

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**



**Características Sedimentológicas de Playa La Chorera, Bahía  
San Quintín, B.C. México**

**T E S I S**

*Para cubrir los requisitos necesarios para obtener el grado de*

**OCEANÓLOGO**

**PRESENTA**

**SAÚL URÍAS MILLÁN**

**Ensenada, B.C., México**

**noviembre de 2023**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**"CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE PLAYA LA CHORERA, BAHÍA DE  
SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO."**

TESIS  
PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
OCEANÓLOGO

PRESENTA:

SAÚL URÍAS MILLÁN

A quien el Comité de Tesis autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P, las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Miguel Ángel Santa Rosa del Río  
DIRECTOR

  
\_\_\_\_\_  
M. en C. Ángel Raúl Herrera Gutiérrez  
SINODAL

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Usama Ismael Yarbuh Lugo  
SINODAL

**"Por la Realización Plena del Ser"**

## Resumen

Playa La Chorera (PLC) se localiza en la Bahía San Quintín (BSQ) la cual es una de las lagunas costeras más importantes en el Océano Pacífico en Baja California, caracterizada por su alta productividad biológica, donde la principal fuente de trabajo en Bahía Falsa (BF) es el cultivo de ostión japonés. En PLC se lleva a cabo la extracción de piedra bola, la cual se caracteriza por clastos redondeados con tamaños que varían de 10-30 cm de diámetro. Dichas rocas, ayudan a proteger la playa ante el oleaje de tormenta. En dicha playa se ha documentado en diversas ocasiones el rebase del Océano Pacífico sobre el cordón dunar en la zona del canal formado en la playa que separa la zona costera de BF ya que dicha playa representa una zona topográficamente baja haciéndola vulnerable a dichos eventos ya que detrás de la duna existe una llanura de inundación con un ecosistema y hábitat único. En este sentido, y dada la importancia de esta zona, se considera necesario obtener información sedimentológica básica que permita contribuir al conocimiento sobre la dinámica sedimentaria en PLC. Se realizó un estudio de caracterización sedimentológica con el fin de obtener información sedimentaria básica como la clasificación de los sedimentos de la zona costera, el volumen de material sedimentario, la dirección del transporte sedimentario y conocer el tipo de playa estudiado para contribuir al conocimiento sobre la dinámica sedimentaria de PLC localizada en BSQ, durante el mes de junio de 2022 donde se realizaron perfiles topográficos a lo largo de siete transectos distintos y se tomaron cuatro muestras de sedimento a lo largo de cada transecto en las facies de duna, berma, playa y rompiente. Con dichos perfiles se realizaron cálculos de volumen de sedimento, por otro lado, a las muestras de sedimento se les realizó un pretratamiento que consistió en la eliminación de materia orgánica por el método de oxidación con peróxido de hidrogeno, y se realizaron tres

lavados para eliminar sales solubles, posteriormente fueron secadas en un horno para eliminar toda la humedad para volver a ser pesadas y determinar el porcentaje de materia orgánica de cada muestra, al finalizar el pretratamiento, cada una de las muestras fue tamizada en una columna que va de 0 hasta 4  $\Phi$ , de esta manera se obtuvo el peso de cada fracción para cada muestra y se procedió a su posterior análisis estadístico. Se logró identificar que la playa se encuentra en condición de bien sorteado a moderadamente bien sorteado, además cuenta con un transporte sedimentario sur-norte. El análisis de agrupamiento señala que esta playa se trata de una playa médano fluvial, por otra parte las imágenes tomadas así como las observaciones realizadas en campo evidenciaron la presencia de erosión en dunas por viento identificada con raíces expuesta en la parte más alta de las dunas, así como la formación de canales. De igual forma se identificó erosión por agua con la formación de un canal mucho más amplio en la base de las mismas. Por último, se realizó un cálculo de volumen de sedimento en PLC con la diferencia de altura entre la base de la duna y la rompiente los resultados indicaron que el volumen sedimentario para la temporada de primavera fue de 117,222.50 m<sup>3</sup>, se extiende el interés a realizar estos cálculos de volumen de sedimento en PLC en distintas estaciones del año para contrastar el resultado obtenido en este trabajo.

**Palabras clave:** Playa La Chorera, Bahía de San Quintín, Bahía Falsa, dinámica sedimentaria, inversión sedimentaria y erosión.

## **Dedicatoria**

**A mi Padre y mi madre**

**Araceli Millán Guzmán**

**† Dolores Urías López**

por ser un ejemplo para mí en todos los sentidos y ser la inspiración para no dejarme rendir ante las adversidades y los consejos que me brindaron.

**En honor a mi primer director de tesis.**

**† Mtro. Rigoberto Guardado France**

por darme la oportunidad de trabajar a su lado durante el desarrollo de la tesis, acompañarme en el último tramo de mi carrera universitaria y ser un excelente profesor y ejemplo para todos.

---

**“No se muere el que se va, se muere el que se olvida”.**

**-Canserbero-**

---

## **Agradecimientos**

A mi madre Araceli Millán por creer en mi a pesar de los tropiezos que tuve durante la carrera, por el esfuerzo que implicó para ella poder brindarme una buena educación a pesar de no contar con ningún apoyo.

A mis familiares que son parte importante de mi vida en todo momento, a pesar de que no sea una persona muy expresiva con ellos sepan que los quiero.

A mis compañeros y amigos que formaron parte de mi camino universitario por brindarme su apoyo en los momentos más difíciles, en especial a mi amiga Gomita con quien compartí especialmente los primeros semestres de mi carrera y me enseñó el valor de una buena amistad, a María Fernanda por siempre ser tan alegre, por contagiarme su felicidad en cada momento y ver el lado positivo de las cosas, así como alegrarme los días con sus chistes y ocurrencias, a Edson Smith por todas esas veces que nos reunimos a estudiar incansablemente para salvar las materias y por trabajar hombro con hombro juntos en cada proyecto que realizamos juntos, a Julia Lara por enseñarme que no hay imposibles sobre todo en la semana de marina, al grupo de cosmo por hacerme parte de ellos y aceptarme.

A José Pablo (Pabis) por brindarme una gran amistad especialmente en los últimos semestres de mi carrera, por ayudarme con el trabajo de laboratorio de esta tesis y tenerme paciencia en el proceso de trabajo.

A cada maestro que sirvió de inspiración y me brindaron sus consejos tanto profesionales como personales en especial a la Dra. Karina Lugo por ser un ejemplo de persona tanto en el ámbito profesional como en el personal y a la Dra. Patricia Alvarado (Paty) por tantas enseñanzas, platicas, y permitirme trabajar con ella durante la carrera.

A los miembros del comité de tesis:

M.C. Ángel Raúl Herrera Gutiérrez por ser mi sinodal, maestro y tutor, así como apoyarme en gran parte de mi carrera, por su paciencia, por acompañarme en el desarrollo de mi tesis, por sus consejos, enseñanzas, pero sobre todo por guiarme e inspirarme desde la primera clase que tuve con él.

Dr. Usama Ismael Yarbuh Lugo por asistir a mi salida de campo a pesar de que en ese momento no era parte de mi comité de sinodales y mostrar interés en mi tesis desde un inicio.

Dr. Miguel Ángel Santa Rosa Del Río por acompañarme a cada paso en el desarrollo de mi tesis desde la salida de campo hasta la interpretación de los datos, por ser parte de mi inspiración a seguir por el camino de los procesos costeros y geología, así como aceptar ser mi nuevo director de tesis.

# Tabla de contenido

RESUMEN.....	I
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	6
HIPÓTESIS .....	7
ANTECEDENTES.....	8
ÁREA DE ESTUDIO .....	10
OBJETIVOS .....	14
OBJETIVO GENERAL .....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
METODOLOGÍA.....	15
TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTO Y LEVANTAMIENTO DE PERFILES DE PLAYA .....	15
PROCESADO DE MUESTRAS .....	16
TRABAJO DE GABINETE .....	20
RESULTADOS.....	22
ANÁLISIS SEDIMENTARIO.....	22
ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO .....	28
ANÁLISIS DE INTERPOLACIÓN SEDIMENTARIA.....	32

PERFILES Y VOLUMEN DE PLAYA .....	49
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>

## Índice de Figuras

FIGURA 1.	PLAYA LA CHORERA, AL OESTE DE BAHÍA SAN QUINTÍN EN BAJA CALIFORNIA MÉXICO. ....	3
FIGURA 2.	PUNTOS DE MUESTREO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO EN PLAYA LA CHORERA, B.C. ....	10
FIGURA 3.	IMÁGENES TOMADAS EN LA BASE DE LAS DUNAS DE PLAYA LA CHORERA.....	12
FIGURA 4.	CANALES EN DUNAS DE PLAYA LA CHORERA.....	13
FIGURA 5.	ETIQUETADO DE MUESTRAS SEDIMENTARAS COLECTADAS.....	16
FIGURA 6.	INGRESO DE MUESTRAS SEDIMENTARIAS AL HORNO. ....	17
FIGURA 7.	ELIMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA CON PERÓXIDO DE HIDROGENO. ....	18
FIGURA 8.	TAMIZADO DE LAS MUESTRAS SEDIMENTARIAS. ....	19
FIGURA 9.	ESCALAS Y CLASIFICACIONES GRANULOMÉTRICAS. TOMADO DE GOSO-AGUILAR (2016). ....	21
FIGURA 10.	TAMAÑO PROMEDIO DE SEDIMENTO EN MUESTRAS DE PLAYA EN PLAYA LA CHORERA. .	25
FIGURA 11.	TAMAÑO PROMEDIO DE SEDIMENTO EN MUESTRAS DE DUNA EN PLAYA LA CHORERA. .	26
FIGURA 12.	TAMAÑO PROMEDIO DE SEDIMENTO EN MUESTRAS DE DUNA EN PLAYA LA CHORERA. .	27
FIGURA 13.	MEDIA VS DESVIACIÓN ESTÁNDAR. ....	28
FIGURA 14.	MEDIA VS ASIMETRÍA.....	29
FIGURA 15.	CURTOSIS VS ASIMETRÍA.....	30
FIGURA 16.	PROMEDIO DE TAMAÑO DE GRANO $\Phi$ DE SEDIMENTOS EN LA CHORERA. ....	32
FIGURA 17.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 0.0 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	34
FIGURA 18.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 0.5 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	35
FIGURA 19.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 1.0 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	36
FIGURA 20.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 1.5 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	38

FIGURA 21.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 2.0 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	39
FIGURA 22.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 2.5 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	41
FIGURA 23.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 3.0 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	42
FIGURA 24.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 3.5 $\Phi$ EN LAS MUESTRAS DE LA CHORERA. ....	43
FIGURA 25.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO TAMAÑO 4.0 $\Phi$ EN MUESTRAS DE PLAYA LA CHORERA....	45
FIGURA 26.	DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTO OBTENIDO EN EL PAN ( $\Phi > 4$ ) EN MUESTRAS DE LA CHORERA.	46
FIGURA 27.	PENDIENTE DE LA CHORERA EXPRESADA EN GRADOS. ....	47
FIGURA 28.	DIRECCIÓN DE CORRIENTE LITORAL EN LA CHORERA. ....	48
FIGURA 29.	PERFILES TOPOGRÁFICOS DE PLAYA LA CHORERA. ....	49

## Índice de Tablas

TABLA I. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS SEDIMENTARIAS POR MEDIO DE LOS PARÁMETROS TEXTURALES.....	22
TABLA II. VOLUMEN ENTRE PERFILES Y VOLUMEN TOTAL DE LA PLAYA.....	50

## **Introducción**

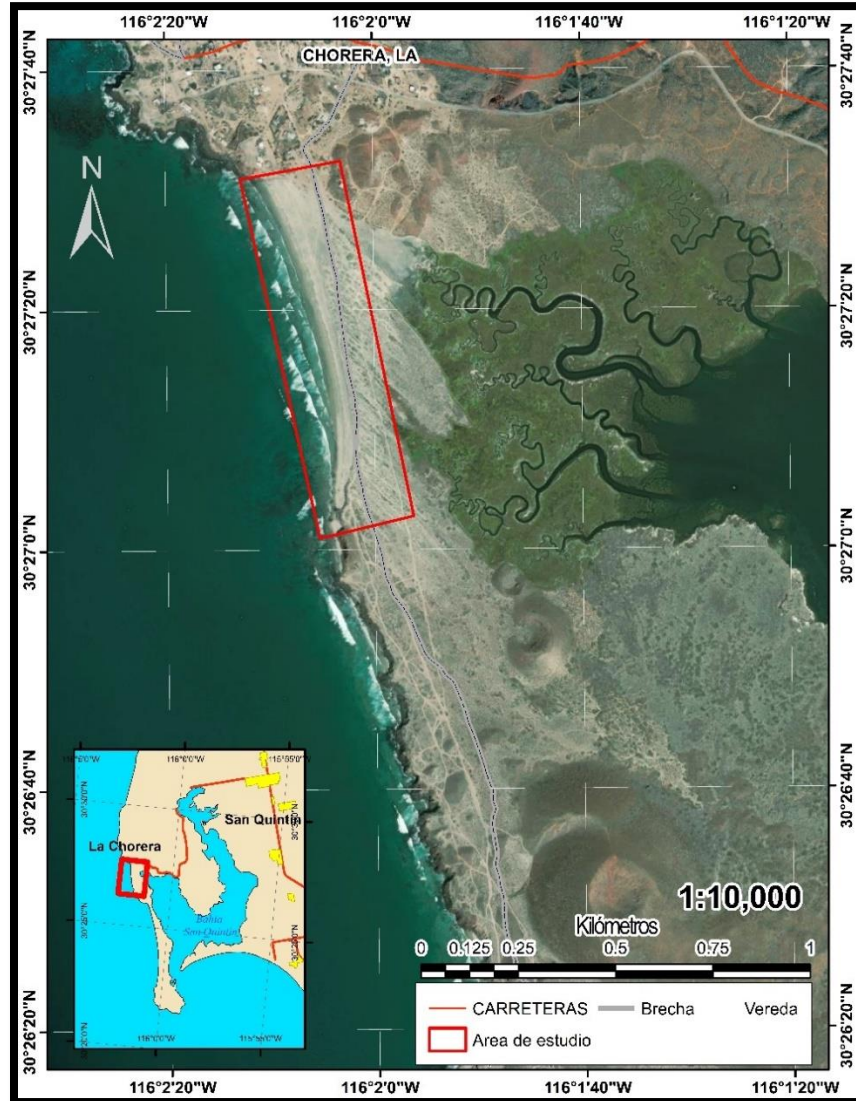
Una playa es una acumulación de sedimentos que se encuentra a lo largo del margen continental del océano o de un lago (Díaz-de-Terán-Mira, 2010). Estos se forman por sedimentos transportados por arrastre, en su mayoría forman playas arenosas, sin embargo, en zonas con alta energía de oleaje suelen estar formadas por materiales de grava o cantos rodados (Iriondo, 2007). Las playas y las dunas costeras son de los ambientes sedimentarios más diversos del mundo, gracias a que son extremadamente dinámicos (Rodríguez-Revelo et al., 2014). La dinámica formada por el oleaje genera que los sedimentos más superficiales estén en constante movimiento, lo que ocasiona fricción entre las partículas, para formar un elevado grado de redondez sedimentaria (Iriondo, 2007).

El gran dinamismo que poseen las playas puede generar distintos procesos sedimentarios. Un ejemplo de esto es la inversión sedimentaria, la cual se refiere al proceso en donde la sedimentación en la playa se invierte, es decir, los sedimentos que anteriormente habían sido erosionados son depositados de nuevo en la playa (Dean, 1991). Este proceso es importante para el mantenimiento de la costa, ya que la sedimentación ayuda a estabilizar la playa y protegerla de la erosión costera (Dean, 1991). Según Hanson y Kraus (1989), la inversión sedimentaria en una playa puede ser causada por varias razones, como cambios en la dirección del viento o la corriente, o la disminución en el tamaño de las olas. Además, la construcción de estructuras costeras como espigones o diques también puede afectar la inversión sedimentaria en una playa, ya que estas estructuras pueden interrumpir el movimiento natural de los sedimentos y alterar los procesos de sedimentación.

Analizar cada elemento de los procesos que conforman un ambiente sedimentario como son la geomorfología, la energía del ambiente, la naturaleza de los sedimentos y los

componentes biológicos, ayuda a determinar aquellos elementos de respuesta del ambiente tales como el tamaño del sedimento, las estructuras sedimentarias, la composición sedimentaria y distribución del sedimento (Pérez-Rojas y Márquez-García, 2017). La composición sedimentaria, los parámetros texturales (i.e., moda, media, mediana, desviación estándar, varianza, asimetría y curtosis), y las variaciones geoquímicas de una playa se encuentran sujetos a las dinámicas actuantes como los son el viento, el oleaje y la lluvia con los contornos presentes (costa y batimetría) y la disponibilidad de arena (Medina et al., 1995). En este contexto, la relación existente entre los procesos químicos, físicos y biológicos que permanecen durante el transporte y deposición de las partículas sedimentarias, desempeñan un papel importante en el tamaño y la composición del sedimento; propiedades que a su vez permiten la caracterización de los diferentes ambientes sedimentarios (e.g., dunas, playas, ríos, lagunas; Pérez-Rojas y Márquez-García, 2017).

La Bahía San Quintín (BSQ) es una de las lagunas más importantes que se pueden encontrar en el Océano Pacífico en Baja California (Figura 1). Esta región se caracteriza por su alta productividad biológica, gracias a la presencia de surgencias casi permanentes cerca de su boca (Rosales-Casián, 1996). La bahía ha sido históricamente importante por su explotación pesquera, en el año 1976 comenzaron los primeros cultivos de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) que se mantienen hasta la fecha (Álvarez-Borrego y Chee-Barragán, 1976).



**Figura 1.** Playa La Chorera, al oeste de Bahía San Quintín en Baja California México.

La BSQ comenzó su formación gracias a la actividad volcánica que generó el surgimiento de 12 volcanes que dieron forma a la bahía. Estos 12 volcanes actualmente se encuentran inactivos los cuales son, volcán Monte Mazo con edad aproximada de 165 mil años localizado en la Reserva Natural Punta Mazo, volcán Monte Kenton cuya edad varía entre 126 y 145 mil años, volcanes Callado Internacional y Monte San Quintín que forman el complejo Woodford con 84 y 135 mil años de edad respectivamente, volcán Riveroll con más de 126 mil años de edad, volcán Ceniza con una edad aproximada de 125 mil años

localizado en la reserva natural Monte Ceniza, , volcán Monte Basu con 113 mil años de edad, volcán Media Luna con edad aproximada de 106 mil años, Isla San Martín con edad aproximada de 31 mil años, volcán Pescador y volcán Sudoeste que forman el Complejo Sudoeste con una edad aproximada de 27 mil años, finalmente volcán Pinacho Vizcaíno con 22 mil años de edad. En la parte más delgada de la barra formada por los volcanes Pinacho Vizcaíno y el Complejo Sudoeste, se encuentra playa La Chorera (Figura 1). La presencia de la playa mixta (i.e., combina tanto arena como grava o cantos rodados en su composición sedimentaria) brinda protección a esta barra durante eventos extremos de oleaje, gracias a ello se evita que dicha barra se rompa y penetre el agua a la marisma que se encuentra atrás de ella, lo que impactaría los servicios ecosistémicos que esta proporciona tales como: (1) proveer un área de anidación y descanso para diversas aves migratorias, (2) albergar animales endémicos como la lagartija sin patas (Terra Peninsular, 2020) y (3) pérdida de vegetación característica de dunas costeras tales como *Helianthus niveus* y *Abronia marítima* (Rodríguez, 2019).

Entre los volcanes Pinacho Vizcaíno y el Complejo Sudoeste, se encuentra la formación de un tómbolo, el cual es una estructura geológica formada por la acumulación de sedimentos que conecta un islote al continente o a otra isla cercana. Estos se forman cuando los sedimentos se depositan y se acumulan en una zona de la costa donde el transporte de sedimentos está restringido por la presencia de un obstáculo, como un arrecife o una isla. Con el tiempo, los sedimentos se acumulan, se elevan sobre la superficie del mar y se crea un istmo de tierra que conecta el obstáculo con la costa (Hutton et al., 2016). Los tómbolos son importantes en la geología costera ya que pueden afectar los procesos de sedimentación y la distribución de las corrientes de marea. Estas estructuras geológicas pueden proteger las

áreas costeras detrás de ellos de la erosión, ya que la estructura del tómbolo puede disminuir la energía de las olas y reducir la velocidad del agua (Black y Connon, 2001). Además, los tómbolos pueden ser importantes para la formación y conservación de hábitats costeros, ya que proporcionan un lugar para la anidación de aves marinas y otras especies costeras (Black y Connon, 2001).

## Justificación

Hasta el momento es poco el conocimiento y estudios sobre la dinámica costera en la PLC, entre los cuales resaltan los trabajos realizados por Revelo et al. (2014), quienes llevaron a cabo un estudio sobre la proveniencia de las arenas del campo de dunas que se encuentra atrás de la playa así como el trabajo realizado por Juárez y colaboradores en 2014 quienes realizaron un estudio numérico para definir las condiciones hidrodinámicas bajo las cuales se esperaría un rompimiento de la barra arenosa en la PLC. Esta playa es la parte topográficamente más baja y delgada de la barra arenosa que une los volcanes Pinacho Vizcaino y Complejo Sudoeste. En dicha playa se ha documentado en diversas ocasiones el rebase del Océano Pacífico sobre el cordón dunar durante la pleamar en eventos de tormenta, lo cual permite la intrusión de las aguas del Océano Pacífico hacia Bahía Falsa. En este sentido, se considera necesario obtener información sedimentológica básica que permita contribuir al conocimiento sobre la dinámica sedimentaria en la PLC, dada la importancia que reviste la región tales como: zona de descanso y anidación para aves migratorias, lugar endémico de la lagartija sin patas, área arqueológica, además de presentar vegetación característica de dunas costeras como *verbena marítima*. En el presente estudio se describe y analiza la textura del sedimento de esta playa para establecer posibles relaciones entre los parámetros texturales con la energía del oleaje y dirección de transporte litoral. La información generada servirá para evaluar la posible existencia de procesos erosivos que representen un peligro para el rompimiento de la barra.

## **Hipótesis**

Playa La Chorera, al estar delimitada por dos salientes rocosas, presenta una dinámica sedimentaria poco variante y característica para condiciones de verano e invierno, sin embargo, en condiciones de tormentas extremas, se incrementan los niveles de energía en la parte alta de la playa lo que puede contribuir a la posibilidad de rebase de la barra arenosa lo que afectaría negativamente a la zona de marisma que se encuentra detrás de ella. Con base en lo anterior, se espera observar zonas con inversión sedimentaria producto del oleaje y los ciclos de marea. De igual forma dado que la formación de la BSQ presenta un pasado geológico asociado al surgimiento de campos volcánicos monogenéticos los cuales propiciaron la sedimentación en las periferias de los mismos en dirección norte-sur, se espera que en la zona de La Chorera prevalezcan dichas condiciones de transporte sedimentario.

## **Antecedentes**

Durante el Pleistoceno medio (< 180 mil años), la costa de BSQ tenía una configuración distinta a la actual. Esta costa se caracterizaba por la presencia de una línea de costa con playas arenosas y dunas, en donde la costa era muy dinámica con gran transporte de sedimentos en dirección norte-sur (Miros-Gómez, 2017). Durante el Pleistoceno Medio-Tardío (hace 180 mil años), surgieron al menos 12 volcanes como islas subacuáticas cercanas a la costa debido a la presencia de volcanismo intraplaca (i.e., actividad volcánica que ocurre en el interior de las placas tectónicas de la corteza terrestre, alejado de los límites de las placas, en este caso en la placa del Pacífico). Dichos volcanes cambiaron las corrientes litorales las cuales acompañadas del transporte sedimentario generó la acumulación de sedimento alrededor de las nuevas islas hasta que estas se unieron con el continente (Miros-Gómez, 2017). Otra hipótesis sugiere que la sedimentación continental para formar la BSQ pudo haberse generado a partir de cambios de nivel del mar durante el Pleistoceno y Holoceno. La actividad volcánica continuó hasta el Holoceno, momento en el cual la BSQ adquiere una forma muy similar a la actual con la formación de un tómbolo entre el volcán Monte Mazo y el Complejo Sudoeste, de igual manera se formó una flecha de arena desde el borde costero en dirección hacia el tómbolo formado, la cual a su vez creó una boca (apertura) hacia la BSQ, en donde se dio la formación de una laguna costera con marismas en su interior (Miros-Gómez, 2017), ahora conocida como Bahía Falsa.

Como ya se mencionó, el pasado geológico en la formación de BSQ hizo que este valle volcánico fuera una zona rica en material pétreo, por ello en el año 2008 cuando se dio una caída en el mercado estadounidense de arena generó un paro en la explotación y exportación de dicho recurso, empresarios que se dedicaban a estas actividades se fijaron en

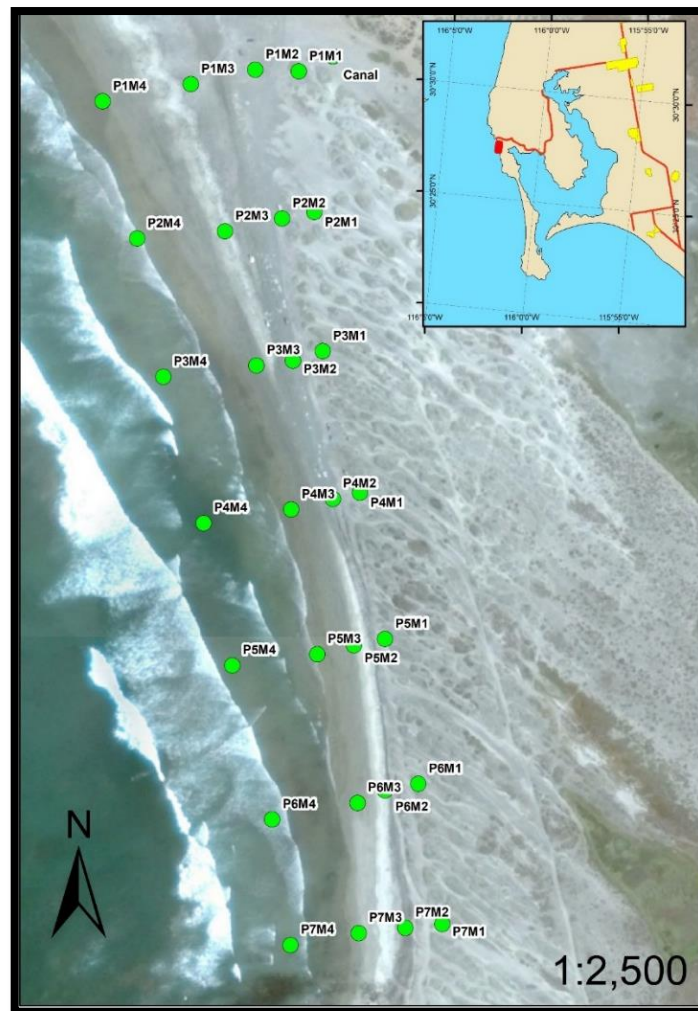
los recursos pétreos de la zona, de esta manera se dio lugar a la explotación de rocas volcánicas como la actividad minera no metálica más lucrativas de Baja California (Cruz-Aguirre, 2012).

Algunos de los recursos pétreos que son explotados en BSQ son la piedra laja (explotada en los ejidos Chapala, ampliación El Papalote y en las áreas aledañas a los mismos), la piedra de construcción (extraída en los ejidos Chapala y El Papalote), salinas (estas se encuentran en el ejido Chapala), la grava (en ejido Gabino Vázquez, Arroyo Santo Domingo, y colonia Vicente Guerrero), la arena (obtenida del ejido Gabino Vázquez y el Arroyo Nueva York), piedra bola (explotada de La Chorera al ejido Leandro Valle; Cruz-Aguirre, 2012).

En el año 2008 el humedal de BSQ recibió el nombramiento de sitio Ramsar en la categoría: humedal de importancia internacional #1775 (Terra Peninsular, 2022), esto gracias a que era la única laguna costera occidental sin sufrir alteraciones en su ecosistema (Cruz-Aguirre, 2012), mismo año en el que se dio la caída de arena en estados unidos y comenzó la explotación de productos pétreos en la bahía.

## Área de Estudio

El área de estudio que comprende este trabajo es la zona conocida localmente como playa La Chorera, la cual pertenece al municipio de San Quintín, Baja California (Figura 1). Dentro del área de estudio se realizaron siete transectos a lo largo de playa La Chorera con cuatro puntos para cada transecto (Figura 2).



**Figura 2.** Puntos de muestreo dentro del área de estudio en Playa La Chorera, B.C.

La BSQ es una de las lagunas más importantes que se pueden encontrar en el Océano Pacífico en Baja California. Dicha bahía fue clasificada como sitio RAMSAR en la categoría:

humedal de importancia internacional #1775 (Terra Peninsular, 2022). El sistema lagunar de San Quintín se comunica con el Océano Pacífico por una boca de alrededor de 1000 m de apertura y una profundidad de dos a siete metros (Rosales, 2004). Esta se divide en dos secciones, las cuales son Bahía Falsa y Bahía San Quintín (parte este del sistema lagunar). En la barra arenosa que da forma a BF y separa las aguas del Océano Pacífico de BSQ, se puede encontrar la Reserva Natural Punta Manzo, playa La Chorera perteneciente a dicha reserva natural la cual cuenta con una superficie de 830 ha, esta se encuentra certificada como un área destinada voluntariamente a la conservación desde el 20 de octubre del 2014, dicha reserva forma parte de una península de ocho kilómetros de largo y es el hábitat de diversos animales tales como: víbora de cascabel, lagartija sin patas, liebres, conejos, ardillas y coyotes (Terra Peninsular, 2022). PLC se localiza en la parte más delgada de la barra arenosa que une a los volcanes Pinacho Vizcaíno y Complejo Sudoeste. El primero con una edad aproximada de 22 mil años, 80 m de altura, un cráter con un diámetro de 40 m y una superficie de 1.97 km<sup>2</sup>. Por su parte el Complejo Sudoeste está compuesto por la formación de dos volcanes: volcán Pescador y volcán Sudoeste ambos dentro de la Reserva Natural. Este complejo cuenta con una edad aproximada de 27 mil años, una altura máxima de 100 m, un cráter de 340 m de diámetro y una superficie de 3.32 km<sup>2</sup> (Terra Peninsular, 2020).

Las dunas de PLC se encuentran vegetadas en gran parte de las mismas, no obstante, en la siguiente Figura se observaron raíces expuestas de dicha vegetación desde la base de la duna hasta la cresta de la misma, de igual forma se cuenta con la presencia de *ripples* u ondulitas en la base de la duna lo cual es prueba de la incidencia del viento a dichas dunas y es evidencia de la presencia de erosión por viento (Figura 3).



**Figura 3.** Imágenes tomadas en la base de las dunas de playa La Chorera.

Además de raíces expuestas y *ripples* es posible observar la presencia de canales en las dunas tanto en la base de estas como en la parte alta de las misma. Los canales observados en la siguiente imagen en la parte superior de la duna son angostos y presentan pendientes pronunciadas en sus costados, dichas características concuerdan con la típica forma que adquieren estos canales cuando se presenta erosión por viento. En la parte central inferior de la imagen se observa de igual forma la presencia de un canal mucho más ancho a los canales superiores, es posible que incluso dicho canal haya llegado a cortar el primer cordón de dunas, de igual forma este canal presenta pendientes menos pronunciadas, lo cual es evidencia de un canal con características erosivas por agua (Figura 4).



**Figura 4.** Canales en dunas de playa La Chorera.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Realizar una caracterización sedimentaria del ambiente de depósito en playa La Chorera, B.C. con el fin de inferir patrones de transporte litoral a partir de la toma y análisis de muestras de sedimentos.

### **Objetivos específicos**

- Identificar la dirección de la corriente litoral a nivel local para conocer mejor la dinámica costera en playa La Chorera por medio del análisis del tamaño promedio de muestras sedimentarias de playa y rompiente.
- Distinguir zonas de erosión de dunas en la playa, para identificar sectores que a futuro pueden presentar mayor pérdida de sedimentos.

## Metodología

### Toma de muestras de sedimento y levantamiento de perfiles de playa

Se realizó una salida de campo a PLC en Baja California en el mes de junio de 2022, con el propósito de identificar la zona a estudiar para definir la longitud, espaciamiento más adecuado para la obtención de muestras sedimentarias y la realización de perfiles topográficos, con el fin de tener la mejor distribución de la playa. Asimismo, se definió la densidad de muestreo con el fin de cubrir la mayor área de la playa posible.

Se realizó la toma de muestras para las cuales se empleó la técnica de transectos y cuadrantes en la cual se definen distintas líneas paralelas entre ellas en dirección dunas/rompiente, se tomaron cuatro muestras por transecto (para este caso en específico). Se comenzó el muestreo en la boca del humedal (zona norte de la playa) con una separación entre transectos de 100 m (Figura 2) marcado con un GPS GARMIN 64s en dirección norte-sur. Se realizó un total de siete transectos indicados por marcadores físicos en el terreno para distinguir donde se tenía que realizar cada transecto, en estos se tomaron cuatro muestras sedimentarias por cada uno de los mismos en las secciones de duna, berma, playa y rompiente. Se recolectó un aproximado de 300 g por muestra y se guardó en bolsas Ziploc® etiquetadas de acuerdo con el número de transecto y zona en la que fue recolectada la muestra (Figura 5). A cada muestrea se le colocó una leyenda consecutiva desde P1 hasta P7 donde P indicaba el perfil el cual podría ser desde P1 (perfil 1) a P7 (perfil 7) y las zonas estaban indicadas por la letra M que iba de M1 a M4 (M1= duna, M2= berma, M3= Playa y M4= rompiente). De igual forma se tomaron dos muestras más de sedimento en la zona del humedal y el canal del mismo presente en la playa con la misma metodología. Los perfiles topográficos se realizaron el cinco de junio del 2022 a las 8:45 am, momento en donde la

marea se encontraba en su punto más bajo. Se realizaron siete perfiles para los cuales se utilizó el método descrito por Royce (1970). Estos contaban con una separación de 100 m entre cada uno. Se utilizaron marcadores físicos como guía para los perfiles dejados el día anterior. Dichos perfiles se hicieron con un estadal y un nivel topográfico TOPCON 775327. Todos los datos fueron anotados en una bitácora.



**Figura 5.** Etiquetado de muestras sedimentaras colectadas.

### **Procesado de muestras**

Las muestras colectadas en el campo fueron analizadas en el laboratorio de geología de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC. Las muestras se pesaron en una balanza, posteriormente se colocaron en vasos de precipitado de 500 ml previamente lavados y pesados en seco, una vez hecho esto se precedió a secar todas las muestras en su totalidad en un horno marca VWR a 70 °C durante 24 horas (Figura 6), posteriormente se enfriaron a temperatura ambiente. Una vez transcurrido este tiempo se quitaron restos de basura que

podiera tener el sedimento y se pesaron las muestras. Todos los pesos de las muestras fueron anotados en una base de datos como peso seco.



**Figura 6.** Ingreso de muestras sedimentarias al horno.

Posteriormente se procesaron las muestras de sedimento de acuerdo con la técnica de Royce (1970) que consiste en un pretratamiento para eliminar sales solubles por medio de lavados con agua destilada y la eliminación de materia orgánica con peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) a una concentración del 5 % (Figura 7).



**Figura 7.** Eliminación de materia orgánica con peróxido de hidrogeno.

Posteriormente las muestras fueron enjuagadas tres veces con agua potable para eliminar los residuos de peróxido de hidrogeno del sedimento. Después de cada enjuague el agua fue retirada de la muestra por medio de sifoneos con una manguera de nivel de 3/8. Ya enjuagadas las muestras, estas se secaron en un horno a 70 °C durante 24 horas. Una vez transcurrido dicho tiempo las muestras se dejaron enfriar nuevamente por una hora y se tamizaron en una columna de tamices marca VWR con un intervalo de 0.5  $\Phi$  desde 0 hasta 4  $\Phi$  para así obtener los pesos de sedimento en las diferentes fracciones de tamaño (Figura 8). A partir de esta información se procedió a aplicar el método de momentos para así se obtener los parámetros texturales como media, mediana, asimetría, curtosis y desviación estándar.



**Figura 8.** Tamizado de las muestras sedimentarias.

## Trabajo de gabinete

Se realizaron un total de 14 mapas con la implementación de sistemas de información geográfica. Para la creación de todos los mapas se utilizó una imagen satelital en donde se le agregaron capas de información adicional tales como: carreteras y caminos, así como la información recolectada en campo y obtenida del análisis de muestras, de igual forma con la ayuda de un mapa base se realizó el mapa de macro localización del área de estudio, para la mejor interpretación de los datos se utilizaron interpolaciones por distintos métodos tales como: *Natural Neighbor*, *Spline* y *Kriging*, finalmente se procedió a agregar las simbología, retícula, escala y demás elementos que conforman un mapa.

Los pesos obtenidos para cada muestra de sedimento en las distintas fracciones del tamiz se pasaron la hoja de cálculo GRADISTATv8 para así obtener los parámetros texturales (media, mediana, asimetría, curtosis y desviación estándar), diagrama ternario, histograma de frecuencias, curva de frecuencias y curva de pesos en porcentaje acumulativo. Para la medida del tamaño de sedimento y su relación entre tamaños phi y milímetros, así como identificar a qué tipo de sedimento se refiere cada tamaño (arena gruesa, arena fina) se utilizó la tabla de la Figura 9.

		mm	$\phi$	
		↑	↑	
PSEFITAS	Aglomerado	— 1024 —	-10	
		— 512 —	-9	
	—————		-8	
	Grava	Gruesa —	128 —	-7
		—————	64 —	-6
		Mediana —	32 —	-5
	—————		16 —	-4
—————		8 —	-3	
—————		4 —	-2	
PSAMITAS	Sábulo	—————	2 —	
		—————	1 —	
	Arena	Muy Gruesa	1 —	0
		—————	0,5 —	1
		Mediana	0,25 —	2
		—————	0,125 —	3
		Fina	0,062 —	4
—————		0,031 —	5	
PELITAS	Limo	—————	0,015 —	
		—————	0,0078 —	
		—————	0,0039 —	
	Arcilla	—————	0,0020 —	
		—————	—————	

post.geoxnet.com

**Figura 9.** Escalas y clasificaciones granulométricas. Tomado de Goso-Aguilar (2016).

Los datos de los perfiles topográficos fueron procesados según lo indicado por Montes de Oca (2015), en este caso en específico no fue necesario hacer ningún ajuste por marea ya que al momento de realizar los perfiles la marea estaba en el valor de 0 indicado por la tabla de mareas. Con los datos procesados se realizó una gráfica con los distintos perfiles de playa y se calculó el volumen de la misma con el programa de Excel hoja de cálculo de volúmenes entre perfiles.

## Resultados

### Análisis sedimentario

A continuación, se presenta un análisis detallado de los resultados obtenidos para los parámetros texturales (moda, media, desviación estándar, varianza, asimetría y curtosis) para cada muestra analizada (Tabla I).

**Tabla I. Análisis de las muestras sedimentarias por medio de los parámetros texturales.**

Muestra	Primer Momento		Segundo Momento		Tercer Momento	Cuarto Momento
	Moda	Media	Desviación Estándar ( $\sigma$ )	Varianza ( $\sigma^2$ )	Asimetría (Sk)	Curtosis (KG)
P1M1	2.237	2.591	0.471	0.221841	0.265	3.204
P1M2	2.737	2.787	0.512	0.262144	2.171	18.87
P1M3	2.737	2.731	0.411	0.168921	2.443	26.64
P1M4	2.737	2.704	0.476	0.226576	1.919	19.17
P2M1	2.737	2.856	0.503	0.253009	2.591	22.26
P2M2	2.737	2.915	0.538	0.289444	1.954	15.98
P2M3	2.737	2.681	0.419	0.175561	2.327	25.1
P2M4	2.237	2.503	0.438	0.191844	1.836	18.98
P3M1	2.737	2.805	0.499	0.249001	2.392	20.52
P3M2	2.737	2.807	0.495	0.245025	1.844	15.65
P3M3	2.737	2.636	0.394	0.155236	1.745	18.68

<b>P3M4</b>	2.237	2.58	0.476	0.226576	1.908	18.09
<b>P4M1</b>	2.737	2.757	0.473	0.223729	2.236	20.03
<b>P4M2</b>	2.737	2.988	0.549	0.301401	1.755	14.1
<b>P4M3</b>	2.737	2.64	0.417	0.173889	2.241	22.49
<b>P4M4</b>	2.237	2.499	0.477	0.227529	1.68	16.96
<b>P5M1</b>	2.737	2.646	0.444	0.197136	3.021	28.59
<b>P5M2</b>	2.737	2.72	0.493	0.243049	1.764	14.77
<b>P5M3</b>	2.737	2.608	0.424	0.179776	2.127	21.42
<b>P5M4</b>	2.737	2.635	0.469	0.219961	1.994	19.54
<b>P6M1</b>	2.237	2.657	0.537	0.288369	1.675	15.43
<b>P6M2</b>	2.737	2.757	0.458	0.209764	1.845	16.47
<b>P6M3</b>	2.237	2.506	0.425	0.180625	1.445	14.61
<b>P6M4</b>	2.237	2.535	0.52	0.2704	2.672	18.12
<b>P7M1</b>	2.237	2.59	0.437	0.190969	1.722	17.15
<b>P7M2</b>	2.737	2.625	0.413	0.170569	1.554	15.05
<b>P7M3</b>	2.237	2.462	0.448	0.200704	1.37	15.21
<b>P7M4</b>	2.237	2.514	0.447	0.199809	1.617	18.93
<b>Canal</b>	2.237	2.504	0.6	0.36	0.981	10.92
<b>Humedal</b>	2.237	2.556	0.507	0.257049	1.424	11.84

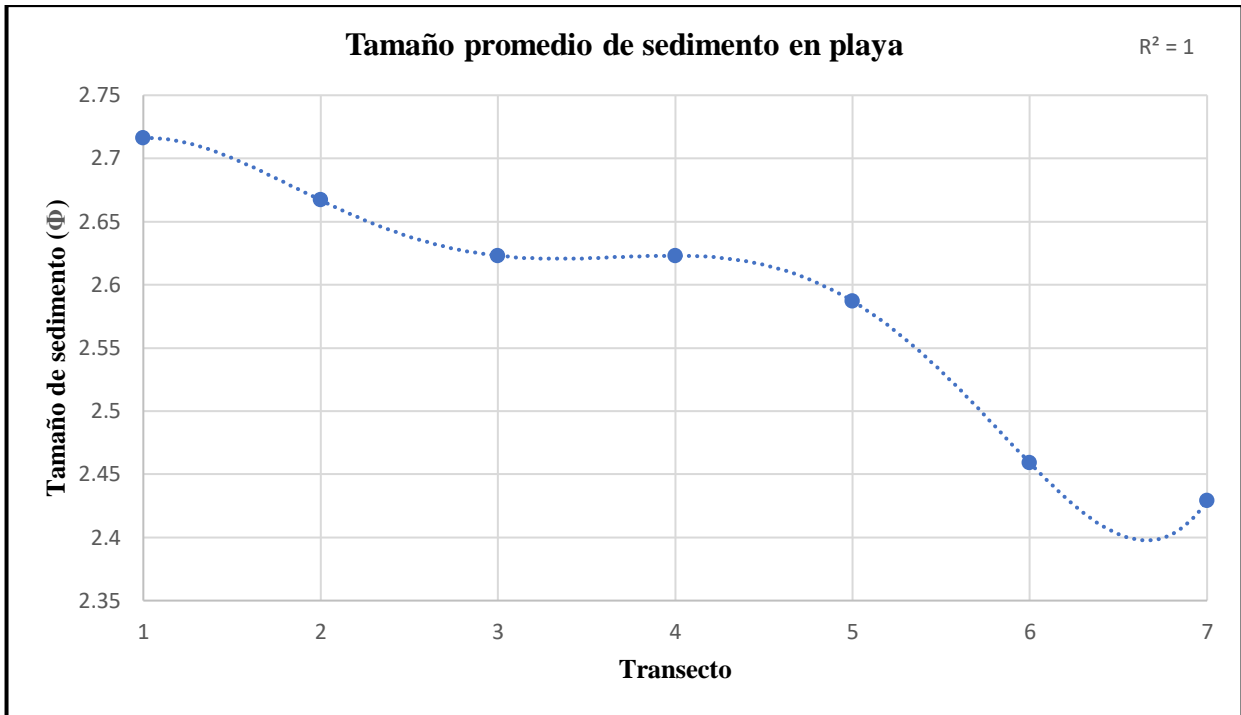
Como se observa en la Tabla I, de un total de 30 muestras analizadas, 12 de ellas presentaron una moda de 2.237  $\phi$ , mientras que las 18 muestras restantes tuvieron una moda de 2.737 $\phi$  correspondientes también a arena fina. Las medias del tamaño de sedimento fueron

muy variables, estas varían desde el valor máximo de 2.988  $\phi$  situándose en la frontera entre arenas finas y muy finas correspondiente a la muestra P4M2, esta fue una muestra tomada en la berma, mientras que el valor mínimo fue de 2.462  $\phi$  correspondiente a la muestra P7M3 correspondiente a la zona de playa.

Para el caso de la desviación estándar, del total de muestras 22 presentaron un valor de 0.35-0.50 lo que sugiere que estas muestras se encontraban bien sorteadas (i.e., en el sentido que el sedimento está compuesto en su mayoría por un mismo tamaño de grano), sin embargo, las muestras P1M1, P1M2, P2M1, P2M2, P4M2, P6M4, Canal y Humedal se encontraban moderadamente bien sorteadas ya que presentaron valores de desviación estándar en el rango 0.50-0.70. Por otro lado, para la asimetría todas las muestras analizadas con excepción de la muestra P1M1 se localizaron en el rango de valores 0.981-3.021 estos valores indicaron una asimetría muy fina (asimetría positiva) es decir, presenta tendencia hacia los sedimentos finos, la muestra P1M1 presentó un valor de 0.265 correspondiente a una asimetría fina.

Los valores de curtosis fueron muy altos para todas las muestras por lo tanto todas estas presentaron un comportamiento extremadamente leptocúrtico lo cual indicó un gran sorteamiento en la parte central de la curva de frecuencias.

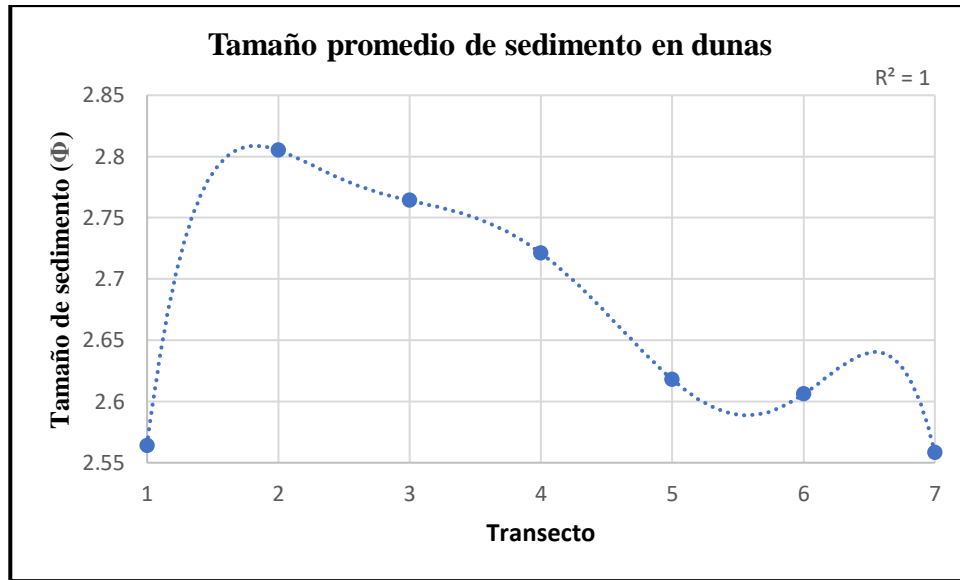
Las muestras de playa mostraron una tendencia característica de transporte sedimentario donde los valores de tamaño de grano aumentan conforme se avanza en los transectos (Figura 10).



**Figura 10.** Tamaño promedio de sedimento en muestras de playa en playa La Chorera.

Después de realizar el análisis granulométrico, se encontró que el sedimento tuvo un incremento en el tamaño de grano en dirección norte-sur de la playa lo cual es un claro indicativo de transporte sedimentario por la corriente litoral. Dado que el grano de sedimento más grueso se localiza en el transecto siete y por el contrario el tamaño de sedimento más fino se encuentra en el transecto uno se trata de un transporte sedimentario a nivel local en dirección sur-norte (del transecto siete al transecto 1).

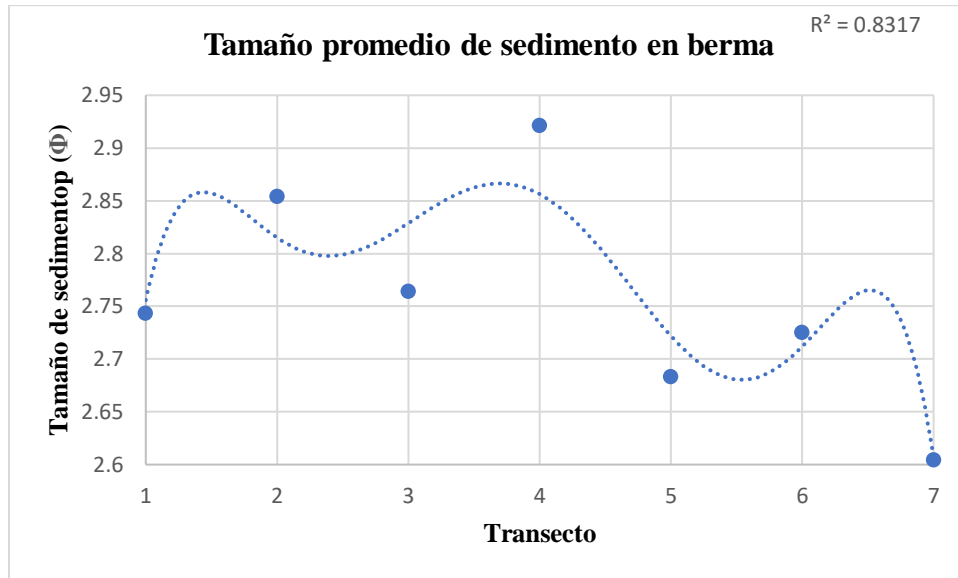
Las muestras de duna presentaron un comportamiento fluctuante en la media de tamaño de grano en donde se pueden reconocer dos principales puntos de sedimento notablemente más grueso que el resto de muestras, estos se presentaron en los transectos uno (perfil más cercano al canal del humedal) y siete. Por el contrario, la zona con sedimento más fino se presentó en el transecto dos (Figura 11).



**Figura 11.** Tamaño promedio de sedimento en muestras de duna en Playa La Chorera.

La muestra de duna del transecto uno presento un claro incremento en el tamaño de sedimento con respecto a la muestra del transecto dos, esto se puede deber a que el transecto es la zona topograficamente mas baja de playa La Chorera y el agua tiene un mayor ingreso hacia las dunas. En el caso de los transectos cinco, seis y siete son zonas de posible erosión.

Las muestras de berma presentaron un comportamiento fluctuante en la media de tamaño de grano en donde se pueden reconocer dos principales puntos de sedimento notablemente más grueso que el resto de muestras, estos se presentaron en los transectos cinco y siete. Por el contrario, la zona con sedimento más fino se presentó en el transecto cuatro (Figura 12).

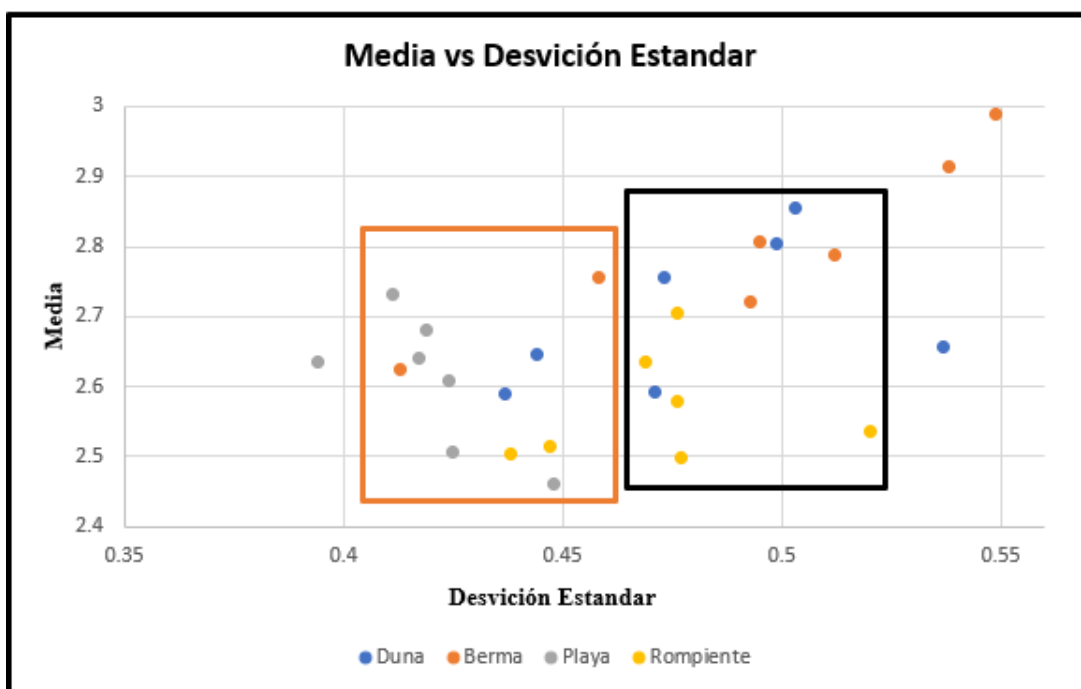


**Figura 12.** Tamaño promedio de sedimento en muestras de duna en Playa La Chorera.

Las muestras de los perfiles cinco y siete presentaron un tamaño de sedimento mas grueso que el resto de transectos para la zona de berma, esto posiblemente a que se tratan de zonas de erosión presentes en playa La Chorera, de igual manera el transecto uno presentó un incremento en el tamaño de grano con respecto al transecto dos gracias a que el primer transecto es la zona topográficamente más baja de playa La Chorera y el agua tiene un mayor ingreso hacia la duna y berma en dicha zona. Caso contrario el transecto cuatro presentó la muestra con sedimento más fino.

## Análisis de agrupamiento

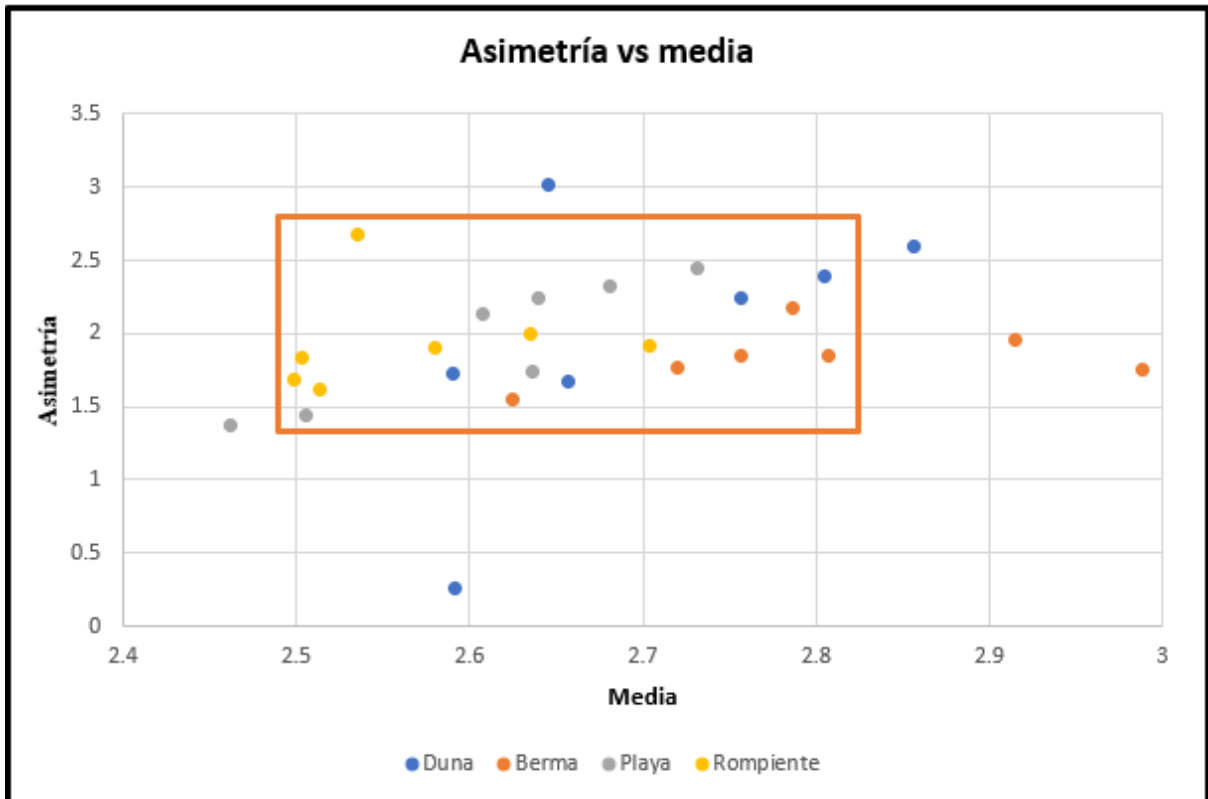
Se lograron identificar dos agrupaciones principales en la distribución de puntos, el primer grupo en color naranja que se localiza en el eje “Y” entre los valores de 2.5-2.75 y en el eje “X” en el intervalo 0.39-0.45, por otra parte el segundo grupo identificado con el rectángulo negro es un grupo con rangos más amplios, con valores de media que van de 2.5-2.85 y de desviación estándar de 0.46-0.57 aproximadamente, de igual forma se presentaron 4 puntos que no pertenecían a ningún grupo de dispersión, de los cuales: uno es de duna, dos de berma y uno de playa (Figura 13).



**Figura 13.** Media vs desviación estándar.

El grupo naranja pertenece a un ambiente de Playa médano fluvial, mientras que el segundo grupo de datos (color negro) posee datos tanto de un ambiente de playa médano fluvial como de médano fluvial, esto debido a que se encuentra en la intercepción de ambos ambientes.

Solo fue posible identificar un grupo en el conjunto de datos de la gráfica de dispersión, este grupo presentó rangos amplios los cuales iban de 2.46-2.85 en la media y de 1.37-2.59 en los valores de las asimetrías, se identificaron 6 datos que no formaban ni pertenecían a ningún grupo, de los cuales: tres fueron de duna, dos de berma y uno de rompiente (Figura 14).

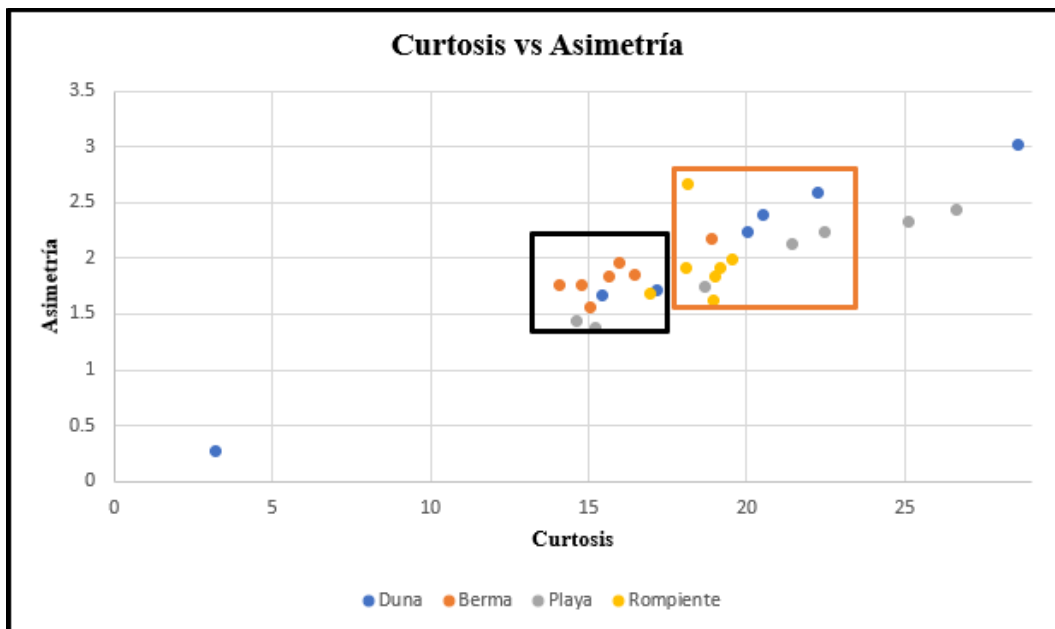


**Figura 14.** Media vs asimetría.

El grupo que se logró identificar contenía muestras sedimentarias de todas las secciones (duna, berma, playa y rompiente) todos ellos con asimetría positiva. Se notó una diferencia en los tamaños de grano para las distintas facies ya que los sedimentos de playa son los que predominaron los valores de media correspondientes a tamaño de grano más grueso, mientras que los sedimentos de berma dominaron mayormente el tamaño de grano más pequeño.

En el eje “Y” correspondiente a la asimetría los sedimentos de duna y playa presentaron valores más altos en términos generales, caso contrario a los sedimentos de berma y rompiente que si bien de igual forma mostraron asimetría positiva estos presentan valores más pequeños.

En la gráfica de curtosis vs asimetría identificaron dos grupos de datos, el primero remarcado en color naranja cuyos rangos de curtosis fueron de 18.09 a 22.49 mientras que en el eje “Y” de asimetría los rangos fueron de 1.61 a 2.67. Para el segundo grupo identificado en color negro se presentó en los rangos 14.1 a 16.96 y 1.37 a 1.95 para los valores de curtosis y asimetría respectivamente, se lograron identificar cuatro valores que no pertenecían o formaban un grupo de datos ya que 3 de estas muestras presentaron un mejor sorteamiento de tamaño de grano en la porción central de una gráfica de frecuencias, por su parte la muestra restante no formo parte de un grupo ya que sus valores de asimetría fueron menores, lo que indica menor afinidad a los sedimentos finos (Figura 15).

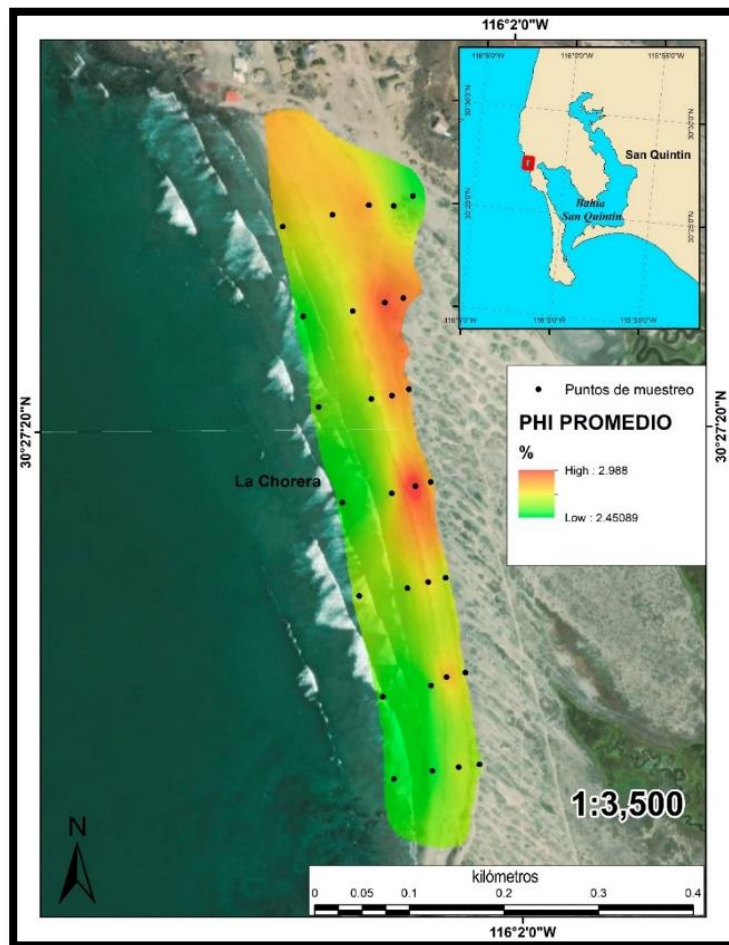


**Figura 15.** Curtosis vs Asimetría.

El grupo identificado con color naranja presentó dominancia por las muestras sedimentarias correspondientes a la zona de rompiente, en cambio el segundo grupo marcado en color negro fue dominado por los sedimentos de berma. Ambas facies presentaron valores muy similares de asimetría, la mayor diferencia entre ambas facies se dio en la curtosis con un máximo de 16.47 para los datos de berma dentro del grupo dos y 19.54 para la rompiente del grupo uno.

### Análisis de interpolación sedimentaria.

Se observó una interpolación del tamaño de grano promedio para cada una de las muestras analizadas, donde las tonalidades rojas indican el tamaño de grano más grueso ( $2.988\Phi$ ) y el color verde representa sedimento más fino ( $2.45\Phi$ ), por su parte los colores amarillo y naranja se encuentran en un punto medio entre ambas medidas de grano Figura 16).



**Figura 16.** Promedio de tamaño de grano  $\Phi$  de sedimentos en La Chorera.

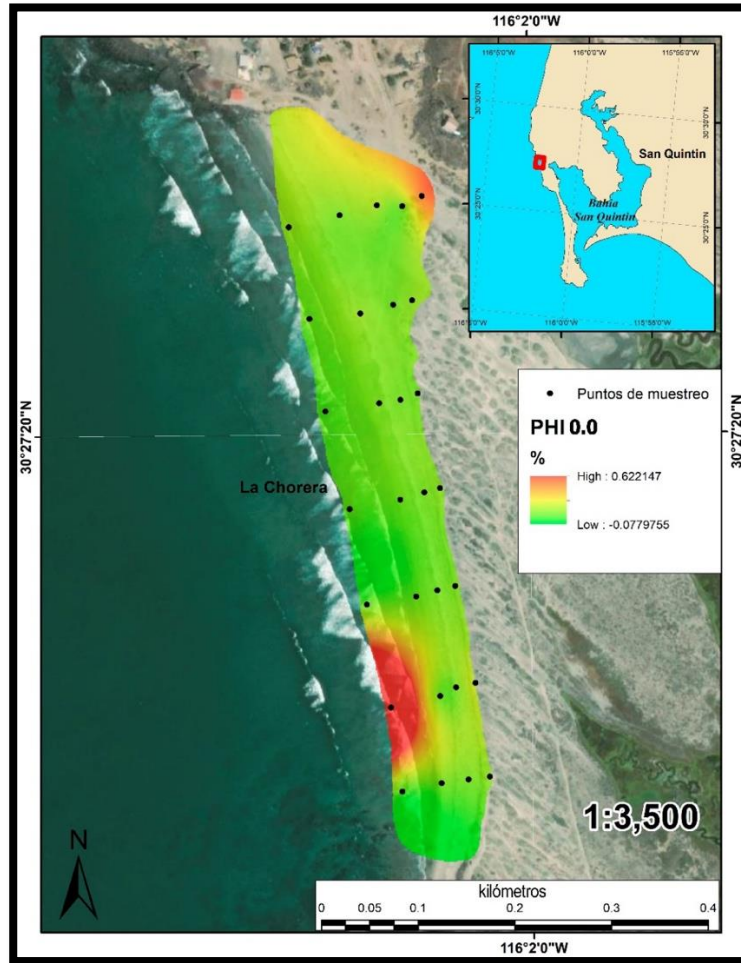
Los transectos dos, tres y cuatro presentaron un aumento en el tamaño de grano respecto a los demás, remarcado en el mapa en tonalidades rojas, sobre todo en la facies de la

berma y duna, por su parte los transectos cinco, seis y siete representaron una disminución en el tamaño del sedimento, esto expresado con colores amarillos y verdes. En el primer perfil se observó una tonalidad naranja dicho color está en un punto medio de tamaño de grano entre los perfiles con tonalidades rojas y verdes.

Cabe resaltar que el tamaño de grano más fino se localizó de forma general en la facies de la rompiente, por el contrario, el tamaño de sedimento más grande se localizó en las zonas de la berma y la duna este comportamiento es evidencia de una posible inversión sedimentaria dada por el ingreso del agua del pacifico hacia las dunas, lo que genera un intercambio sedimentario entre las distintas secciones de la playa.

Se presentó la distribución del tamaño de grano  $0.0 \Phi$  que se encontró en PLC (Figura 17). Ahora bien, en términos estadísticos la playa presentó homogeneidad en la distribución de este tamaño de grano, ya que esta no presenta diferencias mayores a 0.62 % entre el valor más grande y el más chico sin embargo, las muestras que presentaron mayor porcentaje de sedimento grueso fueron las facies de rompiente del transecto seis y la muestra en canal del humedal para el transecto uno, lo cual se puede apreciar en la misma Figura con el gradiente de color donde el rojo indica el mayor porcentaje encontrado (0.62%) y el color verde el menor porcentaje (0.07%).

Si bien se observaron las dos zonas anteriormente mencionadas, la playa presentó muy poco sedimento de tamaño  $0.0 \Phi$  ya que los mayores valores no alcanzan el 1% para cada muestra analizada, por lo cual estas zonas presentaron porcentajes muy pequeño respecto al total de sedimento analizado para cada muestra y representan variaciones muy finas.

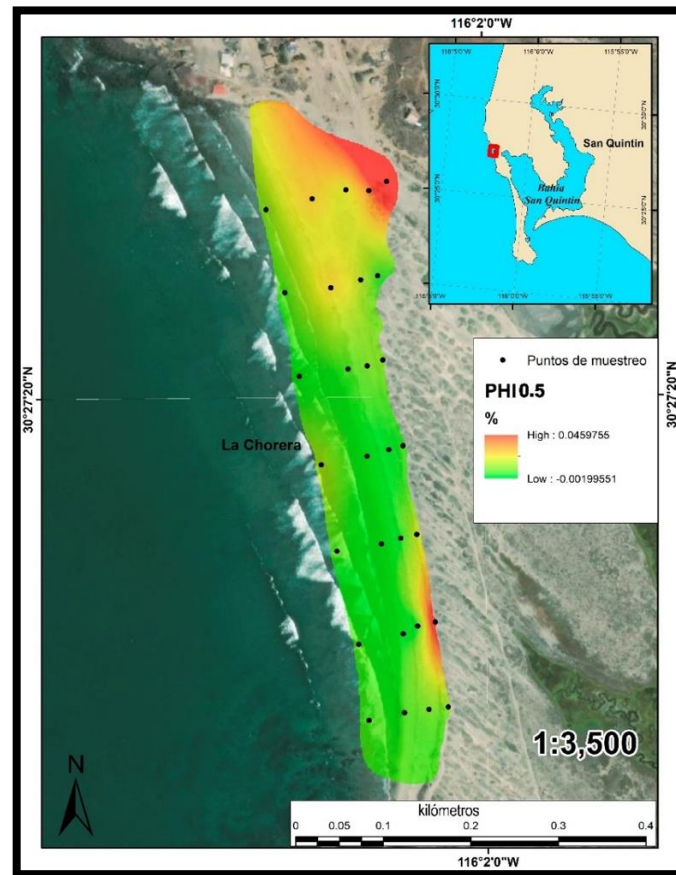


**Figura 17.** Distribución de sedimento tamaño  $0.0 \Phi$  en las muestras de La Chorera.

Fue posible ver la distribución del sedimento de tamaño  $0.5 \Phi$  encontrado para cada muestra en donde el color rojo de la interpolación representa el mayor porcentaje de aparición observado para este tamaño de grano (0.045%) y el color verde el menor porcentaje (0.001%). Como se puede notar la Figura 17 representó variaciones muy finas en la distribución del sedimento, lo cual fue indicativo de homogeneidad para dicho tamaño de grano.

Las mayores diferencias en la distribución del sedimento con tamaño  $0.5 \Phi$  se observaron en las muestras del primer transecto indicado en el mapa con color rojo para la

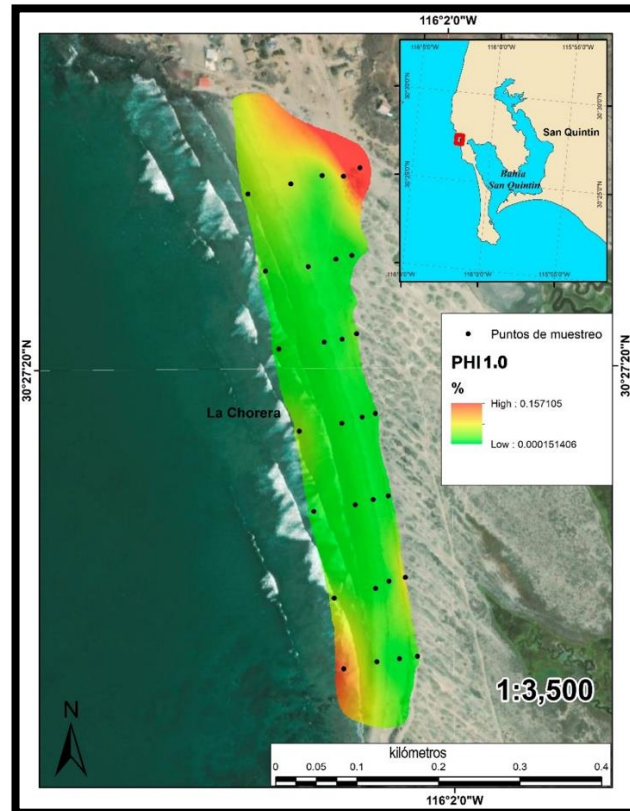
muestra del canal y naranja para la base de la duna y playa. De igual manera, la muestra de playa del transecto dos muestra una distribución muy similar a la muestra de playa del transecto uno. Finalmente en el perfil 6 se presentó un aumento en el porcentaje de sedimento encontrado para este tamaño de grano remarcado en color rojo para la facies de la duna (Figura 18).



**Figura 18.** Distribución de sedimento tamaño  $0.5 \Phi$  en las muestras de La Chorera.

A excepción de las zonas anteriormente mencionadas el resto de zonas presentaron una coloración muy similar en la interpolación con cambios apenas perceptibles con colores que van del verde al amarillo.

En términos estadísticos la distribución del sedimento tamaño  $1.0\Phi$  fue homogénea, las variaciones observadas en la coloración de la interpolación representan valores menores a 0.15% del total para cada muestra, por lo cual las diferencias son muy finas, a tal grado que la distribución de este tamaño de grano es prácticamente la misma en toda la playa (Figura 19).

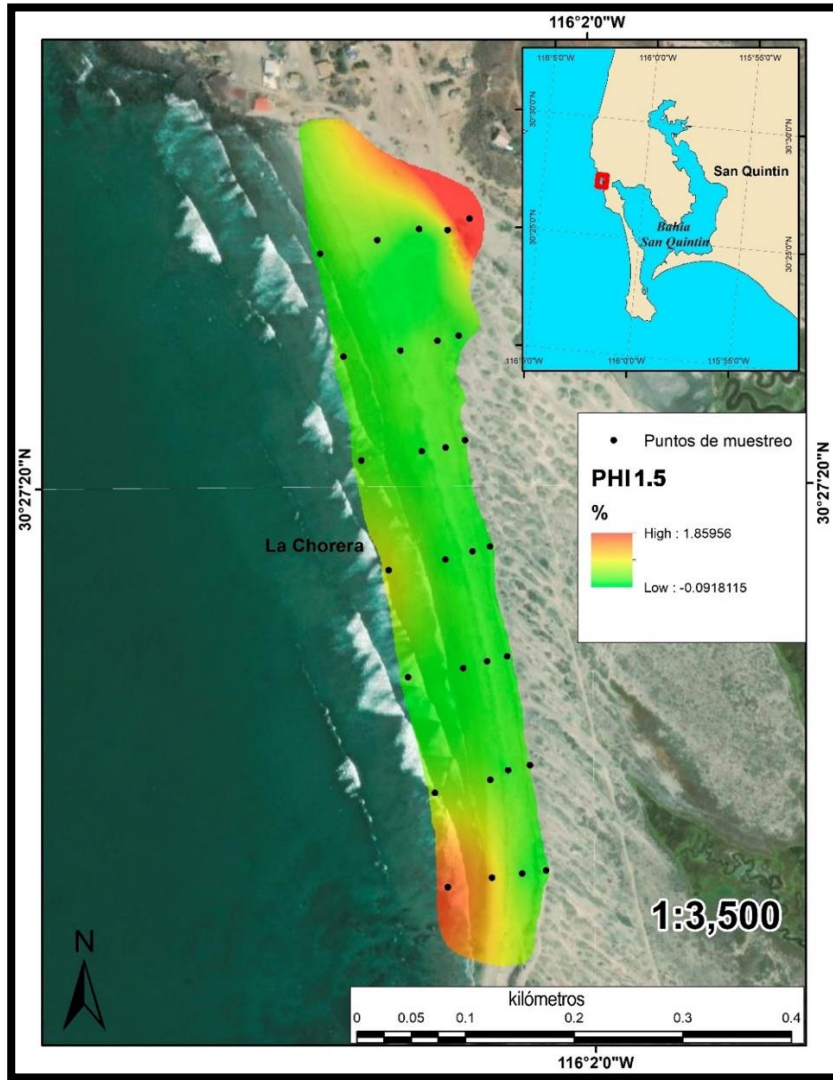


**Figura 19.** Distribución de sedimento tamaño  $1.0\Phi$  en las muestras de La Chorera.

Tanto las muestras de playa y rompiente del transecto uno, las muestras de rompiente del perfil cuatro y seis, así como la duna de este último transecto mostraron una ligera coloración amarilla lo cual denotó ligeras variaciones en la distribución del sedimento con tamaño  $1.0\Phi$ , el resto de la playa presentó coloración verde lo cual significó una distribución aún más homogénea.

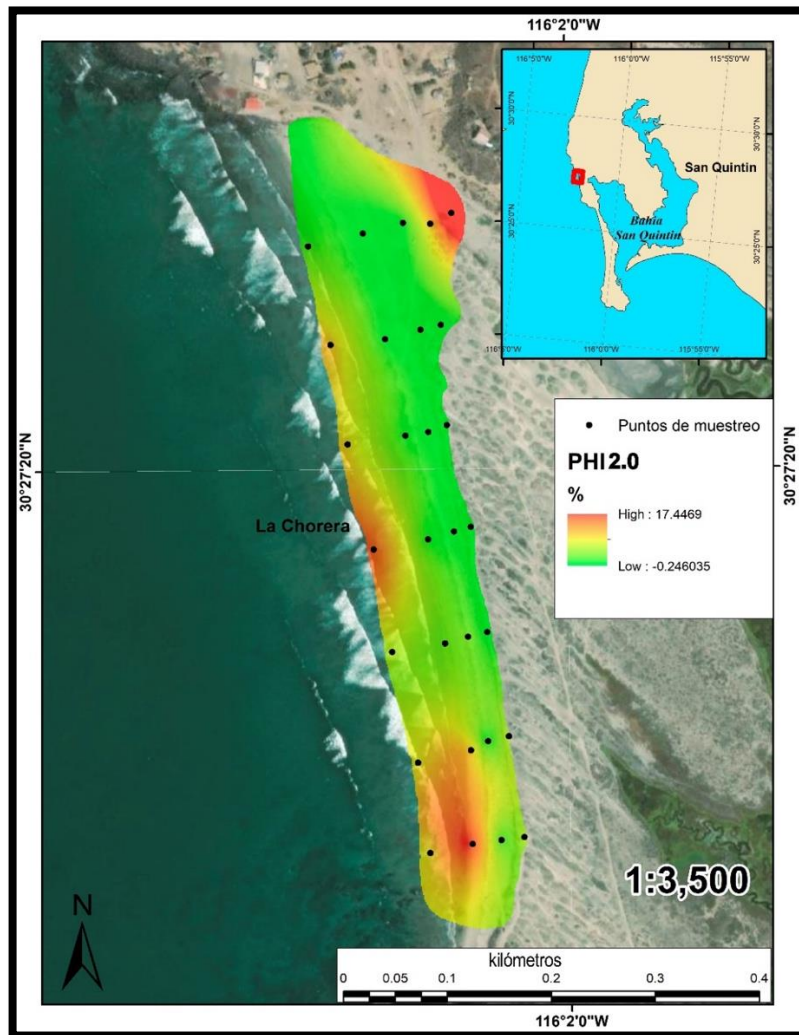
La distribución de sedimento con tamaño  $1.5 \Phi$  a lo largo de toda la playa fue similar ya que el menor porcentaje de aparición para dicho tamaño de sedimento en las muestras fue de 0.091% y el mayor porcentaje fue de 1.859 %. Si bien se observaron diferencias en la distribución del sedimento tamaño  $1.5 \Phi$ , estas solo denotan diferencias muy finas unas de otras, no obstante, las muestras con mayor porcentaje de sedimento con tamaño  $1.5 \Phi$  se presentaron en la zona del canal para el transecto uno y la rompiente del transecto siete indicadas en el mapa con tonalidad roja. De igual forma la zona de playa en el transecto siete presenta un porcentaje alto de distribución el cual se encuentra remarcado en el mapa con coloración naranja, lo cual es un indicativo de un aumento en porcentaje de sedimento con tamaño  $1.5 \Phi$  (Figura 20).

Las facies de playa del transecto uno y de rompiente en el transecto cuatro mostraron una distribución baja dentro del margen de porcentajes manejados para el tamaño de sedimento  $1.5 \Phi$  dicho aspecto se encuentra resaltado en el mapa con coloración en tonos amarillos en la interpolación. Finalmente, con excepción de las muestras mencionadas toda la interpolación de la playa presentó un porcentaje de aparición muy bajo en las muestras el cual se expresó en el mapa en color verde.



**Figura 20.** Distribución de sedimento tamaño 1.5  $\Phi$  en las muestras de La Chorera.

La presencia de sedimento con tamaño 2.0  $\Phi$  en las muestras aumento en comparación con los tamaños de sedimento analizados en las Figuras 19 y 20, en donde el menor porcentaje de aparición por muestra fue de 0.24% indicado en color verde en el mapa y el mayor porcentaje fue de 17.44% indicado en color rojo lo cual indicó una diferencia aproximada de 17.2 % entre las muestras (Figura 21).



**Figura 21.** Distribución de sedimento tamaño 2.0  $\Phi$  en las muestras de La Chorera.

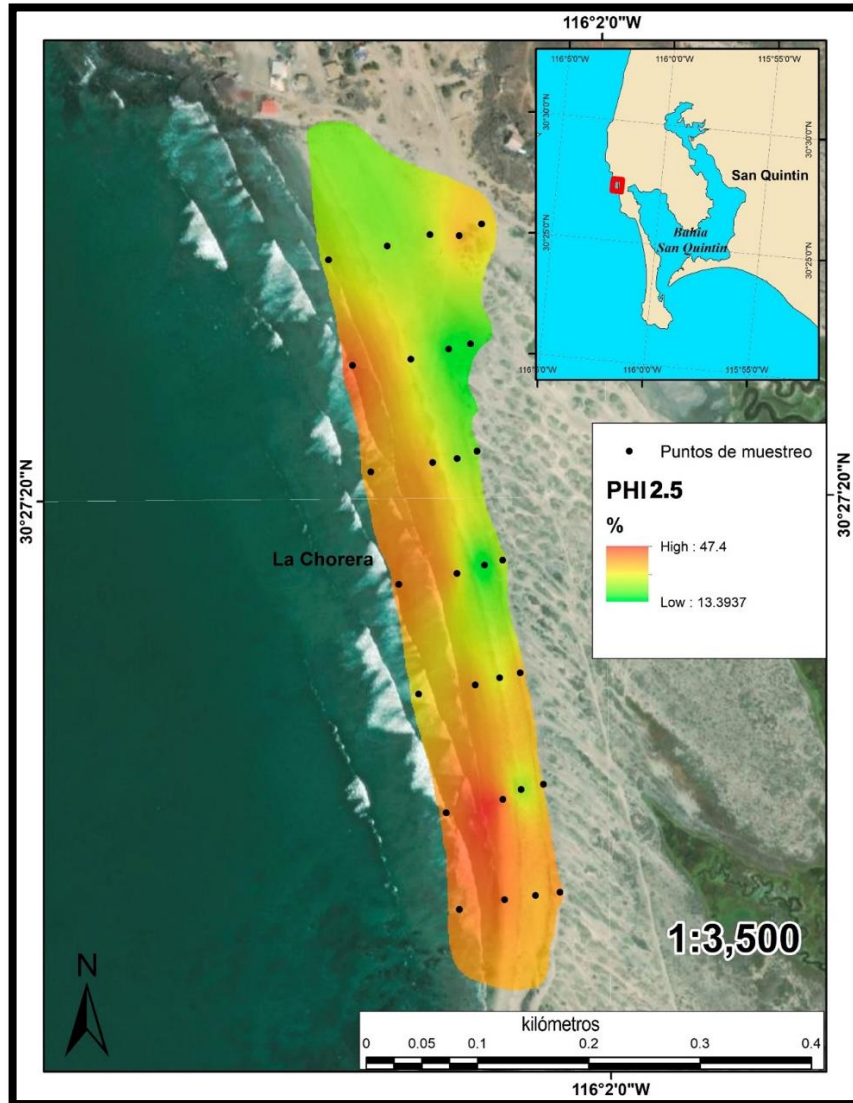
Las muestras del canal y duna del perfil uno presentaron un porcentaje alto de aparición para el tamaño de sedimento 2.0 $\Phi$  indicado en color rojo en el mapa, para las dunas de los transectos dos, tres, cuatro y cinco el porcentaje de arena de tamaño 2.0 $\Phi$  fue más bajo indicado en el mapa en color verde, sin embargo, para la misma zona los transectos seis y siete presentaron un ligero aumento en porcentaje de dicho sedimento indicado en color amarillo.

Tanto las muestras de berma y playa de los transectos uno, dos, tres y cuatro mostraron una baja distribución en el tamaño de sedimento  $2.0 \Phi$ , en el caso del transecto cinco se mostró un ligero aumento en la presencia de dicho tamaño de sedimento indicado en tonalidad amarilla para las mismas zonas, para el transecto seis se observó otro aumento en la distribución del sedimento para la muestra de playa indicado en color naranja. La muestra de berma en el transecto siete mantiene una baja distribución del sedimento, sin embargo, la muestra de playa denota un gran aumento en la presencia del sedimento con tamaño  $2.0 \Phi$  indicado en color rojo.

Para las muestras de rompiente el comportamiento fue muy variable, el transecto uno presentó poca presencia de sedimento con tamaño  $2.0 \Phi$  indicado en color verde al igual que el perfil 5, la mayor distribución para el tamaño de sedimento analizado se dio en los transectos dos, cuatro, seis y siete para estas zonas.

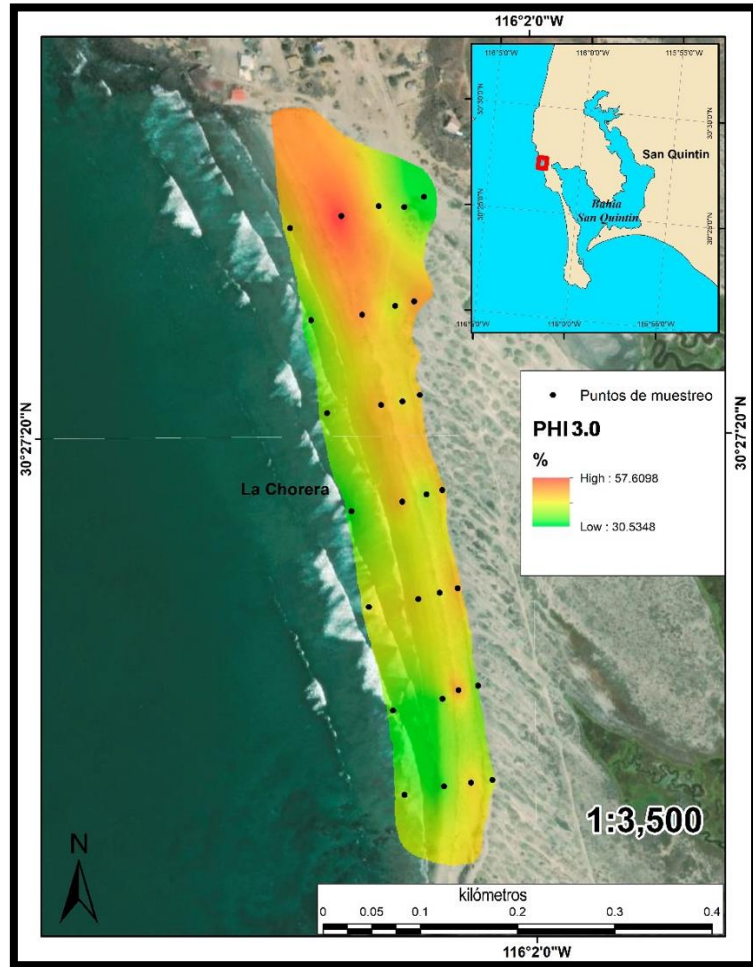
La distribución del sedimento con tamaño  $2.5 \Phi$  presentó porcentajes de aparición por muestra que van de 13.39% a 47.4% indicados en el mapa en color verde y rojo respectivamente, esto representó una variación de aproximadamente 34% (Figura 22).

Gran parte de la playa analizada presentó una gran distribución para el sedimento de tamaño  $2.5 \Phi$  indicado en color rojo en el mapa, sin embargo, existieron zonas con menor presencia de este tamaño de grano como lo fue el transecto uno indicado en color verde. Otras zonas que presentaron disminución en la distribución del tamaño de grano  $2.5 \Phi$  fueron las zonas de duna y berma en los transectos dos, tres y cuatro, así como la berma del transecto 6.



**Figura 22.** Distribución de sedimento tamaño 2.5  $\Phi$  en las muestras de La Chorera.

La concentración de sedimento por muestra de tamaño 3.0  $\Phi$  es alta en toda la playa con un máximo de 57.6% de una muestra tomada indicado en color rojo mientras que el mínimo porcentaje fue de 30% por lo cual los colores verdes aun indican porcentajes importantes (Figura 23).



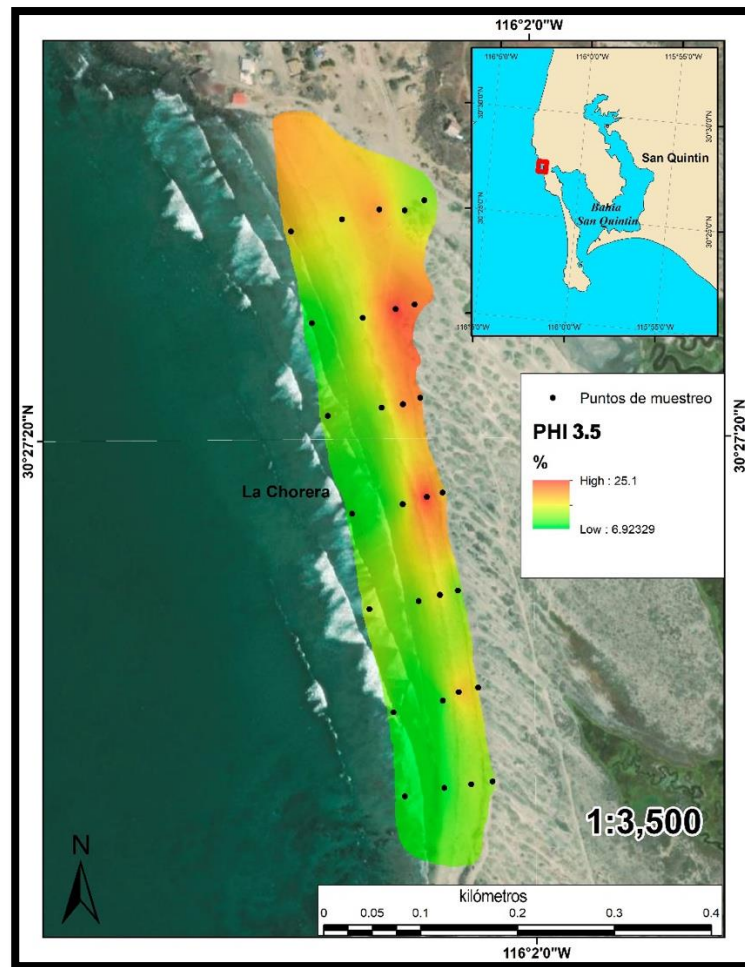
**Figura 23.** Distribución de sedimento tamaño 3.0  $\Phi$  en las muestras de La Chorera.

La muestra del canal del transecto uno muestra una baja concentración de sedimento de tamaño 3.0  $\Phi$  esto remarcado en color verde, otras muestras que comparten dicho color son las muestras de rompiente de los transectos dos, cuatro y seis.

La facies de playa del transecto uno muestra la máxima concentración (57.6%) de sedimento tamaño 3.0 encontrado en todas las muestras analizadas, de igual forma la zona de rompiente del transecto uno, así como la duna y playa del perfil 2 presentaron una alta concentración del tamaño de sedimento analizado marcado en el mapa con colores rojos.

Por último, el resto de la playa se encontró en valores intermedios (43% aproximadamente) en la distribución del sedimento con tamaño  $3.0 \Phi$  indicado en el mapa en colores amarillo y naranja.

La distribución del sedimento tamaño  $3.5 \Phi$  fue muy variable de 6.92% a 25.1 % indicado en el mapa en color verde y rojo respectivamente, por lo cual la diferencia en coloración en esta imagen es muy representativa (Figura 24).



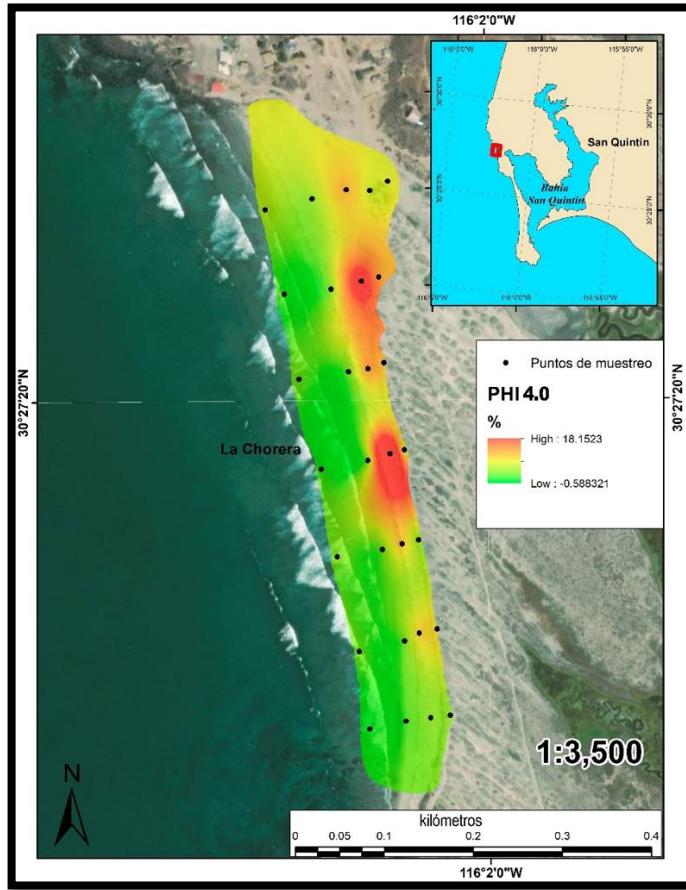
**Figura 24.** Distribución de sedimento tamaño  $3.5 \Phi$  en las muestras de La Chorera.

La mayor distribución del sedimento con tamaño  $3.5 \Phi$  se encontraron restringidos en la zona de dunas y berma a excepción del transecto uno, cinco y siete, otra gran excepción

fue todo el perfil uno en donde se mostró un menor porcentaje de aparición por muestra para este tamaño de sedimento en las zonas de berma y rompiente y hubo una pequeña disminución en la concentración de sedimento en la zona de playa. En términos generales las zonas de playa y rompiente desde el transecto dos al siete se mostraron empobrecidas en sedimento con tamaño  $3.5 \Phi$ .

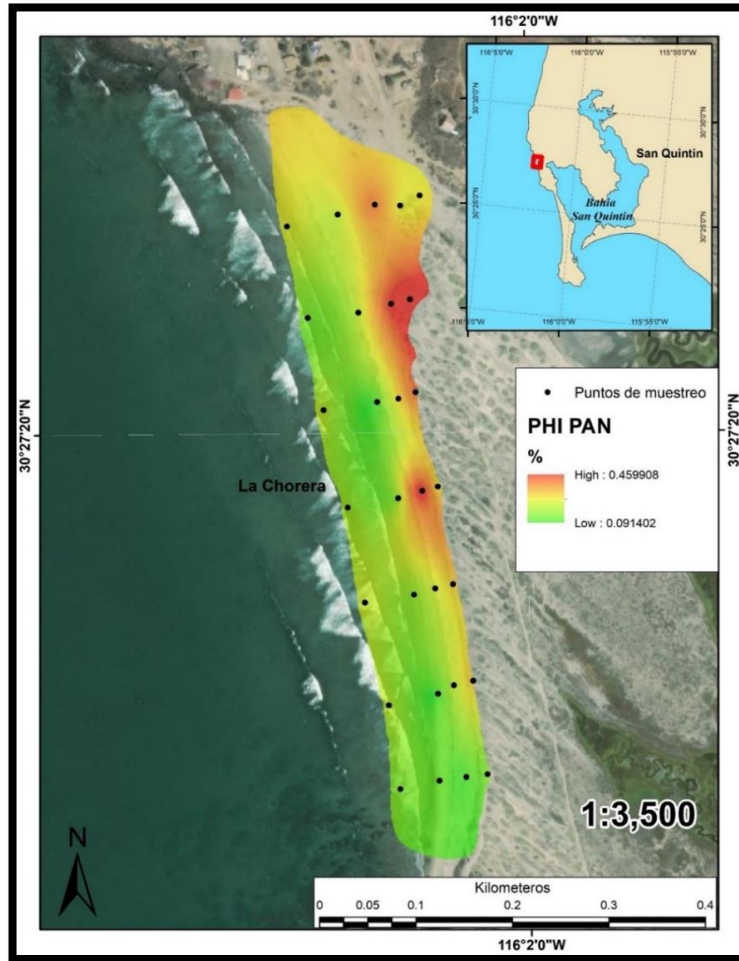
La distribución del sedimento tamaño  $4.0 \Phi$  presentó porcentajes de aparición por muestras de 18.15% como máximo y con un mínimo de 0.58%. Las mayores concentraciones en este tamaño de sedimento se dieron en las muestras de berma de todos los transectos con los transectos dos y cuatro como los más representativos de indicado en tonalidad roja en el mapa, sin embargo, en las muestras de berma del transecto uno, duna del transecto dos, así como berma y duna de los transectos tres, cinco y seis presentaron menor distribución indicado en el mapa en color naranja (Figura 25).

En el caso de todo el transecto uno, se muestra un comportamiento distinto al de todos los demás, donde los valores de concentración se mantienen relativamente estables con excepción de la muestra de berma en ese mismo transecto, ya que desde el canal a la rompiente se mantiene una distribución moderada indicado en tonalidad amarilla. Para el resto de la playa analizada la distribución fue baja indicado con una tonalidad verde en el mapa, además las bajas concentraciones del tamaño de grano  $4.0 \Phi$  se dieron principalmente en las facies de playa y rompiente.



**Figura 25.** Distribución de sedimento tamaño 4.0  $\Phi$  en muestras de playa La Chorera.

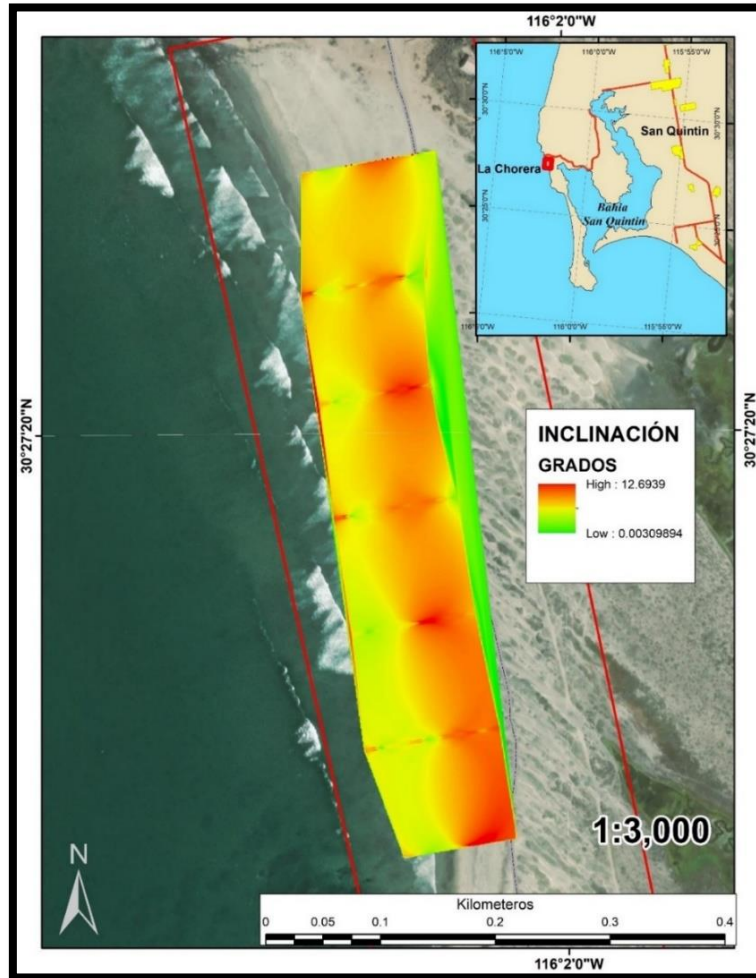
La distribución del sedimento obtenido en el pan ( $\Phi > 4$ ) fue a lo largo de toda la playa ya que el menor porcentaje de dicho tamaño en las muestras fue de apenas 0.091% y el mayor porcentaje fue de 0.459 % es decir, si bien se observaron diferencias en cuanto a los colores expresados en el mapa que indican las concentraciones del sedimento, estas solo muestran diferencias muy finas unas de otras por el contrario, las muestras de berma y duna de los transectos dos y cuatro, así como las muestras de berma del transecto uno y duna del transecto tres mostraron puntos más altos en cuanto a concentración de dicho tamaño de sedimento (Figura 26).



**Figura 26.** Distribución de sedimento obtenido en el pan ( $\Phi > 4$ ) en muestras de La Chorera.

En el caso de todo el transecto uno se mostró una coloración amarilla prácticamente igual con excepción de la muestra de berma anteriormente mencionada, otras muestras que comparten dicha coloración son las dunas de los transectos cinco y seis transectos en donde se encuentra la formación de un canal de erosión.

La menor pendiente de la playa se localizó de la zona de rompiente para todos los transectos, caso contrario la mayor pendiente se observó de la zona de playa hacia las dunas, esto fue remarcado en el mapa en colores que iban del naranja al rojo (Figura 27).



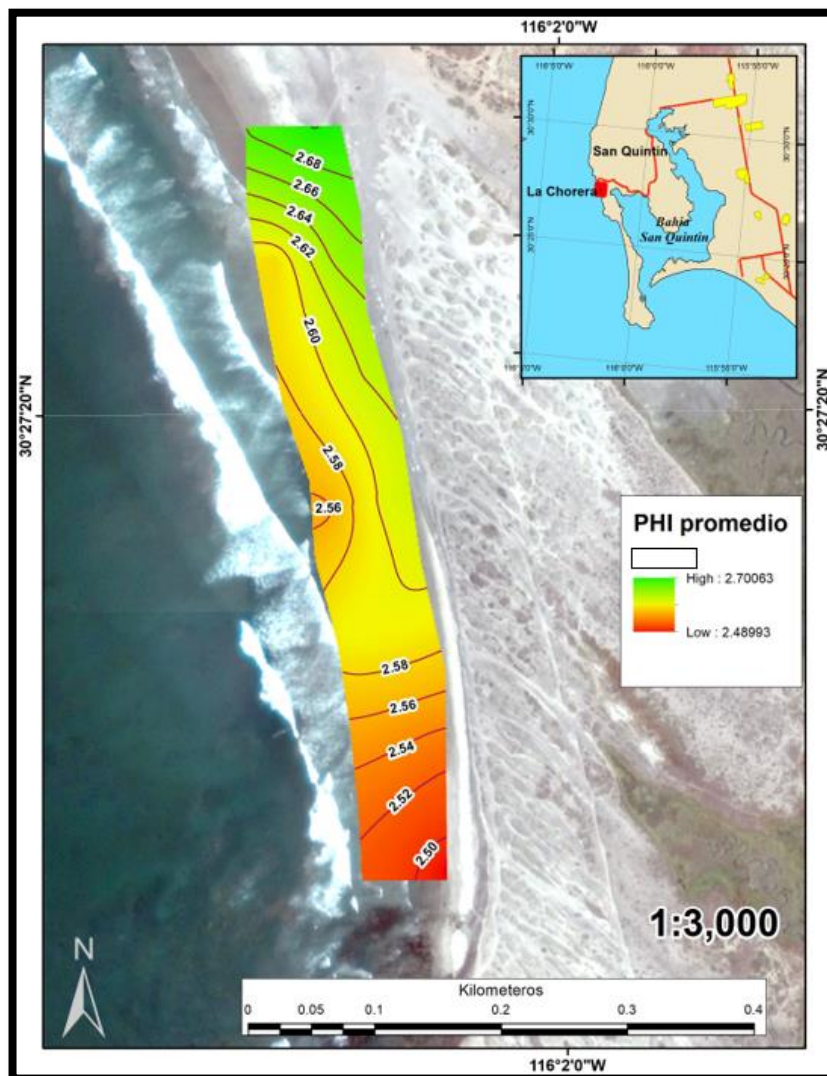
**Figura 27.** Pendiente de La Chorera expresada en grados.

Entre los perfiles uno y dos (perfiles más al norte del mapa) se presentó una pendiente relativamente uniforme, marcado con una coloración que iba de amarillo intenso a naranja, en donde la mayor inclinación se dio en la zona cercana a las dunas y el canal.

Conforme se avanza hacia el sur de la playa en el mapa se hace más notoria la presencia de una especie de escalón formado entre la playa y berma, esta zona corresponde a la zona de *swash* en la playa.

El tamaño promedio de los sedimentos en las zonas de playa y rompiente indicó un tamaño de grano mayor en la zona sur de PLC y conforme se avanza hacia el norte el tamaño

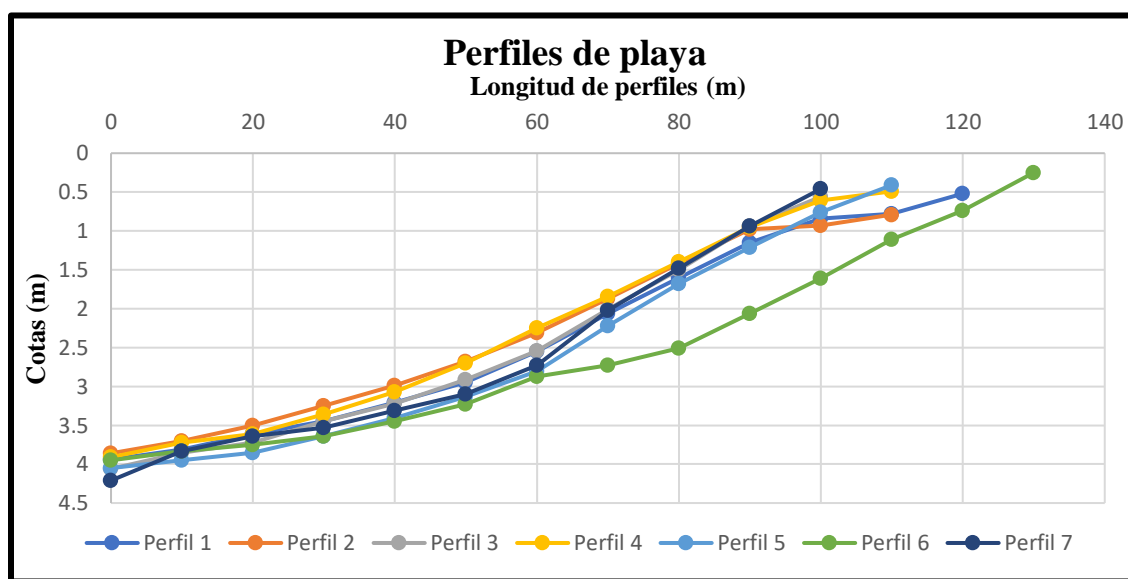
de grano del sedimento disminuyó paulatinamente lo cual indicó una dirección de corriente litoral en dirección norte-sur (Figura 28).



**Figura 28.** Dirección de corriente litoral en La Chorrera.

## Perfiles y volumen de playa

Los perfiles de playa presentaron un comportamiento muy similar para los primeros 60 m de longitud, sin embargo, después de esta distancia se observa la mayor diferencia entre alturas y/o volumen entre perfiles de tal modo que el perfil seis (color verde) es el que presenta una menor altura, pero una mayor extensión con relación a los otros. En la longitud de 70-90m los perfiles uno, dos, tres, cuatro cinco y siete presentaron un aumento de altura similares en relación con el perfil 6. Por último, los perfiles uno y cinco presentaron una pendiente sin mucho cambio a lo largo de todo el perfil y es hasta la distancia de 100-110m donde dichos perfiles difieren uno del otro (ver Figura 29).



**Figura 29.** Perfiles topográficos de playa La Chorera.

A continuación, se presenta una tabla con el volumen de arena entre cada perfil realizado y el volumen total de PLC para la temporada de primavera (Tabla II).

**Tabla II. Volumen entre perfiles y volumen total de la playa.**

<b>Perfiles</b>	<b>Volumen entre perfiles (m<sup>3</sup>)</b>
<b>(1-2)</b>	<b>21,007.50</b>
<b>(2-3)</b>	<b>20,965.00</b>
<b>(3-4)</b>	<b>21,450.00</b>
<b>(4-5)</b>	<b>20,665.00</b>
<b>(5-6)</b>	<b>17,490.00</b>
<b>(6-7)</b>	<b>15,645.00</b>
<b>Total</b>	<b>117,222.50</b>

La sección de perfiles que presentó mayor volumen de sedimento fueron los perfiles tres y cuatro con 21,450.00 m<sup>3</sup>, estos perfiles presentaron poca diferencia en comportamiento y alturas de los mismos (Figura 27), por el contrario, sección que presentó menor volumen fueron los perfiles seis y siete con 15,645.00 m<sup>3</sup>, cabe mencionar que estos fueron perfiles muy distintos en pendientes y comportamiento, además el perfil seis fue el más largo, aunque también fue el de menor altura de todos. Como se observó en la Tabla II el intervalo de perfiles cuatro y cinco presentó un volumen similar al intervalo con una diferencia de apenas 300 m<sup>3</sup>, estos dos intervalos presentan perfiles muy similares entre ellos, finalmente, el volumen total de la playa fue de 117,222.50 m<sup>3</sup>.

## Discusión

Rodríguez-Revelo et al. (2014) realizaron un trabajo donde hicieron un análisis granulométrico de las dunas costeras de El Socorro localizadas en el ejido Nueva Odisea, Baja California, estas presentaron afinidad con arenas finas cuya media de tamaño rondaba los 2.14 - 2.86 mm y la clasificación se encontraba entre bien clasificado y moderadamente bien clasificado. Lo anterior concuerda en su gran mayoría con el presente trabajo ya que PLC se encontró en condiciones de bien clasificado a moderadamente bien clasificado, de igual forma la media de las muestras de La Chorera variaron entre los valores 2.462 - 2.988  $\phi$  (0.21 - 0.125 mm aproximadamente), lo anterior denota que estas se tratan de arenas finas.

Las muestras de sedimento analizadas para las zonas de playa en PLC mostraron que en la zona norte de la playa se localizan los sedimentos más finos y conforme se avanza hacia el sur el tamaño del sedimento comienza a crecer paulatinamente (Figura 10) de tal manera se denotó una corriente litoral y transporte sedimentario en dirección sur-norte.

En el análisis granulométrico que realizó Rodríguez-Revelo et al. (2014) comentan que el área estudiada contó con asimetría aproximadamente simétrica a simétrica positiva, además la curtosis tuvo una variación de mesocúrtica a muy leptocúrtica y para este trabajo las muestras presentaron asimetría positiva, además la totalidad de las muestras analizadas presentaron valores muy altos en la curtosis lo cual indica que todas las muestras en el pico de la curva de frecuencias presentan una forma extremadamente leptocúrtica, lo anterior es indicativo de un gran sorteamiento en la parte central de la misma.

Las muestras P1M3y P1M4 correspondientes a muestras de sedimento de playa y rompiente respectivamente del primer transecto mostraron zonas de sedimento más fino que las demás muestras analizadas (Tabla 1). Caso contrario a la muestra P1M1 correspondiente

a una muestra de duna del primer transecto (Figura 11) presentó un pico de tamaño de grano más grueso que el resto de muestras. Estas características se repitieron en el transecto cinco, seis y siete (Figura 11). El comportamiento anteriormente descrito señala zonas en donde el mar puede alcanzar las dunas, erosionándolas y a su vez esto genera un intercambio de sedimento entre las zonas de rompiente y playa (con tamaño de grano más grueso) con la berma y dunas (zonas con sedimento fino).

Según Mazzoni (1977), durante el análisis de agrupamiento en la gráfica de dispersión media *vs* desviación estándar se pueden dividir en cinco zonas principales: Playa, Playa fluvial, Fluvial, Médano fluvial y Playa médano fluvial, cada ambiente dividido por líneas que delimitaban umbrales los cuales era difícil que cada ambiente pudiera rebasar, en este sentido, según lo observado en la Figura 13 con relación a lo mencionado el primer grupo observado (color naranja) pertenece a un ambiente tipo cinco (Playa médano fluvial), mientras que el segundo grupo de datos (color negro) posee datos tanto del ambiente tipo cinco como tipo cuatro (médano fluvial), esto debido a que se encuentra en la intercepción de ambos ambientes.

De acuerdo a Friendman (1961) las muestras sedimentarias correspondientes a la playa y dunas se localizan en su mayor parte en zonas bien diferenciadas del gráfico media *vs* asimetría, con asimetría positiva para los sedimentos de duna y asimetría negativa en los sedimentos de playa, sin embargo, en el presente trabajo esto no sucedió así ya que las muestras sedimentarias de todas las facies analizadas (duna, berma, playa y rompiente) presentaron asimetría positiva con una clara tendencia hacia los sedimentos finos. Todas las facies en términos generales forman parte de un mismo grupo central, lo cual podría considerarse como una inversión sedimentaria.

Friedman (1961) comenta que la gráfica asimetría vs curtosis sirve para diferenciar los sedimentos de playa de los sedimentos de río ya que las arenas de ríos y dunas suelen presentar una asimetría positiva, además la curtosis proporciona una distribución más amplia para las muestras de río en caso de presentarse. En el presente trabajo todas facies analizadas de PLC presentaron asimetría positiva, lo cual indica que los sedimentos de las dunas se encuentran en todas las facies.

El mayor porcentaje de concentración (0.62%) por muestras de arenas muy gruesas (0.0-0.5  $\Phi$ ) se vio restringido en tres zonas principales las cuales son: canal del humedal en el perfil uno (para ambas medidas de sedimento), zona de rompiente del perfil seis (para tamaño 0.0  $\Phi$ ) y duna del perfil seis (para tamaño 0.5  $\Phi$ ). Para el caso de arenas gruesas (1.0-1.5  $\Phi$ ) el mayor porcentaje de concentración (1.85%) de dicho sedimento también se presentaron únicamente en zonas muy puntuales tales como el canal del humedal y dunas del perfil uno, así como la zona de playa y rompiente del perfil siete para ambas medidas de sedimento, si bien estas fueron las zonas de máximo porcentaje con arena gruesa y muy gruesa estas nunca fueron mayor a 2% para ninguno de los casos.

Las arenas medias (2.0-2.5  $\Phi$ ) presentaron una alta concentración en las muestras analizadas y formaron gran parte de las mismas con un porcentaje que alcanzo el 17.44% para el tamaño 2.0  $\Phi$  y 47.4% para 2.5  $\Phi$  para el caso del sedimento con tamaño 2.0  $\Phi$  la máxima concentración de sedimento por muestra no fue tan puntual como en los casos anteriores de 0.0-1.5  $\Phi$  ya que las máximas concentraciones se encontraron tanto en el canal de la marisma y dunas del perfil uno así como las zonas de rompiente de los perfiles dos y cuatro al igual que la zona de playa del perfil siete, sin embargo quien presento una mejor distribución y concentración fue el sedimento con tamaño 2.5  $\Phi$  ya que se encontró una alta concentración en las zonas del canal del perfil uno, playa y duna de los perfiles dos, tres y

cuatro con aproximadamente 35% y en todas las zonas (playa, duna, berma y rompiente) entre los perfiles cinco y siete.

Las arenas finas (3.0-3.5  $\Phi$ ) representaron un alto porcentaje de sedimento del total de las muestras analizadas con un mínimo de 30.53% en toda la playa y un máximo de 57.60% en algunas zonas las cuales fueron la zona de playa del perfil uno, así como playa y duna del perfil dos principalmente. En las zonas que presentaron mayor porcentaje de sedimento grueso, la presencia de sedimentos finos fue mínima, por su parte el sedimento con tamaño 3.5  $\Phi$  presentó menor porcentaje del total de sedimento por muestra que el tamaño 3.0  $\Phi$  el cual alcanzó un máximo de 25.1 % en zonas de dunas y berma de los perfiles dos, tres y cuatro principalmente.

La arena muy fina (4.0  $\Phi$ ) alcanzaron un porcentaje de sedimento importante para algunos casos puntuales tales como la duna y berma del perfil dos y tres, así como la berma del perfil cuatro con un máximo de 18.15% caso contrario al sedimento atrapado en el pan (+4.0  $\Phi$ ) correspondiente a limos y arcillas con un máximo de 0.45% del total de las muestras sin embargo las zonas con valores máximos de esta medida de sedimento son los mismos que el de arenas muy finas.

Valdés-Martínez (2012) menciona que la zona del canal que conecta la marisma con el Océano Pacífico es la zona con menor elevación de los aproximados 700 metros de extensión de PLC, lo anterior concuerda perfectamente con la Figura 27 del presente trabajo en donde se observa que esa misma zona es la única que no presentó un escalón en el cambio de altura en los perfiles de playa, además de ser la zona con menos cambios topográficos.

El mayor volumen de sedimento entre perfiles se presentó en los perfiles tres y cuatro con un volumen de 21,450 m<sup>3</sup> lo anterior corresponde a lo observado en la Figura 29 donde se aprecia la gran similitud entre los perfiles topográficos tanto en distancia como en altura.

Las raíces expuestas en las dunas, así como presencia de *ripples* en la base de la misma indica una posible erosión por viento, esto se puede confirmar con la presencia de canales en la parte superior de las dunas (Figura 3) los cuales presentan pendientes abruptas en sus costados, dichas pendientes son características de canales creados por la erosión del viento. Finalmente se observó la presencia de un canal mucho más ancho en la base de las dunas con pendiente menos pronunciadas a sus costados y con una forma más plana (Figura 4) este canal es característico de la erosión causada por el agua y es un importante indicativo de una posible intrusión del agua hacia las dunas, lo cual explica la presencia de sedimentos de duna a lo largo de las zonas analizadas (duna, berma, playa y rompiente), así como las zonas con inversión sedimentarias observadas.

## Conclusiones

Tanto la media como la moda indicaron la presencia de arenas finas y arenas muy finas ( $2.988 \Phi - 2.462 \Phi$ ) en La Chorera, acto seguido, la desviación estándar indico un sorteamiento en el rango de bien sorteado a moderadamente bien sorteado, de igual manera la totalidad de las muestras presentaron asimetría positiva lo cual indicó una clara tendencia hacia los sedimentos finos, finalmente se observó que la media del tamaño de sedimento en las zonas de rompiente y playa aumentaron en dirección sur-norte (del transecto siete al uno).

El análisis del tamaño promedio de muestras sedimentarias de playa demostró de forma clara la presencia de una corriente litoral a nivel local en dirección sur-norte en playa La Chorera, esto expresado por la diferencia del tamaño de sedimento notablemente más grueso en el perfil siete y su paulatina disminución de tamaño en dirección al perfil uno representado en la Figura 10.

Los transectos uno, cinco y seis son zonas de erosión donde el agua tiene un mayor ingreso hacia las dunas, lo que genera erosión de las mismas. De esta manera se explica el intercambio sedimentario de las dunas y la berma con las zonas de rompiente y playa, lo que provoca una inversión sedimentaria. Otra posible zona de ingreso del agua hacia las dunas es el transecto cuatro, el cual presentó un sorteamiento moderadamente bien seleccionado en las dunas.

Los sedimentos de las muestras P1M1, P1M2, P2M1, P2M2, P4M2 presentan un sorteamiento moderado debido a erosión por el mar. Esto provoca que el sedimento de la playa sea acarreado tanto a la berma como a las dunas y que de igual forma el sedimento de la berma y las dunas se incorpore a la zona de playa y rompiente, debido a que en condiciones normales el mayor sorteamiento de granos de sedimento se encuentra precisamente en la

berma y la duna, ya que son sedimentos que se mueven por saltación y suspensión por acción del viento.

La zona de estudio presenta una pendiente muy similar a lo largo de toda su extensión, con excepción de la zona del perfil uno, que es el área donde se conecta el Océano Pacífico con la marisma. Esta fue la zona topográficamente más baja y con menor inclinación.

La Chorera presenta erosión de dunas por viento, el cual pudo ser observado con los canales creados por el mismo, las raíces expuestas en zonas altas de la duna y la presencia de *ripples* en la base de estas. De igual forma presentó erosión por agua indicado por el intercambio sedimentario de playa-dunas en los transectos uno y cinco, el canal formado por acción del agua y el sorteamiento moderado en la muestra de duna en el transecto cuatro.

En términos generales La Chorera es una playa arenosa con tendencias marcadas hacia los sedimentos finos, en donde las mareas y el oleaje juegan un papel fundamental en la erosión de las dunas y el rebase del canal de forma momentánea que comunica al Océano Pacífico con Bahía Falsa. Si bien la dinámica sedimentaria en la PLC depende de las mareas sobre todo en invierno, cabe mencionar que la presencia de canales en la base de la duna posiblemente formados por la acción de la marea también puede deberse a la acción del oleaje por temporal (tormentas) las cuales favorecen la formación de dichos canales.

## Referencias bibliográficas

- Álvarez-Borrego, S., y Chee-Barragán, A. (1976). Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas*, 3(1), 51–61. <https://doi.org/10.7773/cm.v3i1.293>
- Black, K. y Connon, A., 2001. Sandy Shoreline Response to Offshore Obstacles Part 1: Salient and Tombolo Geometry and Shape. *Journal of Coastal Research*, I(29), pp. 82-93. <https://www.jstor.org/stable/25736207>
- Cruz-Aguirre, J. (2012). Por explotación, agoniza bahía de san quintín, BC. Sinembargo, 28 marzo. <https://www.sinembargo.mx/28-03-2012/191786>
- Dean, R.G. (1991). "Coastal Sediment Processes: Profile Responses to Oceanic and Atmospheric Forces." *Coastal Engineering*, 15, pp. 1-56.
- Díaz de Terán Mira, M. A. (2010). Geología de la costa y del mar. Síntesis.
- Friedman, G. M. (1961). Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, 31(4), pp. 514-529. <https://doi.org/10.1306/74D70BCD-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Goso-Aguilar, C. (2016). post.geoxnet. [En línea] Available at: <http://cuencas.fcien.edu.uy/cursos/materiales/Practico%204%20Granulometria.pdf>. [Último acceso: 14 marzo 2023].
- Hanson, H. y Kraus, N.C. (1989). "Coastal Processes: Concepts in Coastal Engineering and Their Application." John Wiley y Sons, Inc.
- Hutton, E.W.H., Sanderson, M.W. y Mouat, M.O. (2016). "Tombolos: a review of formation mechanisms and their role in coastal evolution." *Earth-Science Reviews*, 153, pp. 98-120.
- Iriondo, M. (2007). Playas y dunas: formas, procesos y evolución. Mundiprensa.
- Mazzoni, M. M. (1977). El uso de medidas estadísticas texturales en el estudio ambiental de arenas. en: obra del centenario del museo de la plata. La Plata: s.n., pp. 179-223.
- Medina, J., Guzmán, M. D., y Medina, F. (1995). Composición sedimentaria y textural de playas del norte de Venezuela. *Revista Geológica de América Central*, 17, 83-93.
- Miros-Gómez, J.A. (2017). Geodiversidad Costera de Bahía San Quintín y Zonas Aledañas, Baja California, México. <https://hdl.handle.net/20.500.12930/904>
- Montes de Oca, M., 2015. *TOPOGRAFIA*. Primera ed. México: Alfaomega.

- Pérez-Rojas, A. y Márquez-García, A. Z. (2017). Sedimentología de la bahía de San Quintín, Baja California, México. [En línea] Available at: <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/SEDIMENTOL.pdf>. [Último acceso: 6 diciembre 2022].
- Rodríguez Revelo, N., Rendón Márquez, G., Espejel, I., Jiménez Orocio, O., y Martínez Vázquez, M. L. (2014). Análisis de proveniencia de las arenas del complejo de dunas parabólicas El Socorro, Baja California, México, mediante una caracterización mineralógica y granulométrica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(2), 355-363. <https://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v66n2/v66n2a11.pdf>
- Rodríguez, N.A., 2019. Punta Mazo y El Socorro: dunas costeras únicas en San Quintín. [En línea] Available at: <https://terrapeninsular.org/punta-mazo-y-el-socorro-dunas-costeras-unicas-en-san-quintin/>. [Último acceso: 9 noviembre 2020].
- Rosales-Casián, J.A. (1996). Ictiofauna de la Bahía San Quintín, Baja California México, y su costa adyacente. *Ciencias Marinas*, XXII (4), pp. 443-458. DOI: <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v22i4.875>
- Royce, C. (1970). *Introduction to sediment analysis*. Arizona State University Publications. Tempe Arizona EUA. 180 pp.
- Terra Peninsular, (2020). Reserva Natural Punta Mazo. [En línea] Available at: <https://terrapeninsular.org/reserva-natural-punta-mazo/#contacto>. [Último acceso: 9 noviembre 2022].
- Terra Peninsular, (2020). Volcanes de San Quintín. [En línea] Available at: <https://terrapeninsular.org/volcanes-de-san-quintin/> [Último acceso: 06 diciembre 2022].
- Terra Peninsular., 2022. Sitio Ramsar Bahía San Quintín. [En línea] Available at: <https://terrapeninsular.org/sitio-ramsar-bahia-san-quintin/> [Último acceso: 6 diciembre 2022].
- Valdés-Martínez, E. S. (2012). repositorioinstitucional. [En línea] Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/1047/1/ENS072717.pdf>. [Último acceso: 7 diciembre 2022].