sand and Sandstone*.
- Proyecto 165452 Fondo Sectorial Sector Conacyt. (2013). *Propuesta de Programa de Adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático del sector turismo en Puerto Vallarta, Jalisco*, Secretaria de Turismo, 35-36.
- Puy-Alquiza, M. J., *Miranda Avilés R., Manual de Sedimentos y rocas sedimentarias siliciclasticas*, Universidad de Guanajuato División de Ingenierías, 19-23.
- Ramírez-Herrera, M. T., & Urrutia-Fucugauchi, J. (1999). Morphotectonic zones along the coast of the Pacific continental margin, southern Mexico. *Geomorphology*, 28(3-4), 237-250
- Ramirez-Herrera, M. T., Kostoglodov, V., & Urrutia-Fucugauchi, J. (2004). Holocene-emerged notches and tectonic uplift along the Jalisco coast, Southwest México. *Geomorphology* 58(1-4), 291-304.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Garduño-Monroy, V. H., & Urrutia-Fucugauchi, J. (1996). Continental boundaries of the Jalisco block and their influence in the Pliocene-Quaternary kinematics of western México. *Geology*, 24(10), 921-924
- Russell, K. L. (1970). Geochemistry and halmyrolysis of clay minerals, Rio Ameca, México, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34(8), 893-907.

- Secretaria de Turismo. *Agendas de competitividad de los destinos turísticos de México: Puerto Vallarta 2013-2018*, Gobierno del Estado de Jalisco, 81.
- Stock, J. M. (1993). Tectónica de placas y la evolución del bloque Jalisco, México, *GEOS*, 13(3), 3-9.
- Tawfik, H. A., Ghandour, I. M., Maejima, W., Armstrong-Altrin, J. S., & Abdel-Hameed, A. M. T. (2017). Petrography and geochemistry of the siliciclastic Araba Formation (Cambrian), east Sinai, Egypt: implications for provenance, tectonic setting and source weathering. *Geological Magazine*, 154(1), 1-23.
- Valverde, M. (2009). En defensa del paisaje construido: el caso de Bahía de Banderas, Nayarit. *Topofilia. Revista de Arquitectónica, Urbanismo y Ciencias Sociales*, 1(3).
- Vélez., Hernández., Cuevas., & Renovato., (2001). *Consejo de Recursos minerales, Texto guía Carta Magnética "Puerto Vallarta" F13-F11*, Secretaria de Economía. 3.
- Wronkiewicz, D. J. & Condie, K. C., (1990). *Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Trasyaal Supergroups, South Africa: cratonic evolution during the early Proterozoic*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 343-354.
- Zarazúa, G., Tejeda, S., Ávila-Perez, P., Carreño, C., & Baltazar, M. (2011). Metal Content and Elemental, Composition of particles in cohesive sediment of the Lerma River, *Rev. Int. Contaminación Ambiental*. 27(3), 181-190.
- Zavala, J. S., & García, E. C. Técnicas y aplicaciones al estudio de los sedimentos terrígenos de grano fino, procedencia y tectónica. *Instituto de Geología, Universidad Nacional de México*.
- Zimmermann, J. L., Stussi, J. M., Partida, E. G., & Arnold, M. (1988). K-Ar evidence for age and compositional zoning in the Puerto Vallarta-Rio Santiago Batholith (Jalisco, Mexico), *Journal of South American Earth Sciences*, 1(3), 267-274.

## Anexos

**Tabla 3: Peso retenido en cada tamiz**

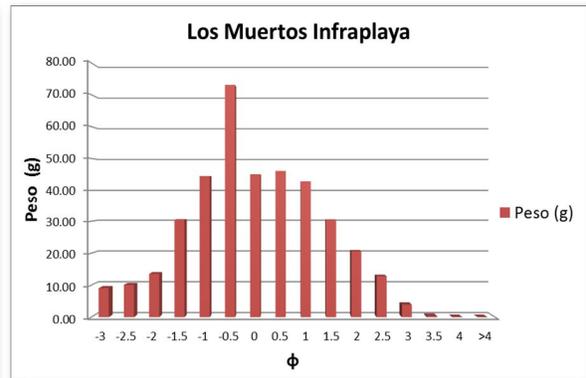
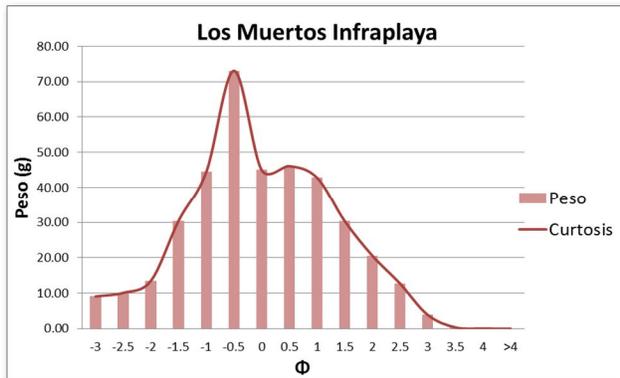
ψ	Los Tules			Holibeach		
	Infraplaya (g)	Mesoplaya (g)	Supraplaya (g)	Infraplaya (g)	Mesoplaya (g)	Supraplaya (g)
- 5.50						
- 5.00						
- 4.50	27.43	30.85				
- 4.00	75.05	8.98				
- 3.50	15.18	32.81				
- 3.00	34.33	24.85		18.8	9.59	1.14
- 2.50	32.84	26.31	0.5	13.51	0.9	0.32
- 2.00	28.63	13.35	1.02	16.49	3.13	0
- 1.50	34.92	20.47	12.75	27.86	11.42	2.15
- 1.00	29.67	26.27	40.24	48.93	56.01	6.31
- 0.50	39.67	36.29	79.39	113.7	229.71	32.39
-	23.92	40.71	27.1	88.8	168.59	73.85
0.50	23.27	111.09	24.44	78.77	76.77	194.55
1.00	14.18	148.24	45.87	31.01	11.28	172.4
1.50	15.25	81	92.61	5.6	1.99	53.45
2.00	29.51	42.02	127.56	0.88	0.41	10.38
2.50	49.82	34.35	112.32	0.17	0.05	0.89
3.00	56.2	21.87	44.43	0.11	0.03	0.15
3.50	17.72	3.52	8.7	0.03	0.01	0.06
4.00	0.04	0.01	0.11	0.01	0	0.01
PAN	1.45	0.21	0.65	0	0	0.05
<b>TOTAL</b>	<b>549.66</b>	<b>703.93</b>	<b>618.15</b>	<b>444.97</b>	<b>570.08</b>	<b>548.41</b>

ψ	Playa de Oro			Camarones		
	Infraplaya (g)	Mesoplaya (g)	Supraplaya (g)	Infraplaya (g)	Mesoplaya (g)	Supraplaya (g)
- 5.50				138.96		
- 5.00				114.8		
- 4.50				92.39		
- 4.00	35.65			150.86		
- 3.50	87.72			141.18		
- 3.00	90.72	3.33		108.12	1.12	1.06
- 2.50	136.42	2.67		97.65	2.02	3.43
- 2.00	83.97	2.98	0.27	43.69	2.55	2.96
- 1.50	70.83	12.72	0.45	39.31	3.94	3.47
- 1.00	35.89	30.21	1.1	23.95	6.41	6.38
- 0.50	18.68	129.59	4.02	17.71	15.33	37.48
-	4.21	175.33	5.52	5.22	18.09	125.91
0.50	2.44	141.94	16.87	3.04	46.89	227.43
1.00	1.64	41.26	71.21	1.16	185.55	29.54
1.50	1.66	11.96	163.6	0.28	131.93	3.12
2.00	3.86	8.82	155.67	0.11	55.27	2.44
2.50	16.65	15.99	122.04	0.1	24.44	1.28
3.00	86.32	25.21	46.27	0.05	4.42	0.17
3.50	63.5	13.31	10.9	0	0.47	0.04
4.00	18.05	2.35	1.4	0	0.12	0.03
PAN	1.07	0.09	0.1	0	0.04	0
<b>TOTAL</b>	<b>759.29</b>	<b>703.93</b>	<b>599.71</b>	<b>978.62</b>	<b>498.99</b>	<b>445.07</b>

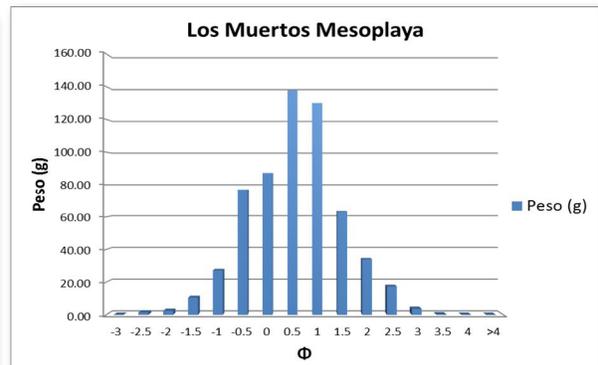
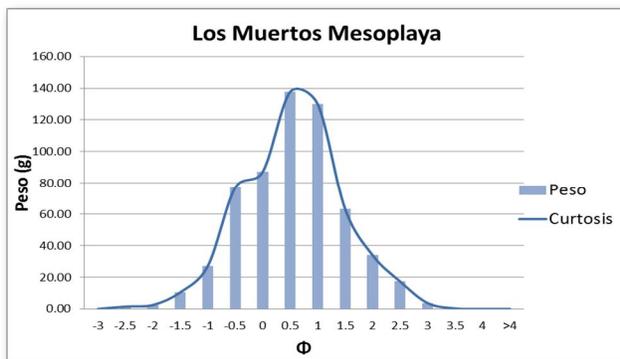
$\psi$	Rio 1 (g)	Rio 2 (g)	Rio 3 (g)	Rio 4 (g)	Buceo (g)
- 5.50					
- 5.00					
- 4.50		17.49	10.83	28.36	11.06
- 4.00		28.04	0.93	29.43	0
- 3.50		0	0	10.53	4.48
- 3.00	8.86	4.18	0	6.91	5.68
- 2.50	3.56	8.88	0	9.52	6.82
- 2.00	4.4	18.06	0.17	5.73	5.58
- 1.50	19.01	47.31	0.43	6.86	11.87
- 1.00	32.62	84.75	0.71	9.1	12.34
- 0.50	55.66	165.18	1.18	41.61	22.05
-	63.77	106.91	1.53	64.39	23.06
0.50	110.88	71.07	6	127.52	38.58
1.00	100.37	28.22	46.75	93.59	65.8
1.50	25.02	4.89	180.21	22.3	84.72
2.00	6.48	2.01	172.34	7.92	91.13
2.50	4.47	0.75	133.73	3.99	80.69
3.00	1.14	0.22	51.75	1.14	37.27
3.50	0.41	0.05	6.92	0.13	10.16
4.00	0.2	0.02	0.25	0	2.03
PAN	1.66	0	0.04	0	0.54
<b>TOTAL</b>	<b>438.92</b>	<b>588.17</b>	<b>613.8</b>	<b>469.84</b>	<b>514.05</b>

$\psi$	Los Muertos		
	Infraplaya (g)	Mesoplaya (g)	Supraplaya (g)
- 5.50			
- 5.00			
- 4.50			
- 4.00			
- 3.50			
- 3.00	9.1		
- 2.50	10.1	1.45	
- 2.00	13.54	2.47	0.23
- 1.50	30.57	10.52	1.75
- 1.00	44.48	27.19	5.96
- 0.50	73.06	77.04	25.21
-	45.01	87.2	38.24
0.50	46.11	137.76	60.7
1.00	42.82	129.97	104.47
1.50	30.39	63.15	100.42
2.00	20.59	33.91	61.39
2.50	12.75	17.31	28.17
3.00	3.91	3.69	5.37
3.50	0.37	0.29	0.3
4.00	0.03	0.02	0.02
PAN	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>383.2</b>	<b>592.45</b>	<b>383.2</b>

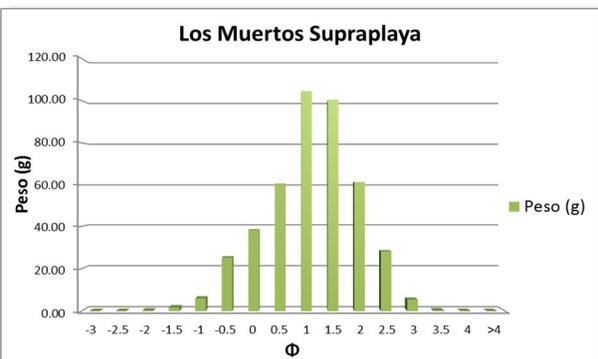
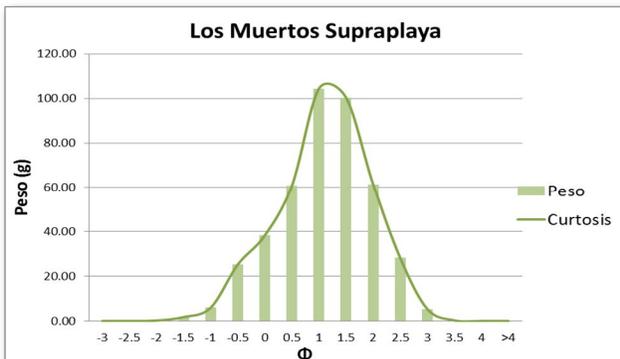
## Playa Los Muertos (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)



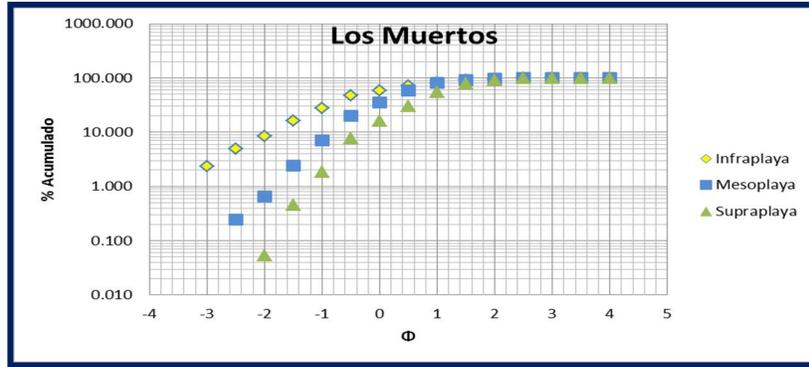
**Gráfica 2,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Infraplaya correspondiente a Playa Los Muertos.  
**Gráfica 3,** Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



**Gráfica 4,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Mesoplaya correspondiente a Playa Los Muertos.  
**Gráfica 5,** Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Mesoplaya (derecha).

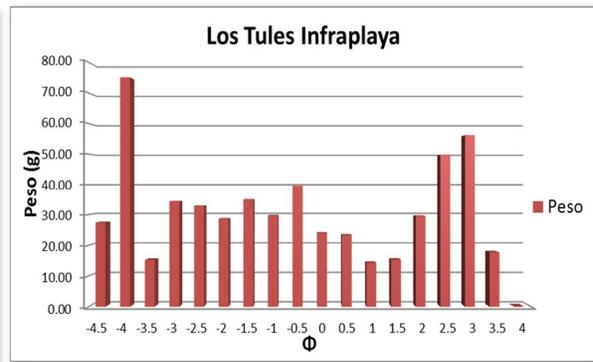
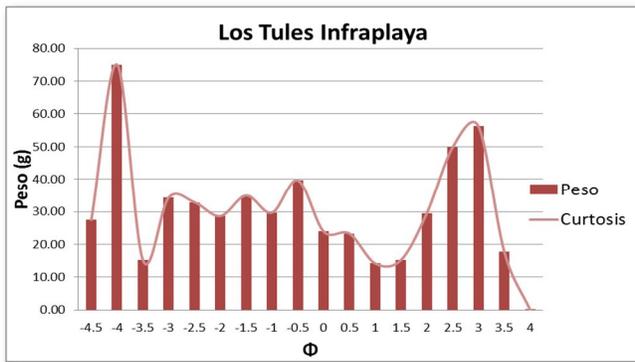


**Gráfica 6,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Supraplaya correspondiente a Playa Los Muertos.  
**Gráfica 7,** Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Supraplaya (derecha).



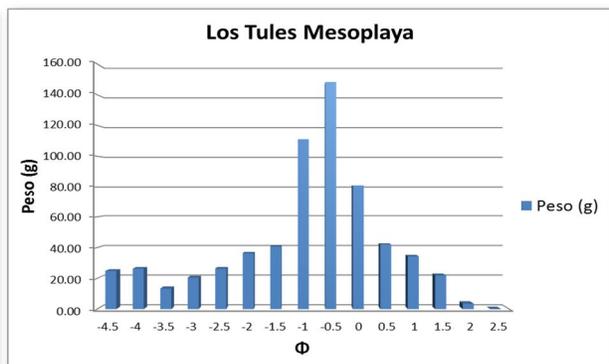
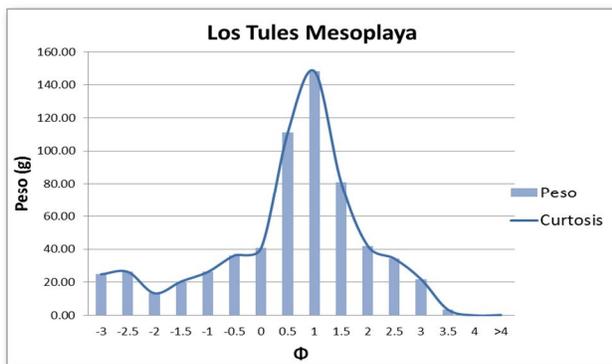
Gráfica 8, Curvas Acumulativas de las subzonas de Playa Los Muertos

### Playa Los Tules (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)



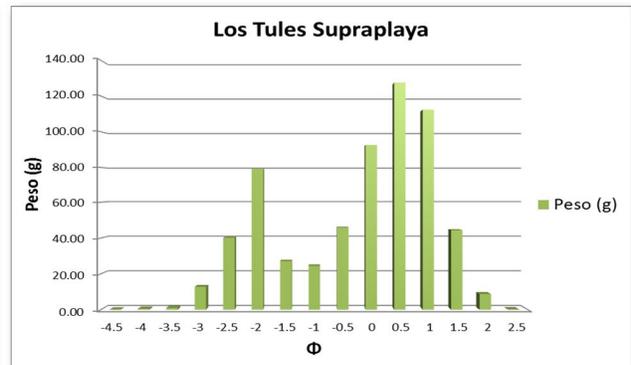
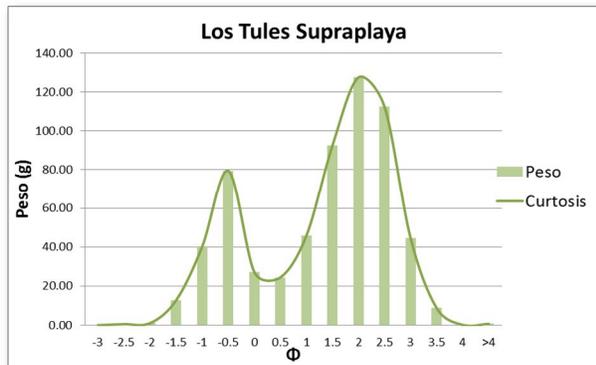
Gráfica 9, Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Infraplaya correspondiente a Playa Los Tules.

Gráfica 10, Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).

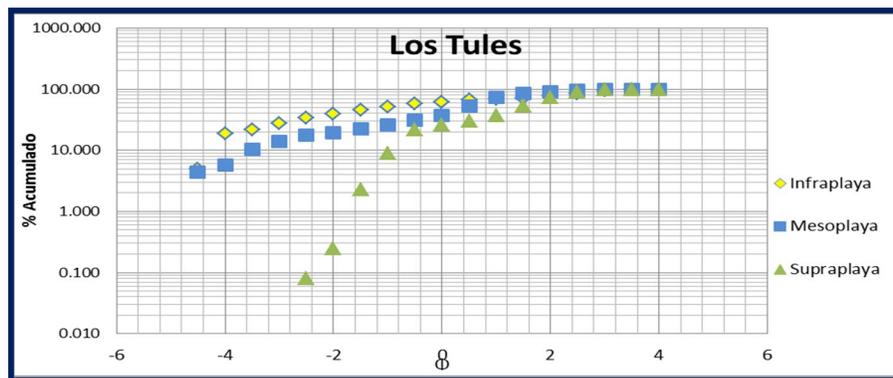


Gráfica 11, Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Mesoplaya correspondiente a Playa Los Tules.

Gráfica 12, Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Mesoplaya (derecha).

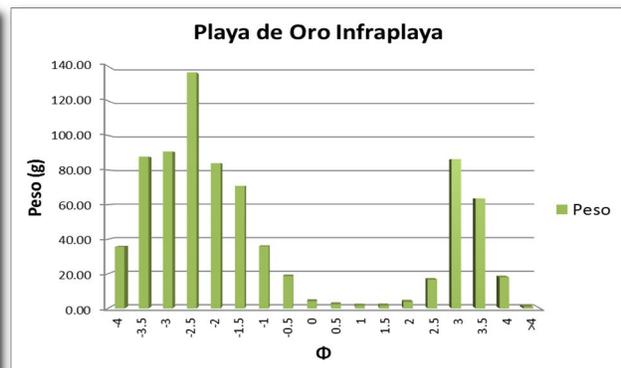
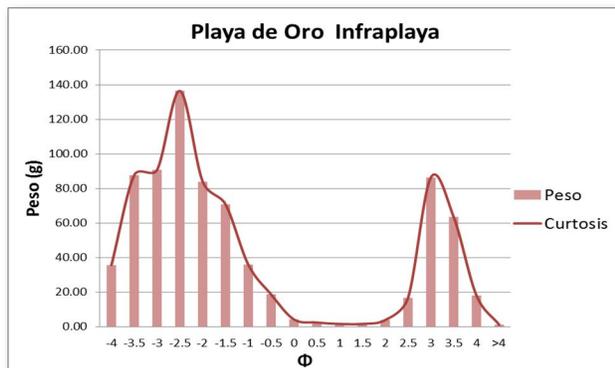


**Gráfica 13**, Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Supraplaya correspondiente a Playa Los Tules.  
**Gráfica 14**, Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Supraplaya (derecha).

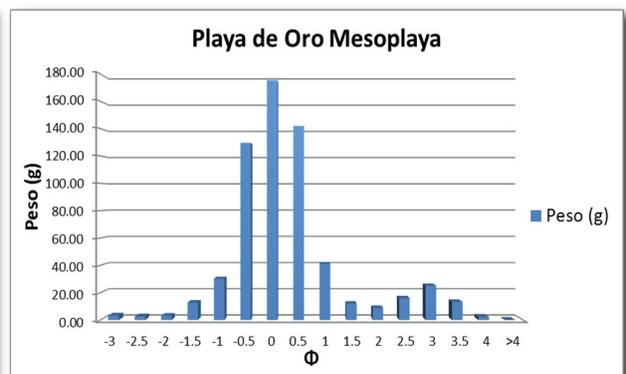
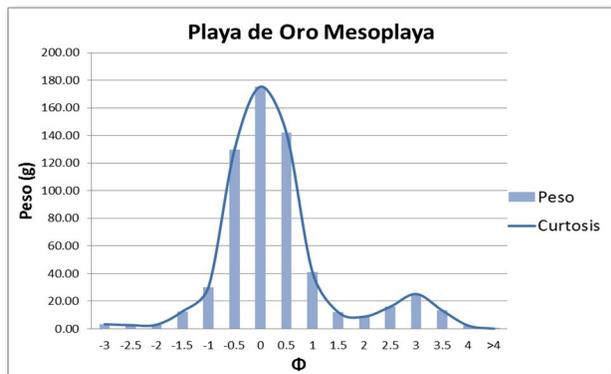


**Gráfica 15**, Curvas Acumulativas de las subzonas de Playa Los Tules

## Playa De Oro (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)

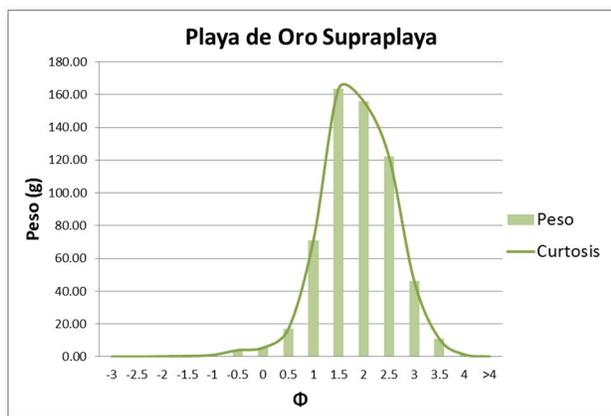


**Gráfica 16**, Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Infraplaya correspondiente a Playa De Oro..  
**Gráfica 17**, Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



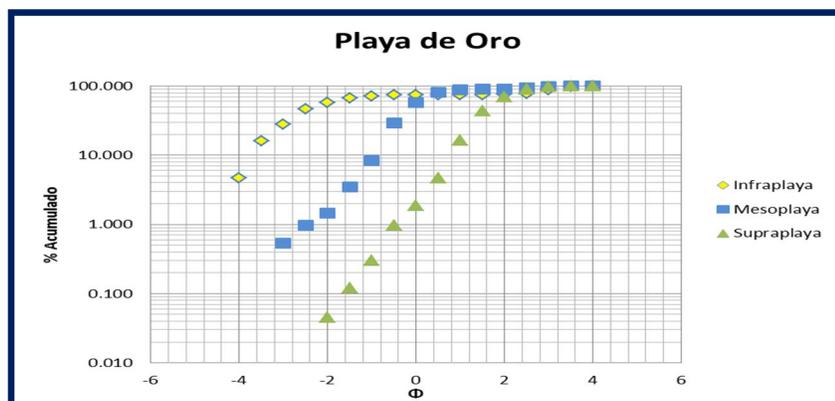
**Gráfica 18,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Mesoplaza correspondiente a Playa De Oro.

**Gráfica 19,** Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Mesoplaza (derecha).



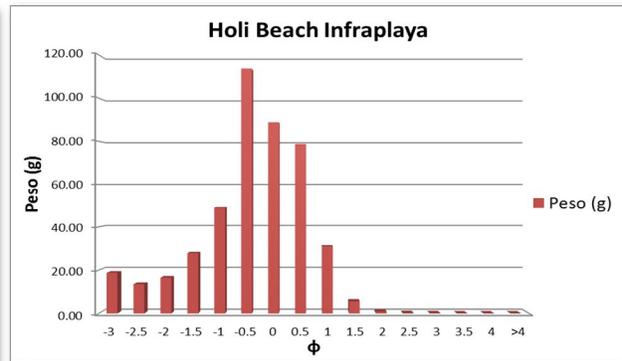
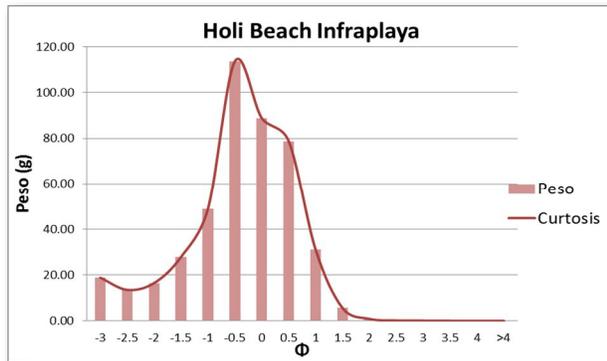
**Gráfica 20,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Supraplaya correspondiente a Playa De Oro.

**Gráfica 21,** Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Supraplaya (derecha).

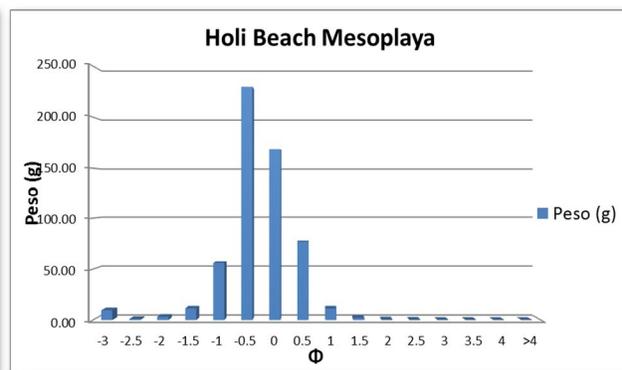
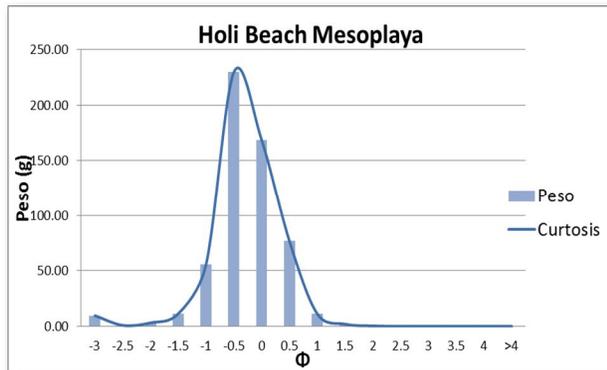


**Gráfica 22,** Curvas Acumulativas de las subzonas de Playa de Oro

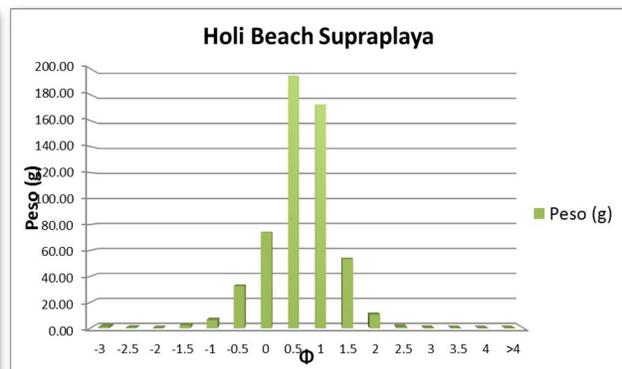
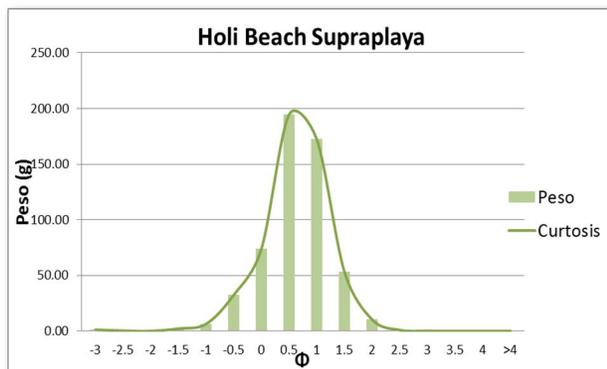
### 3.6.4 Playa Holli Beach (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)



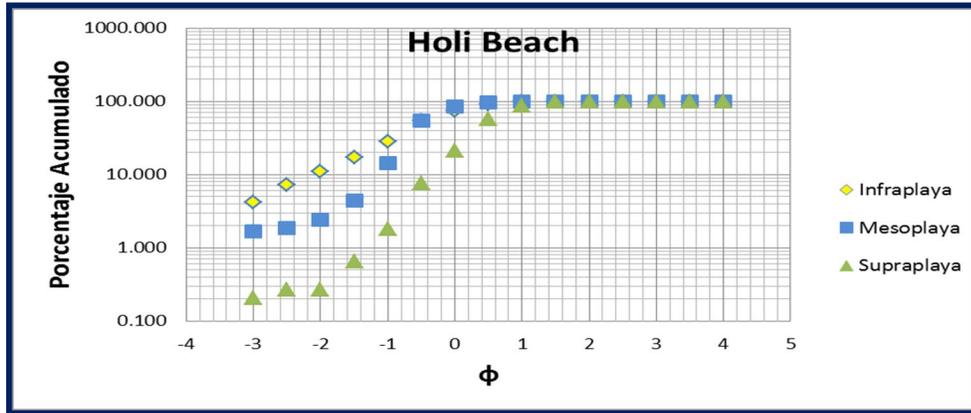
**Gráfica 23,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Infraplaya correspondiente a Playa Holli Beach.  
**Gráfica 24,** Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



**Gráfica 25,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Mesoplaya correspondiente a Playa Holli Beach.  
**Gráfica 26,** Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Mesoplaya (derecha).

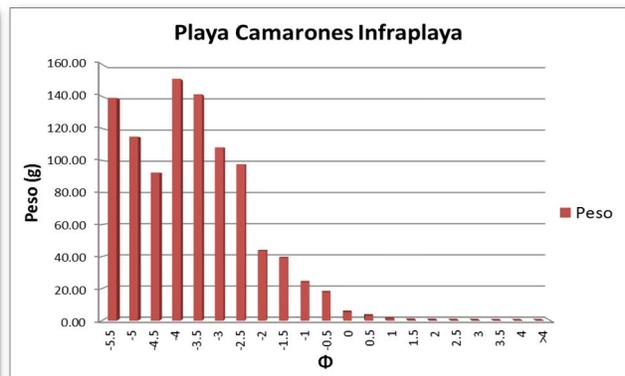
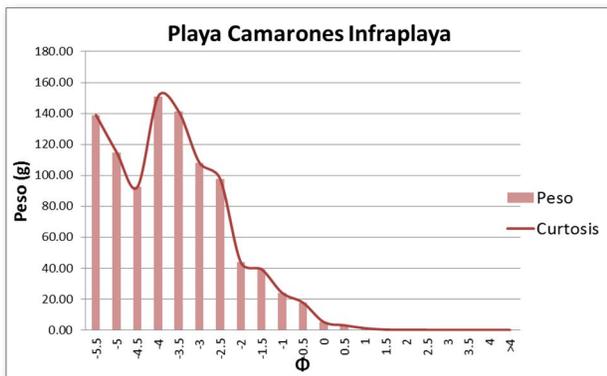


**Gráfica 27,** Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Supraplaya correspondiente a Playa Holli Beach.  
**Gráfica 28,** Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Supraplaya (derecha).

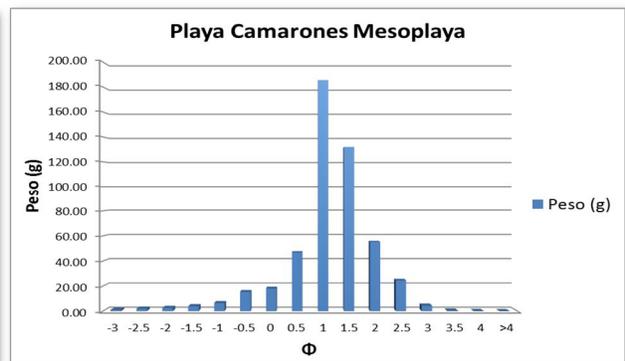
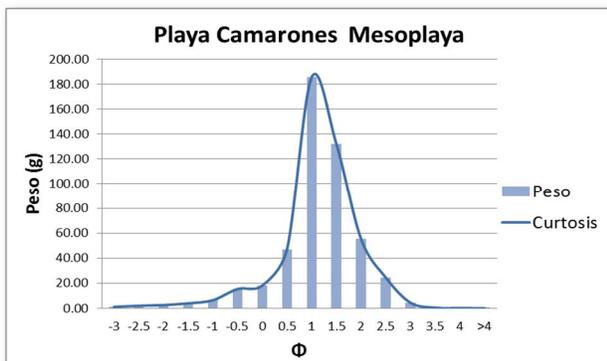


Gráfica 29, Curvas Acumulativas de las subzonas de Playa de Oro

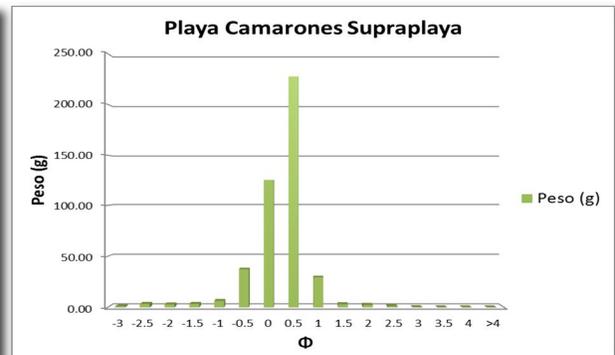
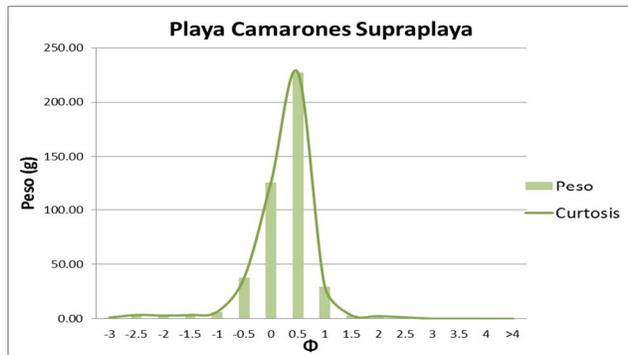
### 3.6.5 Playa Camarones (Infraplaya, Mesoplaya, Supraplaya)



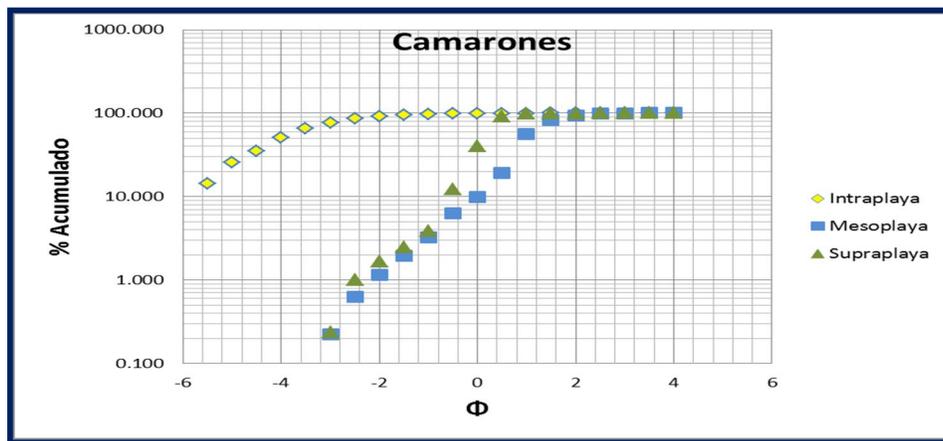
Gráfica 30, Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Infraplaya correspondiente a Playa Camarones. Gráfica 31, Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



Gráfica 32, Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Mesoplaya correspondiente a Playa Camarones. Gráfica 33, Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Mesoplaya (derecha).

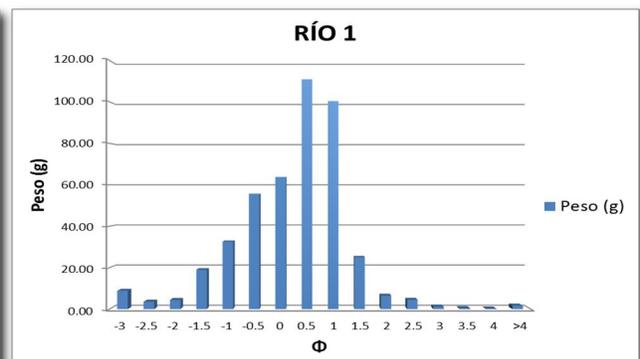
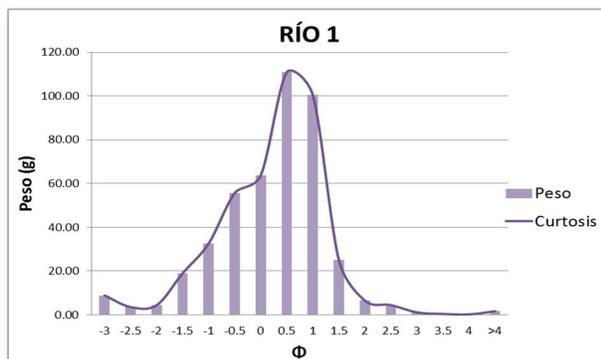


**Gráfica 34**, Representación gráfica de la curtosis en la subzona de Supraplaya correspondiente a Playa De Oro.  
**Gráfica 35**, Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Supraplaya (derecha).



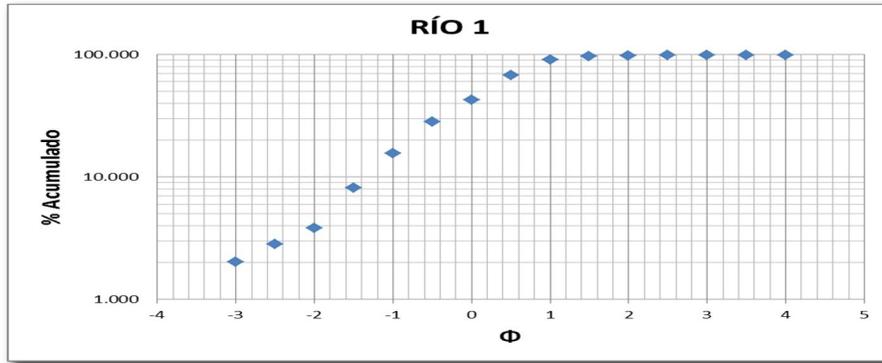
**Gráfica 36**, Curvas Acumulativas de las subzonas de Playa Camarones

### 3.6.6 Río Cuale (Río 1)



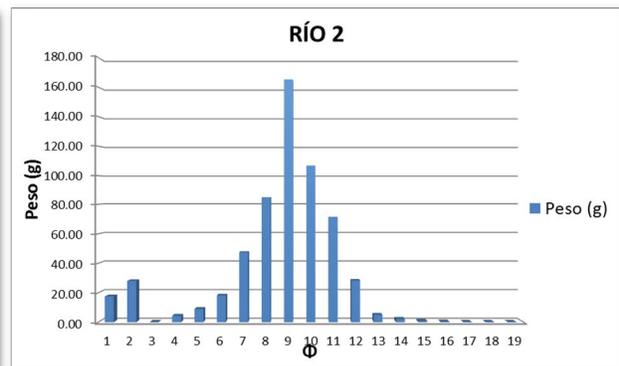
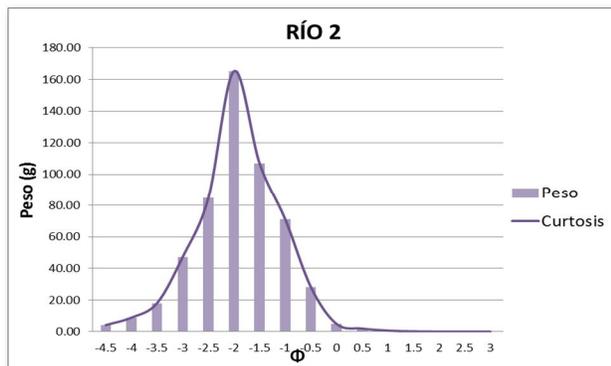
**Gráfica 37**, Representación gráfica de la curtosis en el Río Cuale.

**Gráfica 38**, Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



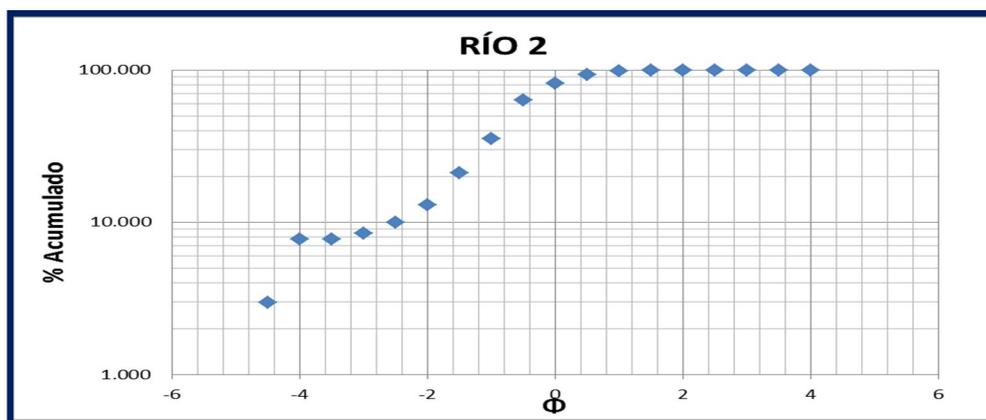
Gráfica 39, Curvas Acumulativas del Río Cuale (Río 1)

### 3.6.7 Río Ameca (Río 2)



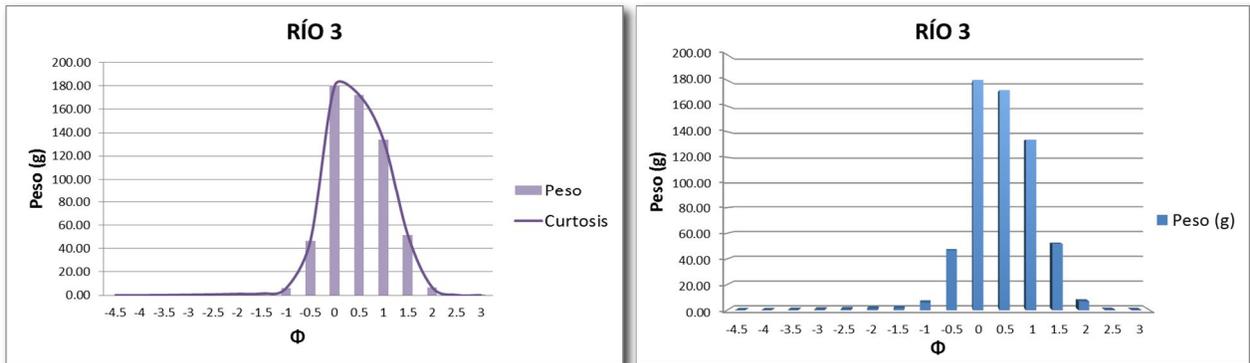
Gráfica 40, Representación gráfica de la curtosis en el Río Ameca.

Gráfica 41, Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



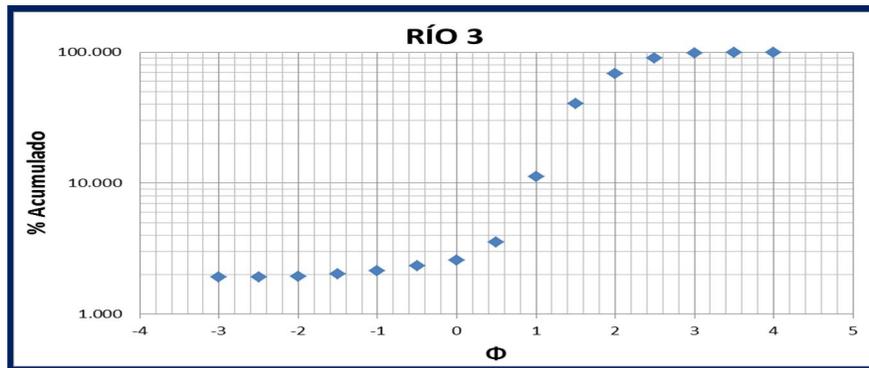
Gráfica 42, Parámetros de la zona del Río 2

### 3.6.8 Río Rivera (Río 3)



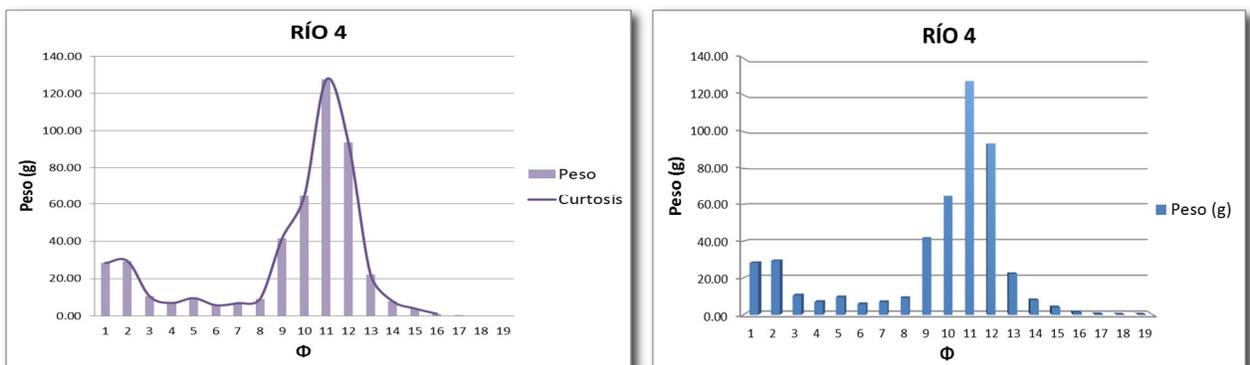
Gráfica 43, Representación gráfica de la curtosis en el Río Rivera.

Gráfica 44, Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



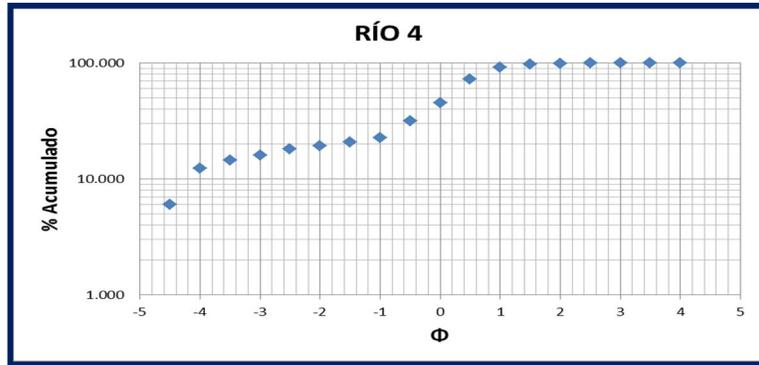
Gráfica 45, Curvas Acumulativas del Río 3

### 3.6.9 Río Pitillal (Río 4)



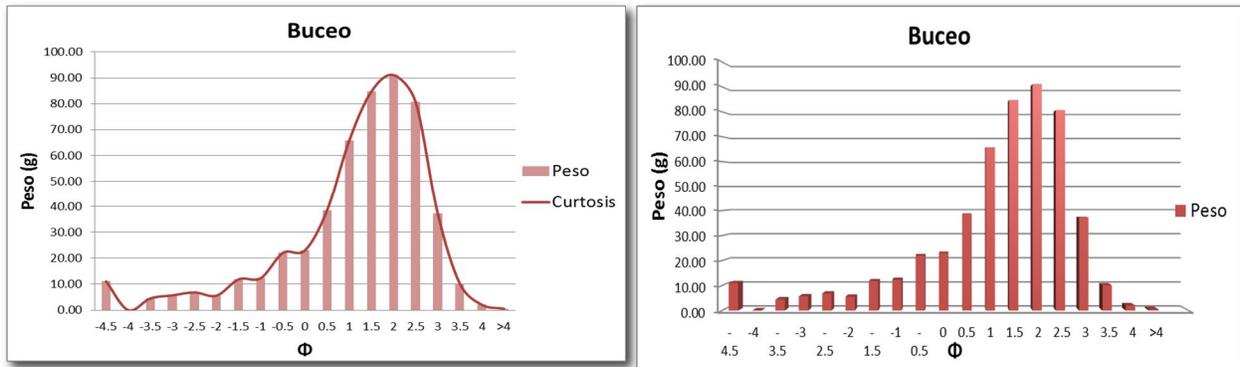
Gráfica 46, Representación gráfica de la curtosis en el Río Pitillal.

Gráfica 47, Representación en el eje “x” el tamaño de la partícula y el eje “y” el peso correspondiente a la zona de Infraplaya (derecha).



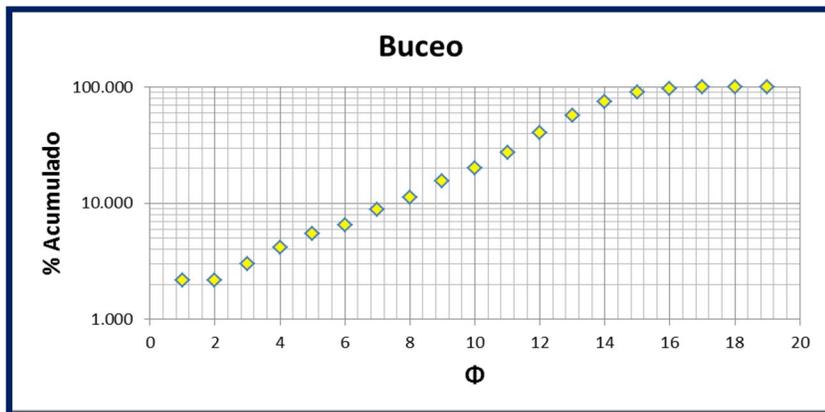
Gráfica 48, Curvas Acumulativas del Río 4

### 3.6.10 Isla Marieta (Buceo)



Gráfica 49, Representación gráfica de la curtosis en la Isla Marieta (buceo).

Gráfica 50, Representación en el eje "x" el tamaño de la partícula y el eje "y" el peso correspondiente a la zona de Infraplaza (derecha).



Gráfica 51, Curvas Acumulativas de buceo