

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO DE DUNAS “LA LAGUNITA”, EN LA
PLAYA MUNICIPAL DE ENSENADA B.C.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

OCEANÓLOGO

PRESENTA:

OSWALDO CARRILLO RODRÍGUEZ

Ensenada, Baja California, Mayo de 2016



“CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO DE DUNAS “LA LAGUNITA”, EN LA PLAYA MUNICIPAL DE ENSENADA B.C.”

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
OCEANÓLOGO.

PRESENTA:

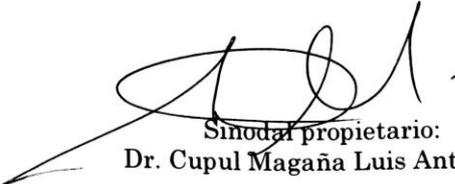
OSWALDO CARRILLO RODRÍGUEZ

APROBADA POR:


Presidente del jurado:
M.C. Guardado France Rigoberto


Sinodal propietario:
Ocean. Rendón Márquez Gabriel


Sinodal propietario:
Dr. Téllez Duarte Miguel Agustín


Sinodal propietario:
Dr. Cupul Magaña Luis Antonio

Dedicatoria

Hay muchas personas a las cuales quisiera agradecerles por inferir tanto en lo que soy ahora, como el privilegio y ganas de hacer lo que quiero en esta vida, por lo que pido disculpas por las que no aparezcan.

Las primeras personas son mis padres **Héctor** y **Rita**, en mi vida siempre busque un ejemplo a seguir, fui ciego al principio, pero siempre fueron ellos. . . .

A mi hermano **Héctor** por brindarme una niñez como muchos hubieran querido.....

A mis amigos **Marco**, **Mayra**, **Laura**, **Martha**, **Yutzil**, **Abraham** y **Octavio**, sin su amistad, apoyo y ganas de vivir, los buenos momentos aquí...serían amargos.

Al profesor **Gabriel Rendón Márquez** quien reafirmo mi gusto por la geología e hizo que se convirtiera en mi mayor diversión, además de un buen amigo... gracias por todas las enseñanzas y por siempre apoyarme.

A **Víctor Pérez Arroyo** por hacerme pasar un excelente rato en el laboratorio, además de enseñarme como hacer láminas delgadas.

A mi tutor **Oscar Efraín Gonzales Yajimovich** por su buen humor, paciencia, sabiduría y amistad... no pude haber tenido un mejor tutor.

A mi director de tesis **Rigoberto Guardado France** a quien agradezco infinitamente su apoyo, confianza, amistad, paciencia y sabiduría... por que trabajar está bien, pero cuando se hace de manera divertida es mejor.

Gracias a todos por su amistad, sabiduría y tiempo... cada uno me enseñado mucho de la vida.

Agradecimientos

Al **M.C. Rigoberto Guardado France** por su apoyo, confianza y buen humor, un placer haber trabajado con una persona como él.

Al **Ocean. Gabriel Rendón Márquez** por reafirmar mi gusto a la geología... espero haya respondido como se merece.

Al **Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte** por su apoyo, confianza y ánimos... además de su increíble dedicación a cada detalle.

Al **Dr. Luis Antonio Cupul Magaña** por su apoyo y confianza.

Al **M.C. Napoleon Gudiño Elizondo** por su apoyo, confianza y sus sabias palabras, además de introducirme en el mundo de los drones...una gran persona.

Al **Club Científico Universitario** por sus acertadas recomendaciones.

Al **Dr. Rafael Hernández Walls** por su gran apoyo y enorme paciencia en programación.

A la **Dra. Amaia Ruiz de Alegria Arzaburu** por su apoyo con los datos de la estación meteorológica.

Al técnico **Víctor Pérez Arroyo** por su enorme paciencia al enseñarme a hacer láminas delgadas.

Al **Ing. Luis Carlos Gradilla Martínez**, por su apoyo con las imágenes de barrido electrónico.

A **Marco y Roxana** por ayudarme en el trabajo de campo.

A cada uno de los Profesores que dedico su tiempo, para enseñarme lo que se... espero corresponderles.

RESUMEN

El estudio de las dunas costeras se considera un tema prioritario para nuestro país por ser ecosistemas que ofrecen servicios ambientales importantes como la protección de las costas, la recreación y belleza escénica entre otros. Su conservación y uso sostenible se encuentran amenazados por el manejo inadecuado y la sobre-explotación. En este sentido es urgente la necesidad de generar información base e integral sobre estos ecosistemas.

En este trabajo se presenta una caracterización geomorfológica, sedimentológica, mineralógica y estimación de la cobertura vegetal así como un breve análisis de los principales impactos que al desarrollo del campo de dunas “La Lagunita” localizado en la Bahía de Todos Santos, B.C. La metodología consistió en realizar cuatro campañas de campo (primavera, verano, verano, otoño e invierno), en las que se levantaron perfiles topográficos a lo largo de cuatro transectos perpendiculares a la playa para caracterizar su morfología. Además, se obtuvieron muestras de sedimento para evaluar el volumen depositado, su composición mineralógica, y parámetros texturales como: media, clasificación, redondez y esfericidad, con el fin de documentar su variabilidad temporal. Adicionalmente se estimó el porcentaje de cobertura vegetal a partir del análisis de fotografías aéreas así como los impactos antropogénicos y naturales a partir del uso de fichas de identificación de daños. Los sedimentos que conforman el campo de dunas “La Lagunita” son arenas finas bien clasificadas compuestas por los siguientes minerales en orden de abundancia: cuarzos, feldespatos, minerales densos (micas, hornblenda, piroxenos), minerales opacos (magnetita, ilmenita) y plagioclasas. Los perfiles mostraron patron inverso al esperado, depositación en épocas de otoño-invierno caracterizado por la presencia de pendientes disipativas y erosión en las temporadas verano-otoño y otoño-invierno mostrando pendientes reflectivas. Los volúmenes de arena para las campañas mencionadas fueron de 330,556.38 m³ en primavera, 323,44.83 m³ en verano, 295,893.94 m³ en otoño y 339,527.78 m³ en invierno. El balance sedimentario en el periodo del estudio es positivo (8,971m³) lo que pone de manifiesto un proceso de depositación.

El estado de deterioro en la zona es evidente atribuyéndosele a efectos naturales como erosión por viento (Blowouts) y antropogénicos como paso de vehículos y caminatas. El sistema dunar en cuestión se encuentra sujeto a fuertes presiones naturales y antropogénicas lo que hace necesario la implementación de medidas adecuadas de manejo con el fin de promover su recuperación y así conservar sus servicios ambientales.

Palabra clave: Dunas costeras, parámetros texturales, factor antropogénicos, factor natural, perfil de playa.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES	12
DUNAS EN MÉXICO	12
DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS.....	12
IMPACTO AMBIENTAL	12
DEGRADACIÓN AMBIENTAL.....	13
DUNAS DE BAHÍA DE TODOS SANTOS	13
3. HIPÓTESIS	14
4. OBJETIVO	14
OBJETIVOS PARTICULARES.....	15
5. ÁREA DE ESTUDIO	15
PLAYA MUNICIPAL	15
6. MÉTODO	17
A. CAMPAÑAS DE CAMPO.....	17
B. LEVANTAMIENTOS DE PERFILES TOPOGRÁFICOS	18
C. MUESTRAS DE SEDIMENTO	18
D. TRATAMIENTO DE MUESTRAS Y PROCESAMIENTO.	19
E. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DEL CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE GRANO	19
F. TEÑIDO DE MUESTRA.....	20
G. CONTEO DE MINERALES	20
H. VARIACIÓN LONGITUDINAL DE ESFERICIDAD Y REDONDEZ	20
I. TRATADO DE DATOS DE VIENTO.....	21
J. EVALUACIÓN DE CONDICIONES DEL ÁREA POR CUADRANTE.....	21
K. EVALUACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL	21
7. RESULTADOS	22
PERFILES DE PLAYA.....	22
<i>Perfil 1</i>	22
<i>Perfil 2</i>	22
<i>Perfil 3</i>	22
<i>Perfil 4</i>	23
VARIACIÓN GENERAL DE LOS PARÁMETROS TEXTURALES	23
CAMBIO ESTACIONAL DEL PERFIL DE PLAYA Y DE LOS PARÁMETROS TEXTURALES.....	23
PRIMAVERA.....	23
<i>Transecto uno</i>	23
<i>Transecto dos</i>	24
<i>Transecto tres</i>	24
<i>Transecto cuatro</i>	24
<i>Variación espacial de la media de grano</i>	25
<i>Variación espacial de la selección de grano</i>	25
<i>Variación puntual del viento</i>	25

VERANO.....	27
<i>Transecto uno</i>	27
<i>Transecto dos</i>	28
<i>Transecto tres</i>	28
<i>Transecto cuatro</i>	29
<i>Variación espacial de la media de grano</i>	29
<i>Variación espacial de la selección de grano</i>	29
<i>Variación puntual del viento</i>	30
OTOÑO.....	31
<i>Transecto uno</i>	31
<i>Transecto dos</i>	32
<i>Transecto tres</i>	32
<i>Transecto cuatro</i>	33
<i>Variación espacial de la media de grano</i>	33
<i>Variación espacial de la selección de grano</i>	33
<i>Variación puntual del viento</i>	33
INVIERNO	35
<i>Transecto uno</i>	35
<i>Tansecto dos</i>	36
<i>Tansecto tres</i>	36
<i>Transecto cuatro</i>	36
<i>Variación espacial de la media de grano</i>	37
<i>Variación espacial de la selección de grano</i>	37
<i>Variación puntual del viento</i>	37
VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS.....	39
DEPOSITACIÓN Y EROSIÓN	40
VARIACIÓN ESTACIONAL DEL VOLUMEN	41
<i>Verano - invierno</i>	41
<i>Primavera – verano</i>	42
<i>Verano – otoño</i>	42
<i>Otoño – invierno</i>	43
CAMBIO PERPENDICULAR DE LA MINERALOGÍA	44
CAMBIO LONGITUDINAL DE LA MADUREZ TEXTURAL	45
EVALUACIÓN DE CONDICIONES DEL ÁREA POR CUADRANTE	47
<i>Primera visita</i>	47
<i>Segunda visita</i>	48
8. DISCUSIÓN	53
10. RECOMENDACIONES	57
LITERATURA CITADA	58

LISTA DE TABLAS

TABLA I.- FECHAS DE CAMPAÑAS.	17
TABLA II.- LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	19
TABLA III.- LISTA PARA EVALUACIÓN DE PARÁMETROS.	21
TABLA IV.- DISTRIBUCIÓN DE DATOS POR MÉTODO SHAPIRO- WILK	39
TABLA V.- P-VALORES DE DISTRIBUCIÓN PARA DECISIÓN ESTADÍSTICA.	40
TABLA VI.- VARIACIÓN DE PENDIENTES POR PERFIL Y ESTACIÓN.	40
TABLA VII.- DEPOSITACIÓN Y EROSIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.	41
TABLA VIII.- ABUNDANCIA DE GRUPOS MINERALES ENCONTRADOS POR MUESTRA. CUARZO (Q), FELDESPATOS POTÁSICOS (FELD-K), PLAGIOCLASAS (PLAG.), MINERALES DENSOS Y OPACOS.	44
TABLA X.- PUNTAJE POR CUADRANTE EN PRIMERA CAMPAÑA.	51
TABLA XI.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO UNO EN PRIMAVERA Y PARÁMETROS TEXTURALES.	71
TABLA XII.- COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO DOS EN PRIMAVERA Y PARÁMETROS TEXTURALES.	72
TABLA XIII.- COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO TRES EN PRIMAVERA Y PARÁMETROS TEXTURALES.	73
TABLA XIV.- COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO CUATRO EN PRIMAVERA Y PARÁMETROS TEXTURALES.	74
TABLA XV.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO UNO EN VERANO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	75
TABLA XVI.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO DOS EN VERANO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	76
TABLA XVII.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO TRES EN VERANO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	77
TABLA XVIII.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO CUATRO EN VERANO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	78
TABLA XIX.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO UNO EN OTOÑO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	79
TABLA XX.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO DOS EN OTOÑO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	80
TABLA XXI.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO TRES EN OTOÑO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	81
TABLA XXII.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO CUATRO EN OTOÑO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	82
TABLA XXIII.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO UNO EN INVIERNO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	83
TABLA XXIV.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO DOS EN INVIERNO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	84

TABLA XXV.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO TRES EN INVIERNO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	85
TABLA XXVI.-COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO CUATRO EN INVIERNO Y PARÁMETROS TEXTURALES.	86

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- DIAGRAMA DE <i>BLOWOUT</i> DE TIPO PLATILLO (IZQUIERDA) Y TIPO CANAL (DERECHA) (HESP, 2002).	10
FIGURA 2.-ÁREA DE ESTUDIO.	16
FIGURA 3.- ZONA DE ESTUDIO MOSTRANDO PUNTOS DE MUESTREO (IMAGEN GOOGLE EARTH, 2016. CP=CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; CRES=CRESTA; SOT=SOTAVENTO).	17
FIGURA 4.- ZONA DE ESTUDIO DELIMITADA POR CUADRANTES PARA EVALUAR IMPACTOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS (IMAGEN GOOGLE EARTH, 2016).	18
FIGURA 7.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA MEDIA (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA)Y DE PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA PRIMAVERA (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	26
FIGURA 8.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA SELECCIÓN (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA)Y DE PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA PRIMAVERA (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	27
FIGURA 9.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA SELECCIÓN (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA) Y DE PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA PRIMAVERA (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	30
FIGURA 10.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA SELECCIÓN (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA VERANO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	31
FIGURA 11.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA MEDIA (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA) Y DE PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE	

ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA OTOÑO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	34
FIGURA 12.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA SELECCIÓN (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA) Y DE PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA OTOÑO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	35
FIGURA 13.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA MEDIA (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA) Y DE PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA INVIERNO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	38
FIGURA 14.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA SELECCIÓN (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA) Y DE PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO. LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LAS ZONAS (CP= CARA DE LA PLAYA; BAR= BARLOVENTO; ETC.). LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO). LA ROSA DE ORIENTACIONES MUESTRA LA DIRECCIÓN E INTENSIDAD (WS) DE LOS VIENTOS PARA INVIERNO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	39
FIGURA 15.- CAMBIO DE VOLUMEN DE VERANO A INVIERNO.	41
FIGURA 16.- CAMBIO DE VOLUMEN DE PRIMAVERA A VERANO.	42
FIGURA 17.- CAMBIO DE VOLUMEN DE VERANO A OTOÑO.	43
FIGURA 18.- CAMBIO DE VOLUMEN DE OTOÑO A INVIERNO.	44
FIGURA 19.- LÁMINA DELGADA EN PLANO DE LUZ POLARIZADO (DERECHA) Y NICOLÉS CRUZADOS (IZQUIERDA Y DEBAJO). MICA DE BIOTITA ENCERRADA CON LÍNEA VERDE, CUARZO ENCERRADO CON LÍNEA AMARILLA, PLAGIOCLASA ENCERRADA EN ROJO (LAS MACLAS SE PUEDEN OBSERVAR A SIMPLE VISTA), FELDESPATO POTÁSICO ENCERRADO CON LÍNEA ANARANJADA.	45
FIGURA 20.- IMÁGENES DE MICROSCOPIO DE BARRIDO ELECTRÓNICO.	46
FIGURA 21.-COMPORTAMIENTO LONGITUDINAL DE LA MADUREZ TEXTURAL.	46
FIGURA 22.- PUNTAJE PARA PRIMERA VISITA GENERAL.	47
FIGURA 24.- PUNTAJE PARA PRIMERA VISITA ANTRÓPICO.	48
FIGURA 29.- COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO UNO EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	66
FIGURA 30.- COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO DOS EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	66
FIGURA 31.- COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO TRES EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	67
FIGURA 32.- COMPORTAMIENTO DEL TRANSECTO TRES EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	67

FIGURA 33.- DISTRIBUCIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES A LO LARGO DEL PERFIL UNO EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	68
FIGURA 34.- DISTRIBUCIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES A LO LARGO DEL PERFIL DOS EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	69
FIGURA 35.- DISTRIBUCIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES A LO LARGO DEL PERFIL TRES EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	70
FIGURA 36.- DISTRIBUCIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES A LO LARGO DEL PERFIL CUATRO EN CAMPAÑAS DE PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO.	70
FIGURA 37.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA CURTOSIS (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA PRIMAVERA (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	87
FIGURA 38.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA ASIMETRÍA (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA PRIMAVERA (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	88
FIGURA 39.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA CURTOSIS (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA VERANO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	89
FIGURA 40.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA ASIMETRÍA (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA VERANO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	90
FIGURA 41.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA CURTOSIS (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA OTOÑO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	91
FIGURA 42.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA CURTOSIS (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA OTOÑO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	92
FIGURA 43.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA CURTOSIS (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA INVIERNO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).	93

FIGURA 44.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LA CURTOSIS (FIGURA SUPERIOR IZQUIERDA), PERFILES DE PLAYA (FIGURAS EXTREMO DERECHO, DONDE LAS LÍNEAS VERDES SON EL LÍMITE DE LA SECCIÓN Y LAS ROJAS EL PUNTO DE MUESTREO) Y ROSA DE VIENTOS PARA OTOÑO (FIGURA INFERIOR IZQUIERDA).

94

1. INTRODUCCIÓN

Se conoce como duna a una estructura eólica caracterizada por la presencia de material no consolidado, con una variación en su altura, desde unos metros a cientos (Pettijohn et al., 1963; Nieves y Suárez, 1990). Las dunas son ecosistemas muy dinámicos y variables, presentes en la mayoría de las zonas climáticas, como dunas continentales y también como un cinturón, relativamente angosto de dunas litorales o costeras. La dinámica de estos ecosistemas se explica por la interacción entre arenas, vientos, mareas y un obstáculo (natural) que cumpla la función de trampa de arena (Müller-Hohenstein, 1992; Pettijohn et al., 1963).

Las dunas se pueden clasificar con base en distintas características. El uso de cada método de clasificación depende del objetivo buscado. Pintó *et al.* (2014) las clasifica con base a su geomorfología, nombrándoles como: embrionarias o incipientes, de rampa, de cordón y de barjanas. Dunas incipientes se reconocen por su tamaño pequeño, forma discreta de montículo con plantas individuales frente a esta. Las dunas de rampa son depósitos en la parte superior de la playa, caracterizadas por una pendiente de altura variable. Dunas de cordón son acumulaciones paralelas en la parte trasera de la playa, con alturas de entre uno a cuatro metros. Dunas barjanas solo aparecen en zonas donde el viento sopla muy fuertemente, además que la acción del oleaje no permite su consolidación.

Un método común de clasificar las dunas costeras es mediante la cobertura vegetal. Cuando estas carecen de vegetación se denominan dunas móviles, ya que son capaces de desplazarse a gran distancia, debido a la falta de retención de sedimento. Al encontrarse parcialmente cubiertas de vegetación, su movilidad no es muy alta, por lo cual se les conoce como “semimóviles”. Por último cuando están cubiertas totalmente de vegetación y la arena permanece inmóvil se les reconoce como dunas “estabilizadas” (Martínez, 2008).

El sedimento que compone una duna tiene su origen en la degradación por el intemperismo y erosión de rocas preexistentes, tanto del interior del continente como en la zona costera. Los sedimentos son acarreados al mar y transportados en la línea costera por efecto de corrientes, marea y oleaje. Una vez depositados en la línea de costa, los granos son levantados y transportados durante la marea baja por el viento hacia el continente, acumulándose al interactuar con un obstáculo, iniciando así el proceso de formación de una duna. El tamaño de la partícula, su densidad, su forma y cohesión son factores que definen la distancia de su transporte (Bagnold, 1954; Pettijohn *et al.* 1963; Martínez, 2008, Goldsmith, 1976, Brown y McLachan, 1990).

Las dunas se caracterizan por la presencia de laderas modificadas por el viento con inclinaciones moderadas en su pendiente de barlovento (zona donde

golpea el viento) y cambios pronunciados de pendiente hacia sotavento (zona protegida del embate directo del viento).

En la mayoría de los sistemas dunares el cuarzo es el principal componente. Otros minerales comunes son la hematita, rutilo y carbonato de calcio como fragmentos de conchas (Anwar-Maun, 2009).

Una de las principales funciones de las dunas es proteger la zona costera debido a su efecto de barrera, lo cual disipa y amortigua la energía del oleaje y las corrientes litorales. Además son fuente sedimentaria para mantener el equilibrio de la playa, al reemplazar de arena ante eventos de tormenta o inundaciones. Otra importancia de las dunas es su capacidad para mantener distintos micro hábitats colonizados por mamíferos, reptiles e insectos, destacando la anidación de aves marinas, además de influir en las diferencias morfológicas de las plantas. La biodiversidad en estos micro hábitats radica, en gran parte, a la variabilidad de sus condiciones físicas, como la intensidad de viento y químicas como cambio de pH y disponibilidad de nutrientes por brisas salinas las cuales son diferentes en las distintas partes de la duna (Gil, 1987; Martínez del Río, 1982; Martínez et al., 1993, 2011, Moreno-Casasola, 2006).

Los campos de dunas también ofrecen importantes servicios ambientales, para el hombre como, caminatas, contemplación del paisaje, observación de flora y fauna, con fines didácticos tales como la impartición de cursos y pláticas de educación ambiental, campañas de limpieza así como difusión de los valores ambientales del sitio (Edici, 2011).

Estos servicios en la actualidad son afectados por el uso de aficionados a los vehículos todo terreno circulando por estas zonas, generando cambios a la morfología de las dunas en conjunto con fenómenos naturales (ráfagas de viento, oleaje de tormenta entre otros). Uno de los fenómenos eólicos más comunes que perturban las zonas dunares es el esfuerzo del viento, el cual puede ser representado en “*blowouts*” (Figura 1). Un *blowout* es una depresión o hueco resultado de la erosión eólica. La forma de esta depresión depende de cómo “golpee” el viento la duna. *Blowouts* que inician en la cresta de la duna se caracterizan por una forma de tipo platillo poco profundo, mientras que los que inician en la cara escalonada son generalmente alargados llamados de tipo canal (Figura 1) (Smith 1960). Este proceso puede ser iniciado de diversas formas: erosión por oleaje a lo largo de la cara de la duna, aceleración del cambio topográfico por efecto del viento sobre la cresta de las dunas, cambio climático, variación de vegetación en espacio y tiempo, erosión por agua, altas velocidades de viento, inundación de arena y enterramiento así como las actividades humanas (Hesp, 2002).

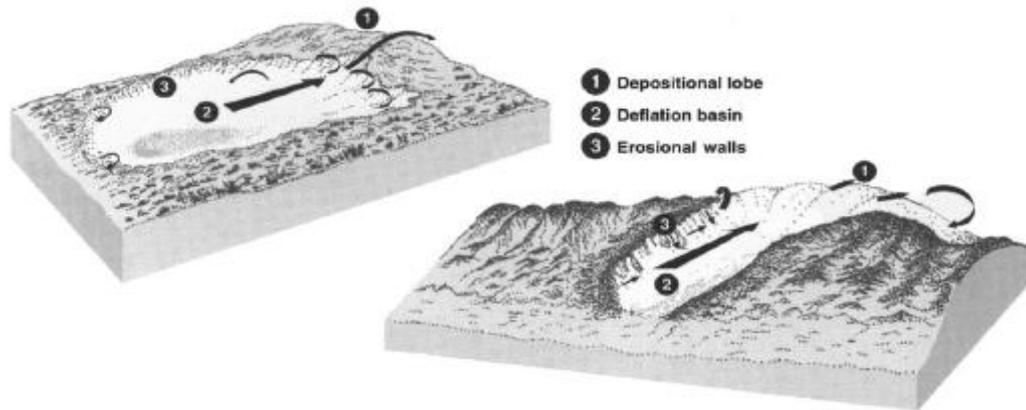


Figura 1.- diagrama de *blowout* de tipo platillo (izquierda) y tipo canal (derecha) (Hesp, 2002).

Otro de los impactos naturales que afectan a las dunas son los procesos marinos, sobre todo en condiciones de manera alta y/o tormentas ya que en estos casos el oleaje incide en las dunas generando canales que la cortan y remueven una gran cantidad de sedimento de la misma. Adicionalmente este proceso genera acumulación de agua en la zona del sotavento y cuando el agua tiende a regresar al mar de nuevo produce una gran remoción de sedimento de la duna. Este daño se conoce comúnmente como deslavado (“*washover*”) en español (Morton y Jr, 2013).

El impacto humano en los campos de dunas es un factor que ha aumentado de manera significativa a escala mundial. Actualmente se encuentran bajo una alta presión por el desarrollo urbano, causando su deterioro por pérdida de arena (Williams et al., 2001).

En México existen aproximadamente 800,000 ha de dunas costeras, comprendiendo el 1% de la superficie del país, distribuidas alrededor del 80% del litoral costero mexicano, de las cuales 50% han sido transformadas para uso agropecuario o urbanizadas (Jiménez-Orocio, 2014; Espejel et al., 2014; Jiménez-Orocio, Hesp, Martínez Espejel y Moreno Casasola, 2014). Estas se caracterizan por una amplia distribución y heterogeneidad, que en algunos casos da lugar a dunas deterioradas pero muy bien conservadas (Martínez et al., 2014, Sengier, Espejel y Fermán-Almada, 2009; Citado en Jiménez-Orocio et al., 2015).

En México, si bien hay campos de dunas muy bien estudiados, hay otros totalmente desconocidos (Revelo-Rodríguez et al., 2014). Por lo anterior y particularmente para las dunas costeras es necesario conocer con más detalle sus características geológicas y mineralógicas, conocer su geomorfología, fauna e

interacciones bióticas, movimiento de material sedimentario y su efecto sobre el perfil de playa, así como monitoreos a largo plazo para analizar los riesgos de erosión y elaborar diagnósticos sobre las necesidades de conservación y restauración, especialmente costera ante el escenario del cambio climático (Jiménez-Orocio et al., 2015; Castellón-Álvarez, 1998).

En la Bahía de Todos Santos se localizan diversos campos de dunas (Conalep y La Lagunita, Campo militar El Ciprés, Barra de arena del Estero de Punta Banda (Porción Norte) y Barra de arena del Estero de Punta Banda (Porción Sur)) con características distintivas, en donde cada uno ha cambiado de manera significativa las últimas décadas, con cambios más evidentes en la zona norte (Svenia-Costa, 2011).

El aumento del turismo y crecimiento poblacional de la ciudad de Ensenada ha incrementado el uso de la zona costera, y la modificación del uso del suelo. En especial, el uso de las playas, cuyo acceso en muchas ocasiones requiere transportarse por las zonas de dunas ya sea en motos, carro o a pie (Rosales-Ortiz, 2006). Este problema ha aumentado los últimos años, sobre todo en zonas cercanas al centro de población ya que no existe un control sobre el uso recreativo de estas, deparando un futuro de conservación de mala calidad (Rosales-Ortiz, 2006; Lubinsky et al., 2006).

Las consecuencias pueden ser la pérdida de importantes especies de flora y fauna silvestre, particularmente por el tráfico vehicular y peatonal, que además puede desencadenar erosión acelerada. Dado que para que el sistema de dunas crezca y se mantenga estable es necesaria la presencia de vegetación sobre ellas, sin este factor las dunas se desplazan en dirección del viento, lo cual resulta en una disminución de tamaño o hasta una pérdida del sistema, repercutiendo en inundaciones por eventos de tormenta, huracanes u otros fenómenos (Valdes-Cotera, 1987; Rosales-Ortiz, 2006).

Dado el riesgo en que se encuentran las dunas costera de Ensenada, y la falta de información detallada sobre su estado actual y proceso de degradación, el presente trabajo se orienta a la caracterización del campo de dunas Conalep- La Lagunita como un primer paso a la búsqueda de soluciones para mitigar los impactos producidos en la zona costera.

2. ANTECEDENTES

Dunas en México

Los estudios detallados de dunas costeras han sido registrados desde 1960, enfocándose principalmente a la dinámica vegetal y sedimentaria (Inman *et al.*, 1966, Poggie, 1962; Psuty, 1965). La mayoría de ellos se relacionan a la cobertura vegetal, ecología vegetal, geomorfología, mineralogía y geología. Menos frecuentes son los estudios de las interacciones ecológicas y ecología animal, muy poca al impacto ambiental, riesgo costero y la valoración de los servicios ecosistémicos (Jiménez-Orocio *et al.*, 2015).

Distribución de la vegetación de dunas costeras

Johnson (1977) registró la diversidad vegetal de duna, de Tijuana a la Paz y del golfo de Santa Clara (Sonora) hasta San Blas (Nayarit) en 1982. En sus trabajos determinó que la distribución de las asociaciones de plantas está limitada por factores climáticos y las características sedimentarias de cada región. Dividió la península en 3 regiones: norte, dominada por *Abronia marítima*, *Cakile marítima*, *Ambrosia chamissonis* y *Mesembryanthemum chilense*; centro, donde predominan *Sesuvium portulacastrum*, *Atriplex barclayana* y *Astragalus magdalenae*, y por último la región la región del Cabo, con *Jouvea pilosa*, *Sporobolus virginicus*, *Palafoxia linearis* y *Chamaesyce leucophylla*.

Impacto ambiental

Martínez, Gallego-Fernández, García-Franco, Moctezuma y Jiménez (2006) y Oropeza-Orozco *et al.*, (2011) evaluaron la vulnerabilidad las dunas costeras del Golfo de México, observando que las afectadas por estructuras tendían a tener una menor área, por lo cual la vulnerabilidad de estas aumenta con respecto a factores antropogénicos y naturales.

Martínez, Gallego-Fernández *et al.* (2006) identifica 5 factores como estresores y perturbadores de las dunas costeras, siendo estas: geomorfológico, marino, eólico, vegetal y humano, los cuales determinan la capacidad del ecosistema.

Oropeza-Orozco *et al.* (2011) mencionan que el cambio de uso de suelo es el principal factor de degradación el cual determina la vulnerabilidad de las dunas costeras.

Degradación ambiental

Ecofet y Espejel (1999) documentan que casi el 50% de las dunas del corredor turístico de la carretera Ensenada-Tijuana fueron destruidas con fines inmobiliarios. Esto impulsó la introducción de plantas exóticas como planta de ornato, especies que desplazan a las nativas de las dunas costeras.

Mellink y Riojas-López (2007) describieron las modificaciones históricas estructurales de la laguna de Cuyutlán, haciendo referencia a las construcciones de canales en la barra arenosa para conectar a la laguna con el mar con el objetivo de evitar su desecación y crear una conexión para las embarcaciones e industrias salineras, lo cual ocasionó asolvamientos y la necesidad de dragados constantes en la costa, además de erosión en la playa.

Camacho-Valdéz *et al.* (2008) documenta el impacto de los deportes extremos, los que han ocasionado una pérdida del 45% de la cobertura vegetal en dunas del extremo sur de la península de Baja California, resultando en el incremento de la inestabilidad y erosión de las mismas.

Hesp *et al.* (2010) estimaron la presión de usuarios sobre la vegetación en las pendientes de las dunas estimando el número de especies perdidas después del tránsito de personas sobre ellas. Concluyen que las especies en pendientes pronunciadas son las primeras en desaparecer, y que a partir del paso de 50 personas la vegetación comienza a disminuir.

Dunas de Bahía de Todos Santos

Cooper (1968) establece uno de los primeros registros de dunas costeras en Bahía de Todos Santos. A través de observaciones directas en Agosto de 1933, observó que las dunas primarias en la bahía se caracterizaban por ser bien vegetadas, lo contrario en el caso de las dunas secundarias no se encontraban totalmente estabilizadas, presentando un movimiento de arena hacia tierra adentro.

Lizarraga-Arciniega (1972) destaca en la importancia de la boca del Estero de Punta Banda como una importante fuente sedimentaria para las playas al norte de esta misma zona hasta Arroyo El Gallo, debido a la combinación de la marea y corriente litoral.

González-Yajimovich (1981) evaluó el transporte de arena por viento utilizando datos meteorológicos en un área de aproximadamente 3.9 km de longitud, localizada a las latitudes 31°43' N y 31° 55' y longitudes 116° 37' y 116 48' W encontrando un transporte eólico neto en el sentido Oeste-Este y con un volumen de 6.215 m³ para el año de 1977 sin tomar en cuenta la humedad del viento.

Mendez-Arriaga (1982) describe un patrón divergente en el transporte litoral a dos kilómetros de la boca del estero, donde esta toma curso al norte hasta la rada portuaria y al sur hasta la barra del estero de Punta Banda.

García-Gastelum (1982) por medio de un estudio donde clasifica integralmente a la Bahía de Todos Santos, concluye que la caracterización de los recursos ambientales, o la integración del medio biofísico y socioeconómico dentro de un sistema clasificado es uno de los principales pasos a seguir en respuesta a las soluciones para la reducción de impactos producidos en la zona costera.

Estudios de Vieira-Arouca (2004) demuestran que en 1993 se tenía un 75% del área natural sin uso aparente. Para el 2003 se consideraba solo un 50%, además de encontrarse un aumento en pavimentación por el incremento de construcción de infraestructura y un aumento en la fragmentación en el paisaje debido a veredas y brechas.

Rosas-Gómez (2008) propone la certificación de la playa municipal de Ensenada, Baja California, para contribuir a su sustentabilidad, promocionarla e incorporarla al sector turístico. También propone a la zona “La Lagunita” como una zona de conservación, así como iniciar la restauración de dunas en todo el frente costero.

Svenia-Costa (2011) evaluó la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos por medio de dos tipos de listas de verificación. La primera con base en Davies *et al.* (1995) y, la segunda a García-Mora *et al.* (2001). Ambos métodos indicaron que las dunas más vulnerables son las zona de la “Conalep y La Lagunita”, la porción Sur de la Barra del Estero de Punta Banda y, campo El Ciprés: las menos vulnerables son las de la zona norte de la barra de arena del Estero de Punta Banda.

3. HIPÓTESIS

El estado actual del campo de dunas “La Lagunita”, resultado de los factores antropogénicos, marinos y eólicos que acontecen en la zona reflejara cambios en sus características sedimentológicas, mineralógicas, así como en el perfil de playa en las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno.

4. OBJETIVO

Caracterizar sedimentológica y mineralógicamente el campo de dunas “La Lagunita”, evaluar los factores naturales y antropogénicos, así como el cambio estacional del perfil de playa.

Objetivos particulares

- 1.- Obtener perfiles de playa y analizar estacionalmente las variaciones morfológicas y los cambios en los volúmenes de sedimento.
- 2.- Analizar los cambios estacionales de los parámetros estadísticos texturales del sedimento (media y clasificación) a lo largo de cada perfil.
- 3.- Evaluar la composición mineralógica, redondez y esfericidad de los sedimentos.
- 4.- Estimar la cobertura vegetal mediante fotografías aéreas.
- 5.- Identificar el efecto de los factores antropogénicos, marinos y eólicos en el área de estudio.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la playa municipal de Ensenada B.C., en el campo de dunas aledaña a “La Lagunita”, aledaña a El Ciprés en la Bahía de Todos Santos las coordenadas de los 31° 48′ 59″ a 31° 48′ 50″ N y 116° 36′ 35″ a los 116° 36′ 25″ O (Figura 2).

Playa Municipal

La playa municipal se caracteriza por componerse de arena de tamaño medio (2 phi), sin rocas, bien clasificada, de origen aluvial y pobre en materia orgánica (Gulicher, 1975; Martínez-Rocha, 1991).

Con respecto al oleaje y viento, en las temporadas de verano-otoño el oleaje se caracteriza por ser bajo y con vientos poco intensos. De invierno-primavera es alto, con vientos aproximados del W-SW y de mayor intensidad del NW y W con una predominancia del último. Como consecuencia predomina depositación de sedimentos en verano y erosión en invierno, contando lo que a su vez es influenciado por factores como la topografía, la configuración de la costa, tipo de sedimento, oleaje incidente y mareas (Rubio-Orozco, 1987, 2011; Hernández-Zanatta, 1999; Viera-Aroca, 2004). Dependiendo de los patrones predominantes del viento se presentan tres distintos tipos de circulación en la costa. Cuando la componente se da al Norte, las aguas se mueven desde San Miguel y Punta Banda hasta el centro de la Bahía; en donde converge y toman dirección Oeste hacia las islas. Cuando los vientos son débiles la dirección es variable y por lo tanto es difícil establecer un patrón. Además, las estructuras antropogénicas también afectan estos procesos naturales, ya sea frenándolos o acelerándolos (Hernández-Zanatta, 1999). La zona se caracteriza por dunas con escasa

vegetación terrestre, y terrazas fluviales, constituidas por rocas sedimentarias post-batolíticas del Cuaternario (Baca-Chacon, 1981).

En la playa municipal destaca el campo de dunas además de La Lagunita son considerado como un ecosistema único por su alta riqueza faunística, consiste principalmente de aves como gaviotas, garzas, patos y aves playeras, las que la usan como una zona de reproducción, refugio y protección (Zamora, 2007).

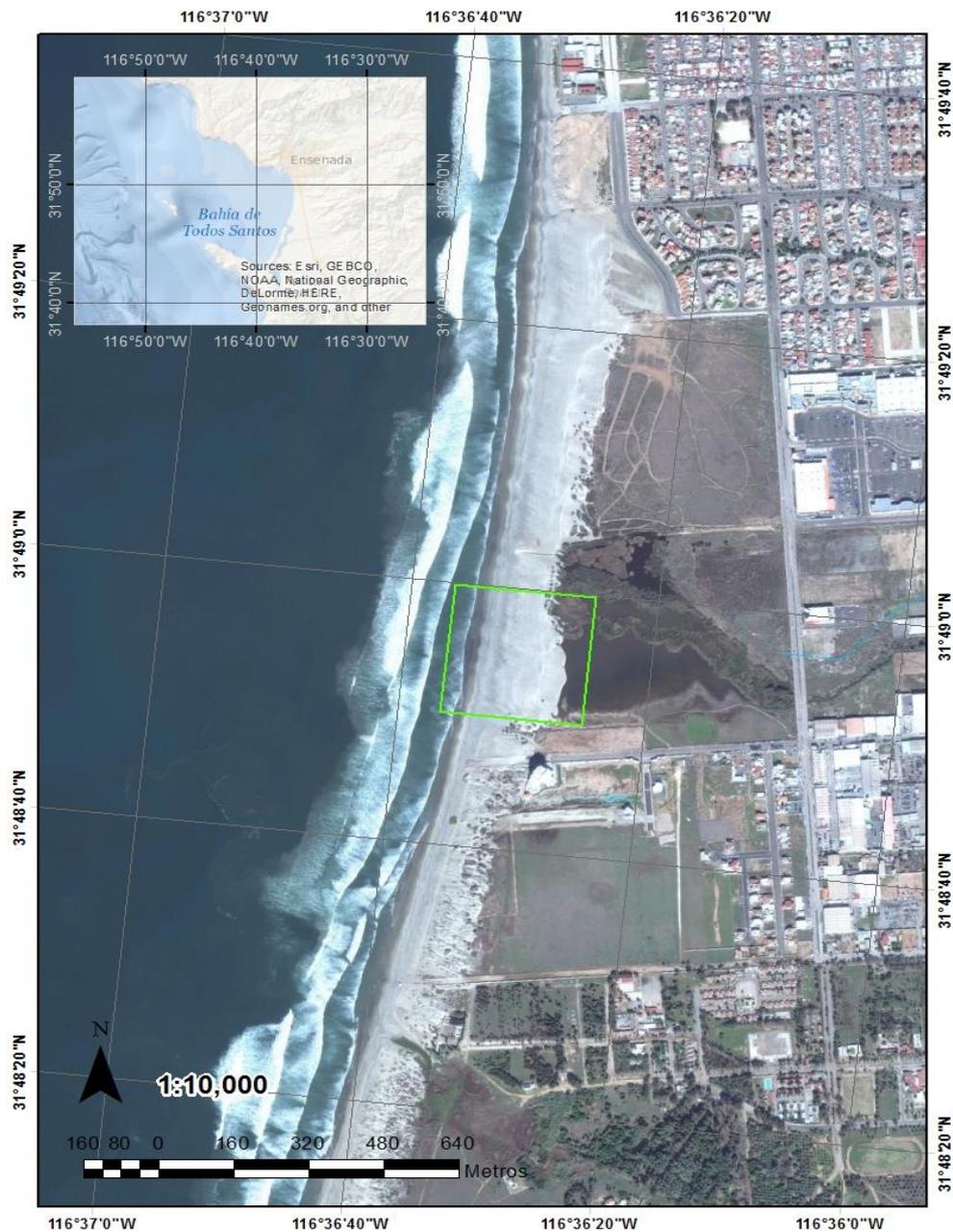


Figura 2.-Área de estudio.

6. MÉTODO

Se definieron 4 transectos perpendiculares a la playa con una separación de 100 m entre ellos a lo largo de los cuales se obtuvieron perfiles topográficos y muestras de sedimento. Con el objetivo de facilitar la descripción de los resultados, la zona se dividió en zonas a las cuales se les denominaron Cara de playa (CP), Barlovento (BAR), cresta (CRES) y sotavento (SOT) (Figura 3). Para la evaluación de impactos naturales y antropogénicos la zona fue dividida en 9 cuadrantes de 100 x 100 m, los cuales fueron enumerados consecutivamente (Figura 4).

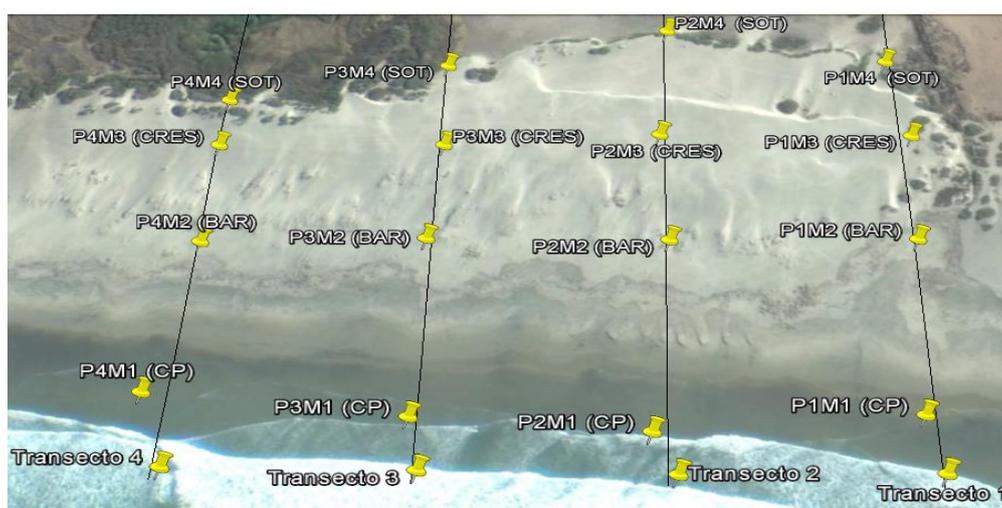


Figura 3.- Zona de estudio mostrando puntos de muestreo (Imagen Google Earth, 2016. CP=cara de la playa; BAR= barlovento; CRES=cresta; SOT=sotavento).

a. Campañas de campo

Con el fin de caracterizar el campo de dunas bajo condiciones de primavera, verano, otoño e invierno se realizaron 4 campañas en las siguientes.

Tabla 1.- Fechas de campañas.

Campaña	Fecha de campaña
Primavera	7 de Mayo del 2015
Verano	27 de Julio del 2015
Otoño	8 de Octubre del 2015
Invierno	24 noviembre del 2015

b. Levantamientos de perfiles topográficos

Los cordones de dunas no se encuentran bien definidos (Figura 2), motivo por el cual se decidió expresar las características de los perfiles dividiéndolos en zonas (cara de playa, sotavento, cresta y sotavento).

Los perfiles fueron levantados desde la línea de playa hasta atravesar la duna por el método de nivelación diferencial. Los datos fueron capturados en Excel y graficados. Cada una de estas mediciones fue referenciada al nivel medio del mar. Con el objetivo de facilitar la ubicación de los rasgos geomorfológicos sobresalientes del perfil, el cadenamamiento se etiquetó como 0+0 al inicio del perfil, variando el número a la derecha del signo + en función de la distancia en metros del punto 0 de referencia referencia, así por ejemplo, una nomenclatura 0 + 50 se refiere a un punto que se encuentra a 50 metros del inicio del perfil (Fig. 3)



Figura 4.- Zona de estudio delimitada por cuadrantes para evaluar impactos naturales y antropogénicos (Imagen Google Earth, 2016).

c. Muestras de sedimento

Se colectaron 4 muestras de sedimento de forma manual a lo largo de cada uno de los perfiles en zonas representativas de la CP, B, C y S (Figura 7- 14), etiquetándose con referencia al perfil y la muestra donde fue obtenida. Así, CP=M1, B=M2, C=M3 Y S=M4, de tal manera que una muestra a la cual se hace referencia como P1M1 corresponde a la tomada en el perfil 1 en la CP. Las muestras fueron guardadas en bolsas de plástico debidamente etiquetadas para su posterior análisis.

Tabla 11.- Localización de puntos de muestreo

Muestra	Latitud	Longitud
P1M1	31.8139667	116.609833
P1M2	31.8139167	116.608833
P1M3	31.81395	116.607617
P1M4	31.8140833	116.607483
P2M4	31.81485	116.607417
P2M3	31.8148833	116.608167
P2M2	31.81485	116.60885
P2M1	31.8149167	116.609933
P4M1	31.8167167	116.60975
P4M2	31.8166167	116.608883
P4M3	31.8166167	116.608267
P4M4	31.8166167	116.60795
P3M1	31.8157667	116.609867
P3M2	31.8157667	116.60885
P3M3	31.8157333	116.60825
P3M4	31.81575	116.607683

d. Tratamiento de muestras y procesamiento.

Las muestras fueron tratadas y procesadas, lo cual consiste en colocarlas en un vaso de precipitado con agua destilada para disolver sales y posteriormente decantarlas. A continuación se tratan con peróxido de hidrogeno a 30% para eliminar materia orgánica. Al ya no observarse reacción se decanta y se coloca en una estufa a una temperatura entre 60 y 80 °C. Las muestras ya secas fueron cuarteadas, pesadas y tamizadas en tamices de 0 a 4 phi en intervalos de 0.5. Los datos de peso de cada fracción fueron procesados para la obtención de los parámetros texturales de Folk y Ward (1950) mediante el programa “Sysgran 3”.

e. Validación estadística del cambio en la distribución del tamaño de grano

Por medio del programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) se analizaron los datos aplicando el método de muestras relacionadas para muestra menores de 30 (Shapiro-Wilks). Se aplicó la prueba de normalidad para decidir un análisis no-paramétrico o paramétrico (wilcoxon o T-student) y determinar si los cambios fueron o no significativos. El estudio fue realizado con un intervalo de confianza de 95 % y $\alpha = 0.05$ planteando los siguientes criterios:

Criterio para normalidad:

Si $P\text{-valor} \Rightarrow \alpha$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.

Si $P\text{-valor} < \alpha$ Aceptar H_1 = Los datos no provienen de una distribución normal.

Criterio para decisión final:

Si $P\text{-valor} \leq \alpha$ Aceptar H_1 = Los cambios son significativos.

Si $P\text{-valor} > \alpha$ Aceptar H_0 = Los cambios no son significativos.

Una vez tratadas las muestras y antes de ser tamizadas, se tomó una submuestra del transecto dos en verano para elaborar una lámina delgada, mediante el método propuesto por Rendón-Márquez (1995) descrito a continuación:

f. *Teñido de muestra*

La lámina delgada fue sometida a vapores de ácido fluorhídrico por dos minutos. Posteriormente fue sumergida en una solución de cobaltinitrito de sodio para teñir los feldespatos potásicos y facilitar su identificación (Rendón-Márquez, 1995).

g. *Conteo de minerales*

Por medio de un contador manual, literatura y un microscopio petrográfico marca Leica con una rejilla ocular acoplada al ocular se identificaron y cuantificaron los minerales de la lámina delgada siguiendo el método de Gazzi-Dikinson (1984). Debido al bajo cambio de la mineralogía en la zona solo se analizaron dos muestras: una de sotavento y otra de barlovento.

h. *Variación longitudinal de esfericidad y redondez*

Por medio de un microscopio de barrido electrónico marca JEOL JSM- 35C instalado en CICESE, se obtuvieron fotografías de las muestras de verano del segundo perfil. A partir de las imágenes se valoró la esfericidad y redondez de los granos de arena de acuerdo a Riley (1941); en tanto la redondez se estimó según la propuesta de Wadell (1933). Con los resultados se generaron gráficas de redondez vs esfericidad.

i. Tratado de datos de viento

A partir de datos obtenidos de una estación meteorológica marca Vaisala ubicada en la parte alta de los condominios Pacífica, se obtuvo el promedio estacional de la velocidad del viento, ráfagas máximas, mínimas, así como direcciones máximas y mínimas. Los datos fueron procesados y graficados en Excel.

j. Evaluación de condiciones del área por cuadrante

La estimación de los parámetros antropogénicos y naturales se evaluaron a partir de los criterios de Pinto (2014) la cual fue modificada acorde a las condiciones de la zona de estudio. Los parámetros evaluados fueron antropogénicos, marinos, eólicos, biológicos y geomorfológicos (Tabla III). Se realizaron dos campañas para ello (6 de mayo y 5 de junio). Los rangos de puntaje asignados a cada parámetro fueron; nulo (0), ocasional (1), común (2) y evidente (3). En el caso de cobertura vegetal los puntajes se invirtieron.

Tabla III.- Lista para evaluación de parámetros.

Parámetro \ Cuadrante (C)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Presencia de huellas de carro (HC)									
Presencia de pisadas (P)									
Presencia de basura nueva (BN)									
Presencia de basura vieja (BV)									
Presencia de Fogatas (F)									
Carretera o estacionamientos de carros									
Uso de maquinaria para limpiar basura (MAQ)									
Brechas de duna (BD)									
Cobertura vegetal (CV)									
Presencia de blowouts (BLOW)									
Raíces expuestas (RAIC)									
construcciones a cercanas (% área) (CONS)									
Dunas fijas (% área)(DF)									
Total									

k. Evaluación de la cobertura vegetal

La cobertura vegetal en la zona fue evaluada a partir de una fotografía aérea georeferenciada obtenida en noviembre de 2015 la cual fue procesada con el programa Agisoft Photoscan.

La cobertura vegetal en la zona fue evaluada a partir de fotografías aéreas geo referenciadas en la zona obtenida en febrero de 2016. Las fotografías fueron procesadas en el programa Agisoft Photoscan, obteniendo la cobertura vegetal a través de una selección manual de las zonas con vegetación.

7. RESULTADOS

Perfiles de playa

Los perfiles obtenidos en la sección sur son abruptos, y se suavizan hacia el norte, Otra tendencia del campo de dunas es que aumenta gradualmente de altura de sur a norte, de una altura de 7.37 m en el transecto uno a 10.90 m en el transecto 4 de (Figura 7 a 14). Por el contrario, el ancho del campo se reduce en esta misma dirección de 255.87 m a 169.94 m (Figura 7 a 14). Lo anterior determina un aumento gradual en las pendientes tanto del barlovento como del sotavento en dirección norte (Tabla IV).

Perfil 1

Considerando todas las campañas, el perfil presenta una longitud promedio de 262.1m, y una pendiente promedio de 2.18° en el barlovento y de 4.12° en el sotavento. En la zona de cara de la playa la pendiente promedio es de 3.98°, mientras que en la zona de dunas primarias la pendiente promedio es de 0.34°. La zona de dunas secundarias mostró una pendiente promedio de 14.69° y, finalmente, la de dunas terciarias una pendiente de 2.20°.

El proceso erosivo más marcado se presentó durante otoño, sobre todo en las secciones posteriores a la cara de la playa, en tanto ocurrió depositación en la zona de la cara de playa (Figura 11 y 12). En invierno (Figura 13 y 14) predominó la depositación prácticamente a lo largo de todo el perfil, mientras que en primavera y verano el perfil presentó variaciones menores (Figura 7 a 10).

Perfil 2

El segundo perfil a lo largo de todas las campañas tuvo una longitud promedio de 266.35, así como una pendiente de 3.85° en el barlovento y de 2.92° en el sotavento. En la zona de la cara de playa la pendiente promedio fue de 3.72°, 0.34° en las dunas primarias, incrementándose a 0.77° en la zona de cresta, 1.81° en sotavento.

El proceso erosivo más marcado ocurrió de verano a otoño, marcando el movimiento de la cresta hacia continente. De otoño a invierno ocurrió depositación, mientras que en primavera y verano ocurrieron las variaciones más pequeñas en comparación a las demás campañas (Figura 7 a 10).

Perfil 3

A lo largo de todas las campañas el tercer perfil tuvo una longitud promedio de 230.55 y una pendiente de 2.89° en barlovento y 2.55° en sotavento.

La zona de dunas primarias mostró una pendiente promedio de 3.82° , variando de la zona de cresta de 1.64 a 6.34° en la zona de sotavento.

El comportamiento erosivo y depositacional de este perfil mostró el mismo patrón que los otros en todas las campañas. A campaña de otoño se caracterizó por una marcada duna en el cadenamiento 0+150.

Perfil 4

La longitud promedio del perfil cuatro fue de 185.71 m a lo largo de todas las campañas, y una pendiente promedio de 3.81° en barlovento y de 3.26° en sotavento. En la zona de cara de playa la pendiente promedio fue de 7.91° , mientras que en la zona de dunas primaria fue de 2.08° , 4.74° en la cresta y una pendiente de 6.13° en la zona de sotavento.

De otoño a invierno prácticamente a lo largo de todo este perfil se presentó un proceso erosivo (Figura 13 a 16), Inversamente, de verano a otoño predominó un evento depositacional. Las menores variaciones se presentaron en primavera y verano.

Variación general de los parámetros texturales

En general, la zona de estudio se compone arenas medias a finas con una media en el rango de tamaños de 1.70 a 2.66 \AA , de bien a moderadamente bien clasificados, una asimetría predominantemente casi simétrica, y curtosis mesocúrtica. Solo los perfiles tres y cuatro en condiciones de verano fueron un poco distintos, con una muy buena selección, una fuerte asimetría positiva y una distribución muy leptocúrtica (Figura 9 a 16, 35 a 41).

Cambio estacional del perfil de playa y de los parámetros texturales

Primavera

Transecto uno

El perfil presentó una longitud total de 262.5 m, con una pendiente promedio de 1.31° . En la cara de playa la pendiente promedio fue de 2.20° . La zona de sotavento presentó el perfil típico de una duna más evidente de todas las campañas. La zona de sotavento presentó una pendiente poco pronunciada (0.65°) mientras que la cresta presentó una cota de hasta 7.2m con una pendiente de 2.72° (Figura 7 y 8).

La zona de sotavento se encuentra en el cadenamiento 0+240 presentando una altura de 4.3 m y una pendiente de 3.55° siendo la más pronunciada de las tres líneas de dunas, sin embargo, la parte superior de esta duna no presenta la forma característica cóncava sino que se encuentra aplanada (Figura 7 y 8).

Transecto dos

El perfil se caracterizó por una longitud de 269.96 m y una pendiente de 0.51° , siendo la pendiente menos marcada de las cuatro campañas en este transecto. La cara de playa se caracterizó por una pendiente de 2.36° llegando a una altura de hasta 2.5 m. La zona de sotavento no presento alguna forma dunar, solo una pendiente de 1.51° la cual llego a los 4.4m en cota (visible en el cadenamiento 0+120). La cresta se caracterizó por un aumento en la cota de hasta 7 m desde su inicio hasta el cadenamiento 0+158.0 denotando una pendiente de 0.11° en general de la zona. El final de la cresta fue marcado por un cambio abrupto de cota llegando a 4.0m, denotando una zona de sotavento (cadenamiento 0+225). Al inicio de la zona de sotavento, los cambios en cota no fueron tan marcados como en la zona anterior llegando hasta 5.0 m, seguido de un descenso muy marcado en la pendiente del perfil de playa. Esta última sección se caracterizó por una pendiente de 0.55° (Figura 7 y 8).

Transecto tres

El perfil presentó una longitud de 244.03 m y una pendiente general de 1.76° . La zona de cara de playa mostro una pendiente con menor cambio en la cara de playa (1.51°) a comparación de las demás campañas de esta zona, llegando hasta una altura de 2.5m. La zona de sotavento se caracterizó por un incremento en la cota, llegando hasta los 4.0 m al final de esta zona generando una pendiente de 2.36° . Las dunas de la primera línea resultaron no ser marcadas en esta campaña. La cresta de este perfil se caracterizó por una pendiente de 2.09° desde el inicio de la cresta hasta el cadenamiento 0+166.8 aumentando su cota hasta 8.7 m, seguido de una pendiente abrupta marcada por un descenso de la cota a 7.4m, sin presencia de formas dunares. La zona de sotavento fue la más homogénea en cuanto a la variación de la cota, con una pendiente de 0.59° , llegando a los 6.7m seguido de una pendiente que marca el final de la zona de sotavento (Figura 7 y 8).

Transecto cuatro

El perfil en este transecto mostro una longitud total de 206.85 m con una pendiente de 2.39° . La cara de playa mostro una pendiente de 1.71° , seguido de un aumento en la cota hasta los 1.9m, marcando la zona de la zona de sotavento. El final de esta zona se caracterizó una pendiente de 2.45° . La cresta se caracterizó por la presencia de formas dunares y un incremento en la cota hasta los 5.5m, una pendiente inclinada de 5.44° en general, llegando a una cota de hasta 10.3 m, visible en el cadenamiento 0+195.4. La zona de sotavento se caracterizó por una pendiente marcada (15.52°) denotada por el descenso de la cota, seguido de una pendiente poco marcada y un ascenso de la cota hasta los 9.6 m denotando el final del perfil (Figura 7 y 8).

La variación promedio de la pendiente para esta campaña fue de 6.17° para sotavento, siendo la mayor de todas las campañas y 2.01° para barlovento el cual es el valor menor a su vez de las cuatro campañas (Tabla III).

Variación espacial de la media de grano

El tamaño promedio de grano en esta campaña mostro un rango de 2.20 a 2.65 Ø clasificándose como arenas finas. Las muestras de cara de playa mostraron el tamaño de grano más fino a excepción de los extremos norte y sur. La porción norte de la zona de estudio comprendida del perfil tres al cuatro mostró una tendencia de granos finos a gruesos conforme se avanza a la zona de sotavento. La cresta en el perfil tres mostro el tamaño de grano más grueso en esta sección. La zona sur denoto el mismo patrón que la zona norte siendo el tamaño más grueso en la zona de sotavento en el perfil dos (Figura 7 y 8).

Variación espacial de la selección de grano

La selección en la zona presento un patrón muy similar al de la media de grano donde la cara de playa se caracterizó por una buena selección en la cara de playa siendo la muy buena en el perfil tres. El área de estudio se caracterizó por ser bien sorteada a excepción de la cresta en el perfil tres y la zona de sotavento en el perfil dos (Figura 7 y 8).

Variación puntual del viento

Datos de viento para la campaña de primavera mostraron una dirección proveniente del NO mostrando vientos de 0 a 5 m/s en su mayoría, seguido de vientos de 5 a 10 m/s (Figura 7 y 8).

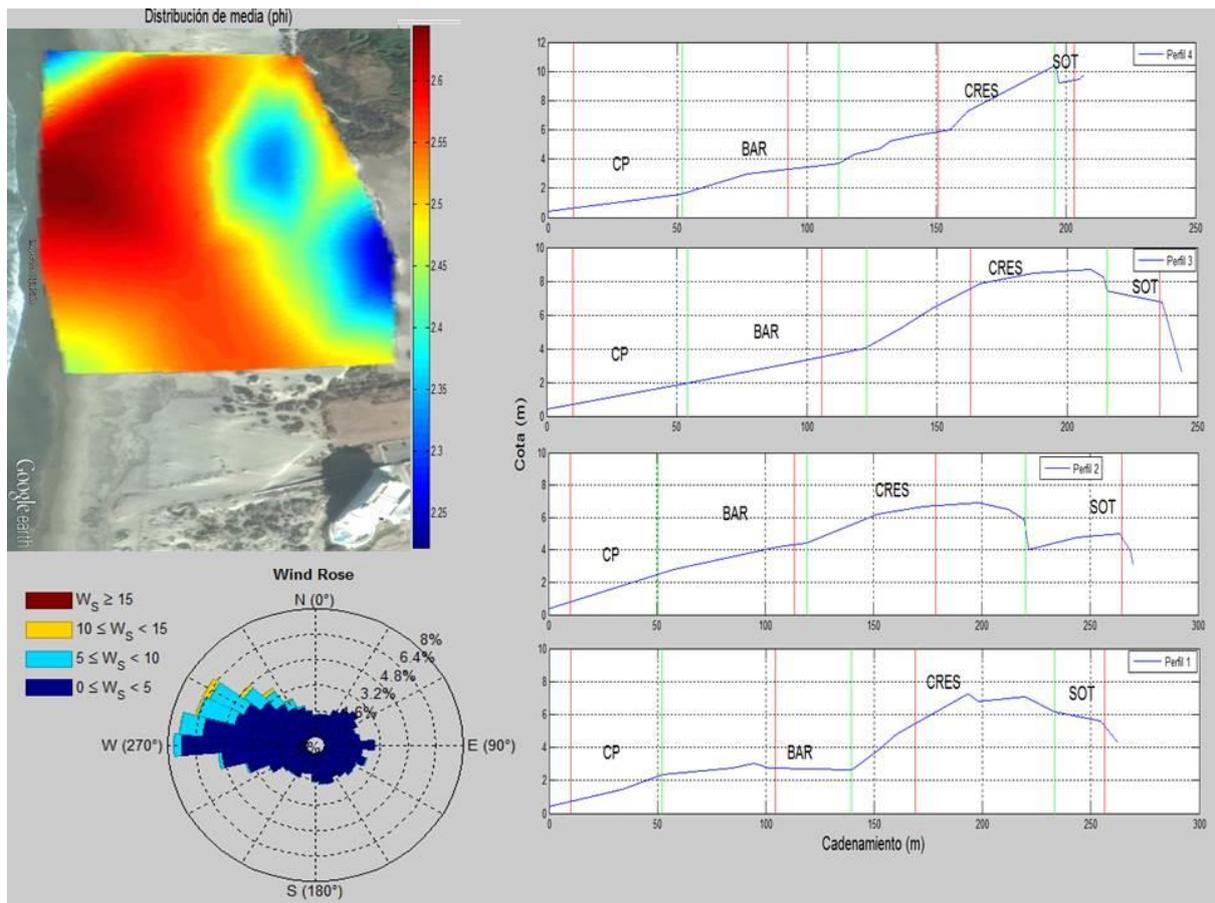


Figura 7.- Variación espacial de la media (figura superior izquierda) y de perfiles de playa (figuras extremo derecho). Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa; BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para primavera (Figura inferior izquierda).

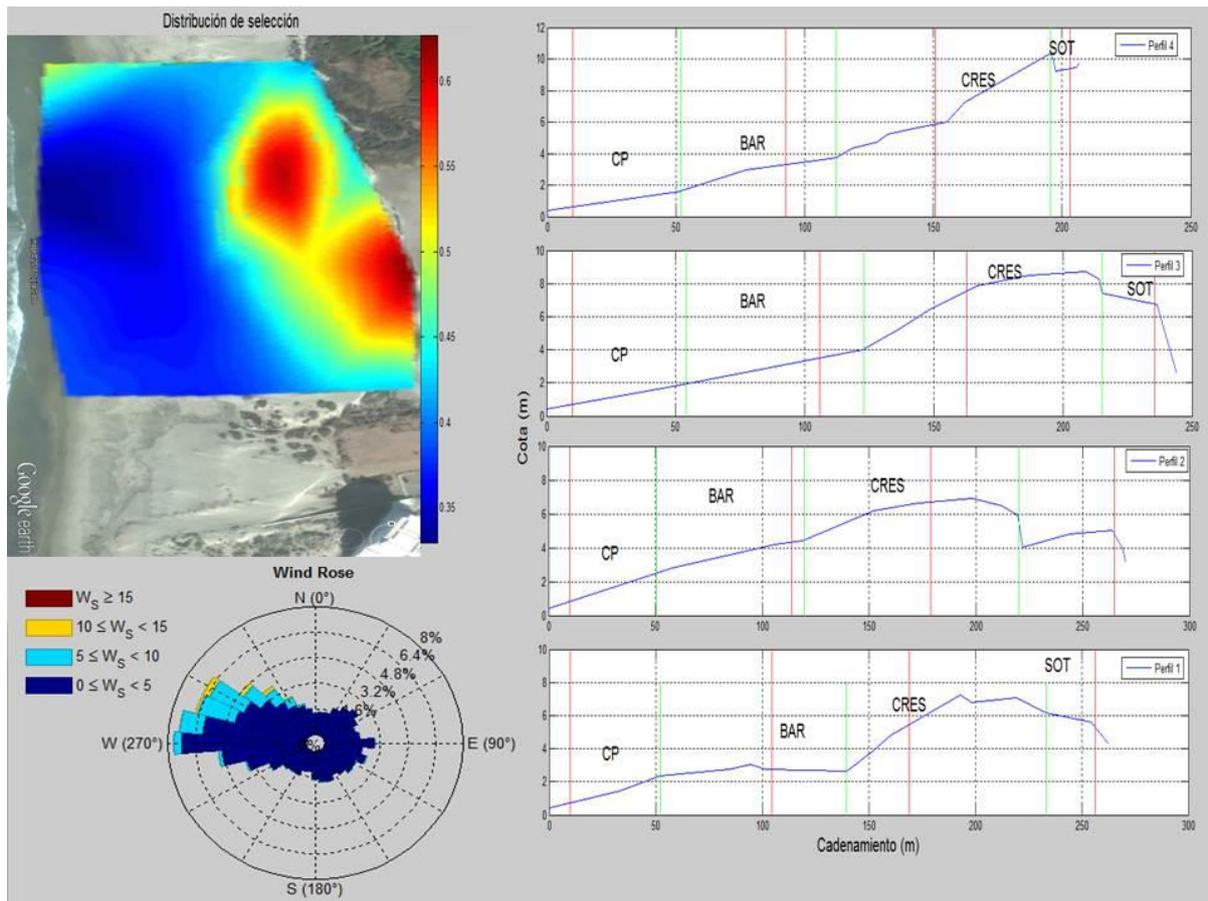


Figura 8.- Variación espacial de la selección (figura superior izquierda) y de perfiles de playa (figuras extremo derecho. Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa; BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para primavera (Figura inferior izquierda).

Verano

Transecto uno

En condiciones de verano el perfil presentó una longitud total de 262.02 m y una pendiente general del transecto de 1.04° . La cara de playa mostro una pendiente muy similar a la de invierno (Tabla VI) con 2.89812467° . Comparando con el perfil de primavera, el perfil de verano presento depositación desde la cara de playa a la zona de sotavento (del cadenamiento 0+0 al 0+135), denotado por cotas de mayor altura de manera general. Esta última zona se caracterizó por una pendiente con un cambio poco marcado en la zona (0.004°), con una cota de hasta 3.0 m. La cresta mostro un incremento en la cota desde su inicio (cadenamiento 0+135) hasta los 6.9 m en 63.0 m aproximadamente (visible en el cadenamiento 0+198), mostrando erosión comparado con el perfil de primavera. Posterior a esta zona se presenta un decremento en la cota desde el cadenamiento 0+198.8 al 0+212.1 llegando a los 6.3m, seguido de un incremento en la cota llegando a los

7.1m en 20m, denotando dos montículos (cadenamiento 0+198.8 y 0+232.1), mostrando una pendiente de 2.74° . La zona de sotavento en esta campaña se caracterizó por un decremento de la cota hasta los 3.5m al final del perfil, además de una zona de muy poco cambio con respecto a la cota (cadenamiento 0+236 a 0+260) denotando una pendiente de 2.045° en esta sección (Figura 11 y 12).

Transecto dos

En esta campaña el transecto mostró una longitud de 275.85 m y una pendiente promedio de 0.83° . A comparación del perfil de primavera este mostro depositación en la zona de cara de playa, denotando una pendiente de 3.12089397° y un valor de cota de hasta 2.2m al final de la cara de playa, seguido de una predominante zona de erosión en la zona de sotavento al compararlo con el perfil de primavera, mostrando un aumento de la cota desde el final de la cara de playa hasta el cadenamiento 0+89 de 3.0m, además de una forma dunar al final de la zona de sotavento y una pendiente de 0.45° . La cresta se caracterizó por una pendiente de 0.78539816° , marcada por una cota de hasta 6.9 m en el cadenamiento 0+153.4, además de depositación en esta zona a comparación de la campaña de primavera. La cresta presento un descenso en la cota llegando hasta los 4.7 m marcando el final de esta zona y erosión desde el inicio al final de esta zona comparando con el perfil de primavera. La zona de sotavento mostro una pendiente de 1.04° la cual no fue muy marcada ya que se presenta una planicie en esta zona hasta el cadenamiento 0+265.9 m seguido de un descenso marcado de la cota, denotando el fin del perfil (Figura 9 y 10).

Transecto tres

El perfil de verano mostro una longitud total de 236.9 m y una pendiente general del transecto de 1.69° . La cara de playa de este perfil se caracterizó por ser una zona de depositación prominente, comparando con el perfil de primavera cambiando su pendiente a 5.09° mostrando una altura de hasta 2 m (cadenamiento 0+20). La zona de sotavento mostro una pendiente poco marcada de 1.74° , llegando hasta los 5.0m en el cadenamiento 0+133, marcando una zona de depositación y el final de la zona de sotavento. El inicio de la cresta se caracterizó por la presencia de formas dunares y una pendiente general de 1.70° . Esta zona se caracterizó por una prominente depositación, seguido de una pendiente muy marcada por un decremento en la cota hasta los 7.3m en el cadenamiento 0+219.9, lo cual denota el final de la cresta en este perfil. La zona de sotavento en esta zona es característica por una pendiente poco marcada a su inicio, y una muy abrupta que marca el final del perfil. En general la pendiente de la zona fue de 7.12° (Figura 9 y 10).

Transecto cuatro

El transecto de esta campaña se caracterizó por una longitud total de 183.70 m denotando una pendiente de 2.66 °. Resultados del perfil mostraron una pendiente más marcada comparando con el perfil de primavera (2.66°), donde el final de la cara de playa del perfil se caracterizó por cotas de mayor altura que el perfil de primavera (hasta 2.2 m), denotando un patrón de depositación al final de la cara de playa y una pendiente de 3.83°. La zona de sotavento no presentó alguna forma dunar, solo un ascenso en la cota denotando una pendiente de 2.17° en la zona, además de cotas de menor altura que el perfil de primavera, resultando en un patrón erosivo al igual que el resto del perfil. La cresta en este perfil tampoco denotó alguna forma dunar, solo una marcada pendiente de 4.66° denotada por el aumento de la cota hasta 9.1m en el cadenamiento 188.6. La zona de sotavento en esta campaña no denotó alguna forma dunar, solo una pendiente de 2.50° por el descenso de la cota en esta zona de 9.1 a 8.0m, marcando el final del perfil (Figura 9 y 10).

La variación promedio de la pendiente para esta campaña fue de 3.74° para sotavento y 2.32° para barlovento (Figura 9 y 10).

Variación espacial de la media de grano

Los granos mostraron un rango de 2.2 a 2.65 Ø lo cual indica depósitos de arenas finas. La distribución de la media en esta campaña mostró un patrón similar al de la campaña de primavera. Los granos más finos se situaron en la cara de la playa a excepción del perfil tres. La zona norte del área muestreada mostró un patrón general de granos finos en la cara de playa a gruesos en las zonas más lejanas de esta zona, donde el grano más grueso se presentó en la cresta del perfil cuatro. En la zona sur este patrón fue más notorio a excepción de la zona de sotavento en el perfil dos donde los granos fueron un poco más finos (Figura 9 y 10).

Variación espacial de la selección de grano

La selección en esta campaña mostró un rango de muy bien seleccionada (0.34) a moderadamente bien seleccionadas (0.65). La zona norte de esta área mostró un patrón de moderadamente bien seleccionada (exceptuando la muestra en el perfil cuatro la cual fue bien sorteada) a muy bien sorteada en la zona de sotavento y posteriormente a bajar los valores de selección a moderadamente buena. La zona sur presentó un patrón muy marcado de bien seleccionada en la cara de playa a moderadamente bien seleccionada en la zona de sotavento siendo la peor selección al final del primer perfil (Figura 9 y 10).

Variación puntual del viento

Datos de viento para la campaña de verano mostraron una dirección proveniente del NO más marcada que la campaña de primavera. Los vientos en estas condiciones mostraron ser en su mayoría de 2 a 4 m/s, seguido de vientos de 6 a 8 m/s (Figura 9 y 10).

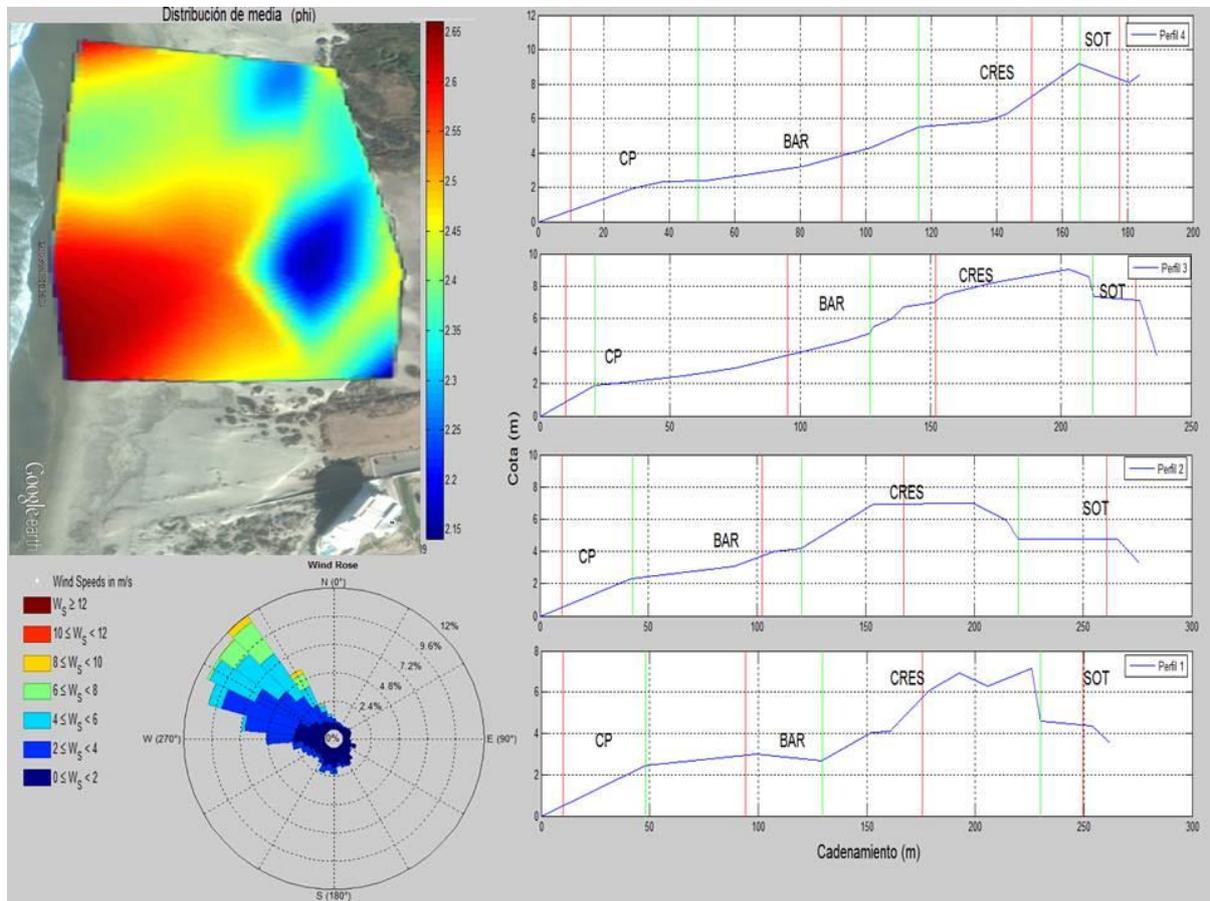


Figura 9.- Variación espacial de la selección (figura superior izquierda) y de perfiles de playa (figuras extremo derecho. Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa; BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para primavera (Figura inferior izquierda).

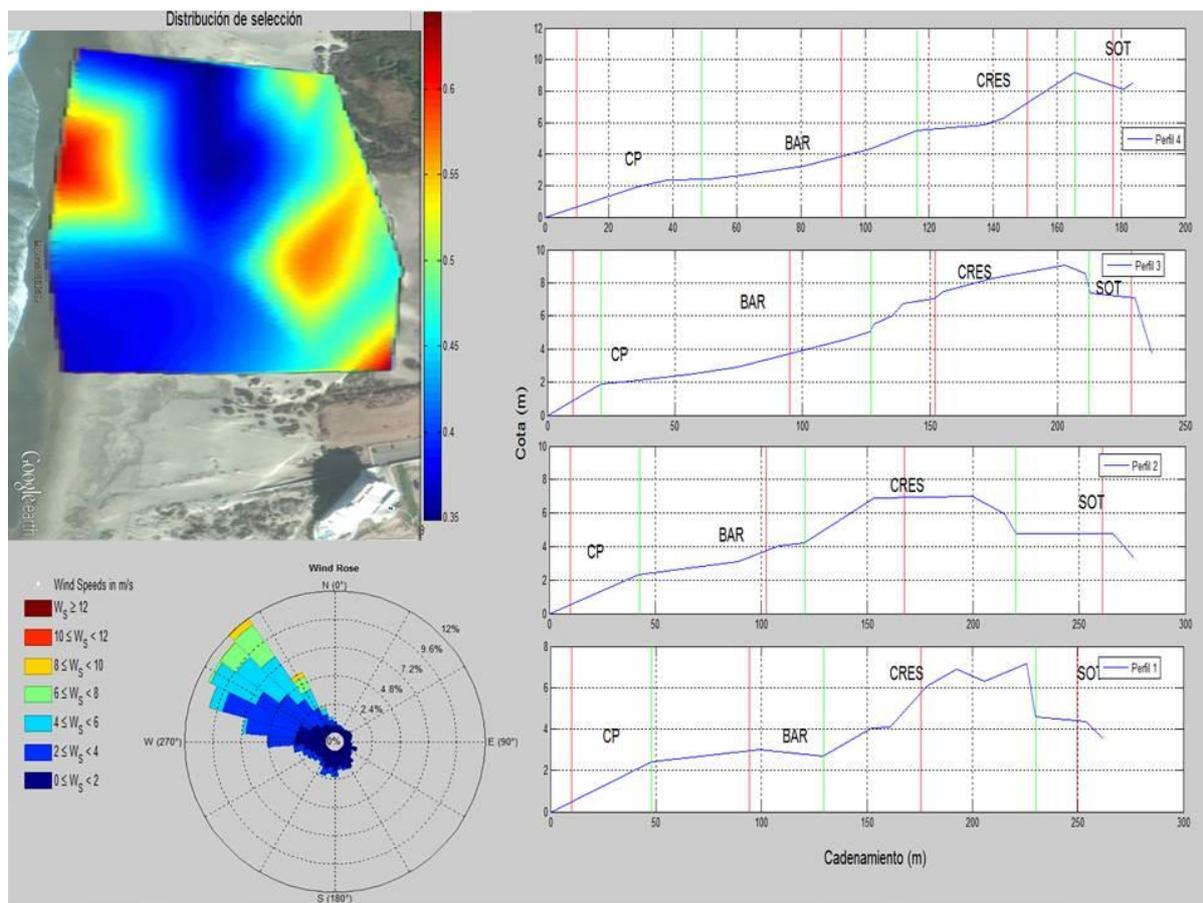


Figura 10.- Variación espacial de la selección (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho. Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa: BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para verano (Figura inferior izquierda).

Otoño

Transecto uno

En la presente campaña el perfil mostro una longitud total de 255.87 m con una pendiente promedio de 0.98° . La zona de la cara de playa mostro una cota de hasta 2.4 m visibles en el cadenamamiento 0+28 m y una pendiente de 7.59° siendo la más pronunciada de las cuatro campañas en esta zona. Comparando con el perfil de verano se puede observar erosión a inicios del perfil en la cara de playa y depositación en el resto de la misma, hasta llegar a la zona de sotavento (cadenamamiento 0+77.4), donde la cota es menor comparada con el perfil de verano, denotando un patrón erosivo, además de que la zona de sotavento fue poco notoria en esta campaña al igual que la de verano, denotando una pendiente de 0.48° . La cresta se caracterizó por la presencia de dos montículos de hasta 6.4m de cota (situados en el cadenamamiento 0+190 y 0+210), seguido de un

decremento en la cota a los 2.8m marcando una pendiente de 1.77° . Este perfil a comparación de la campaña de verano presenta erosión desde el inicio de la zona de sotavento hasta el final del perfil con una pendiente de 1.61° (Figura 11 y 12).

Transecto dos

El comportamiento del perfil en esta campaña mostro una longitud total de 254.15 m con una pendiente de 0.85° . La cara de playa mostro la pendiente más inclinada con 5.5° y una cota de hasta 2.1m (visible en el cadenamiento 0+20) de los cuatro perfiles de esta zona denotando una clara zona de erosión comparando con el perfil de verano. La zona de sotavento en esta zona muestra una marcada erosión a comparación del perfil de verano con una cota de 2.1m desde su inicio hasta su final con 4.0m marcando una pendiente de 1.24° . La cresta en su inicio se caracterizó por presentar una pendiente inclinada denotado por un incremento en la cota de 4.0m en el cadenamiento 0+136.5 a 6.2m en el cadenamiento 0+164.2, seguido de una zona con muy poco cambio al igual que el perfil de verano pero con cotas menores, denotando una zona de erosión, desde el principio de la cresta, hasta el inicio de la pendiente (cadenamiento 0+214.8m) que marca el final de la cresta con un decremento en la cota desde 6.4m en el cadenamiento 0+202.8m hasta 4.0m en el cadenamiento 0+224.6, denotando una pendiente de 0.62° . El comportamiento de la cota la zona de sotavento se caracterizó por una zona plana de menor altura que el perfil de verano denotando de igual manera una zona de erosión y a su vez una pendiente de 1.87° (Figura 11 y 12).

Transecto tres

El perfil se caracterizó por una longitud de 217.84 m y una pendiente promedio de 1.97° . La cara de playa en esta zona se caracterizó por una pendiente de 4.36° con un acenso de la cota de hasta 4.2m visible en el cadenamiento 0+129.8. La zona de sotavento no denoto alguna forma dunar mas si una marcada erosión del inicio del perfil a el inicio de la cresta, con una pendiente de 1.58° alcanzando una cota de hasta 4 m. El inicio de la cresta se caracterizó por una forma dunar, la cual ocupa una gran parte de esta zona. Posterior a esta zona, la cota aumenta, marcando una pendiente de 1.97° , llegando hasta 7.7m en cota visible en el cadenamiento 0+217.1, marcando el final de la cresta. La zona de sotavento se caracterizó por una pendiente muy poco marcada y una escasa presencia de dunas en esta zona del perfil con una pendiente de 2.75° y una cota de hasta 6.5m (Figura 11 y 12).

Transecto cuatro

El transecto en condiciones de otoño mostro una longitud de 182.36 m y una pendiente de 3.30°. La cara de la playa mostro la pendiente más marcada de las cuatro campañas en esta zona con una pendiente de 20.89°, además de cotas con mayor altura que las del perfil de verano llegando hasta 2.4 m (cadenamiento 0+25). La zona de sotavento en esta zona se caracterizó por una pendiente de 1.66° marcada por el incremento en la cota (hasta 5.0 m en el cadenamiento 0+117.6) y una forma dunar al final de la zona. La segunda línea de duna se caracterizó por una pendiente marcada por el incremento de la cota de hasta 10.9m en el cadenamiento 0+193.3, denotando una pendiente de 4.04°. La zona de sotavento se caracterizó por una pendiente de 3.38° marcada por un descenso en la cota hasta 9.7m seguido de la misma, delimitando el final del perfil (Figura 11 y 12).

La variación promedio de la pendiente para esta campaña fue de 3.55° para sotavento, siendo el menor valor de las cuatro campañas y 3.22° para barlovento (Tabla VI).

Variación espacial de la media de grano

Resultados de las muestras con respecto a la media mostraron un rango de 1.70 a 2.69 Ø, denotando depósitos tanto de arenas finas como medias. La campaña de otoño mostro la misma tendencia general que las demás campañas, a diferencia que en esta campaña el patrón fue el más marcado de las cuatro campañas siendo los sedimentos más finos en la cara de la playa y los más gruesos en las zonas más lejanas tanto en la cresta en el perfil tres, como la zona de sotavento en el perfil dos (Figura 11 y 12).

Variación espacial de la selección de grano

La selección en la zona mostro ser de bien sorteado (0.35) a moderadamente bien sorteado (0.63) siendo la zona dominada por una buena selección a excepción de la zona de sotavento en el perfil dos con una selección moderadamente buena (Figura 11 y 12).

Variación puntual del viento

Los datos de viento para la campaña de otoño mostraron ser muy parecidos a los datos de verano denotando solo diferencias en la frecuencia de los vientos, siendo en este caso menores (Figura 11 y 12).

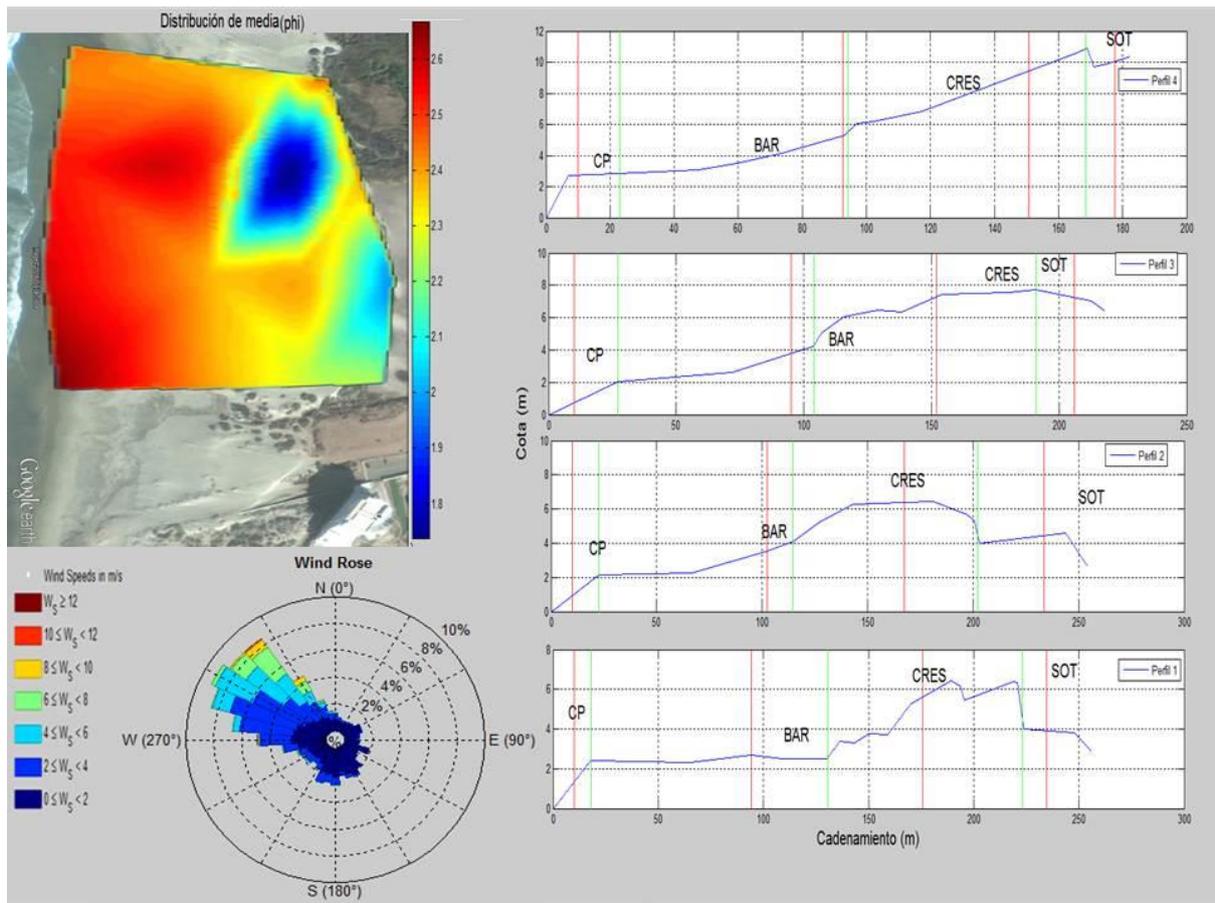


Figura 11.- Variación espacial de la media (figura superior izquierda) y de perfiles de playa (figuras extremo derecho. Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa; BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para otoño (Figura inferior izquierda).

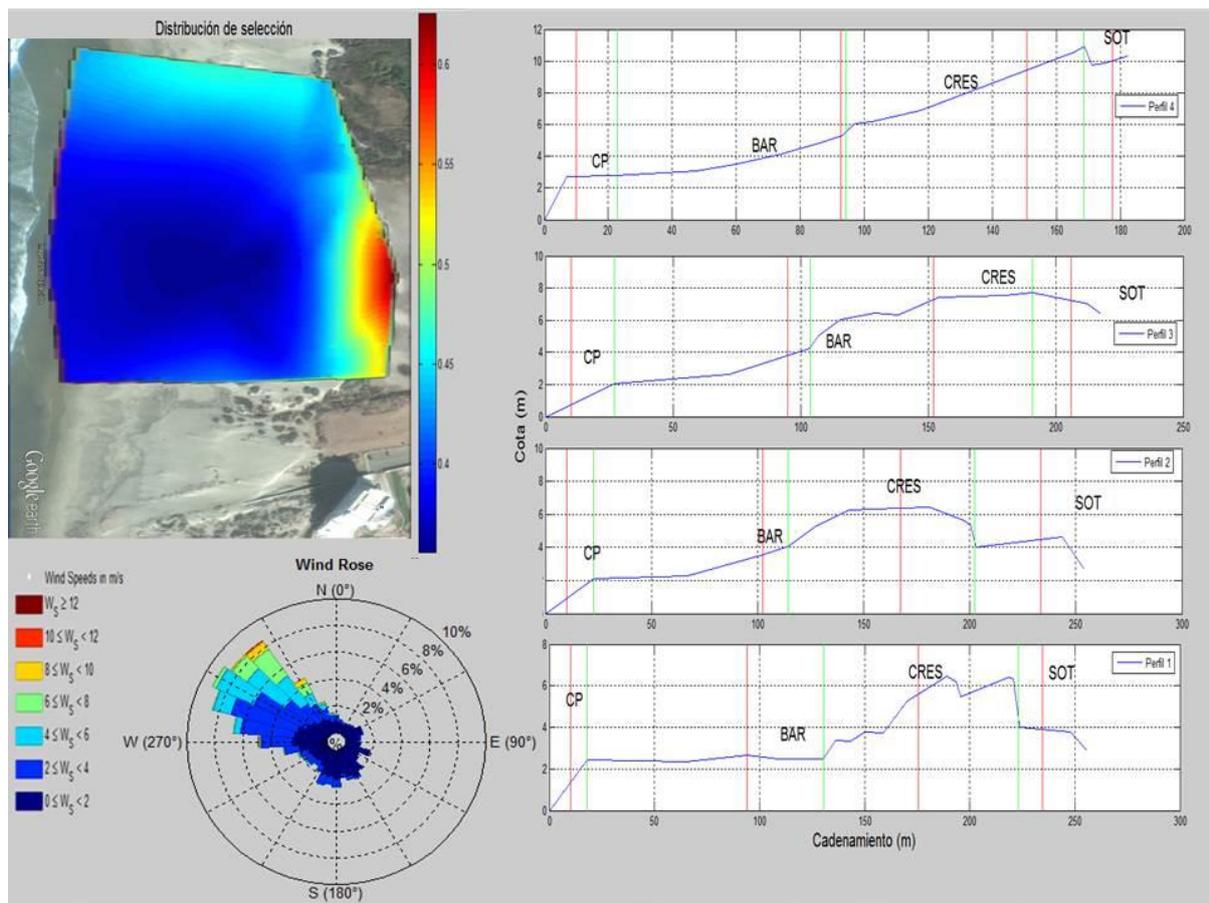


Figura 12.- Variación espacial de la selección (figura superior izquierda) y de perfiles de playa (figuras extremo derecho. Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa: BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para otoño (Figura inferior izquierda).

Invierno

Transecto uno

El perfil en condiciones de invierno mostro una longitud total 268.28m y una pendiente de 1.27°. A comparación del perfil de otoño este presenta una pendiente con un cambio menos abrupto de 0.75° con una cota de hasta 2.9m visible en el cadenamiento 0+50. La zona de sotavento en esta zona a partir del final de la cara de playa presenta una clara depositación a comparación del perfil de otoño llegando hasta el cadenamiento 145.6m, donde a partir de este cadenamiento la cota sube de 3.2 a 7.3 en 63m aproximadamente (cadenamiento 0+208.5m), denotando una pendiente de 0.10° en esta zona y un patrón depositacional prominente desde el cadenamiento 0+44 situado en la cara de playa hasta el final del perfil. La cresta se caracterizó por una pendiente de 1.01° y una cota de hasta 5m visible en el cadenamiento 0+175. La zona de sotavento

mostro una pendiente de 0.26° , siendo la zona menos pronunciada del perfil. Los cambios en general de este perfil no fueron muy marcados ya que se sigue un mismo patrón en general (Figura 13 y 14).

Tansecto dos

El perfil de invierno se caracteriza por una longitud total de 265.4 m con una pendiente promedio de 1.27° . A comparación del perfil de otoño el perfil de invierno muestra depositación a lo largo de todo el perfil, marcado por cotas de mayor altura desde la cara de playa hasta su final con una cota de hasta 2.7m en la cara de la playa denotando una pendiente de 0.73° . La zona de zona de sotavento en este perfil no fue marcada, con un incremento en la cota de los 2.7 hasta los 4.1 m en 70.0m (cadenamiento 0+125), marcando una pendiente de 0.36° seguido de un incremento en la cota hasta 6.8m en el cadenamiento 145.4m entrando a la cresta, la cual se caracterizó por una forma dunar en el cadenamiento 0+174.1 y 0+209.1, seguido de un descenso en la cota hasta 5.0m marcando el final de la cresta con una pendiente de 0.81° , marcando una zona de sotavento y el inicio de la zona de sotavento. La zona de sotavento se caracterizó por una pendiente de 1.02° marcada por un incremento en la cota hasta los 5.6 m (cadenamiento 0+258.2), denotando la zona de sotavento, seguido de un decremento en la cota marcando el final de la zona de sotavento y el final del perfil (Figura 15 y 16).

Tansecto tres

El perfil mostro una longitud total de 223.38m en total y una pendiente de 0.53° . La cara de playa presento una pendiente de 1.69° , mostrando un patrón depositacional a comparación del perfil de otoño. Este patrón se observa desde el inicio del perfil hasta el cadenamiento 0+133, donde no se perciben formas dunares en la zona de la zona de sotavento. Esta zona mostro cotas de hasta 5.5 m (cadenamiento 0+120) marcando una pendiente de 1.61° . La cresta se caracterizó por una pendiente marcada por el incremento de la cota y el avance de la zona de sotavento a comparación del perfil de otoño mostrando una pendiente de 0.26° con cota de hasta 8.8m visible en el cadenamiento 0+205. La zona de sotavento de esta campaña se caracterizó por no presentar alguna forma dunar, solo un descenso en la cota mostrando una pendiente de 0.52° (Figura 13 y 14).

Transecto cuatro

El perfil mostro una longitud de 169.9 m y una pendiente de 2.60° . La cara de playa se caracterizó por un incremento en la cota (hasta 2.0m) denotando una pendiente de 1.69° con cotas de hasta 2.1m. A comparación del perfil de verano el perfil de invierno muestra cotas de menor altura, mostrando un patrón erosivo, seguido de un comportamiento muy similar al perfil de verano en la zona de sotavento. La cresta del perfil de invierno se caracterizó por una pendiente 1.61°

marcada por un incremento en la cota de hasta 4.6m, donde a comparación del perfil de verano el de invierno muestra cotas con mayor altura resultando en un comportamiento depositacional, esto hasta el final del perfil. La zona de sotavento de esta campaña resulto tener una forma distinta a las demás campañas, caracterizándose por solo una pendiente de 0.15° , con un menor cambio en la cota (Figura 13 y 14).

La variación promedio de la pendiente para esta campaña fue de 5.62° para sotavento y 3.75° para barlovento siendo la mayor pendiente de las cuatro campañas (Tabla IV).

Variación espacial de la media de grano

La variación espacial de media en esta campaña mostro la distribución más errática. La variación en la zona norte fue alternada de granos gruesos en la cara de paya a finos en la cresta repitiendo el patrón a partir de la cresta. La zona sur presento una tendencia más clara de finos en la cara de playa a grueso en la zona de sotavento (Figura 13 y 14).

Variación espacial de la selección de grano

La selección en esta campaña se comportó de modo inverso a la de otoño donde los resultados presentes muestran un cambio de una selección moderadamente buena en la cara de la playa (excepcionando la muestra en el primer perfil) a buena en las zonas más lejanas de la misma, denotando la mejor selección en la zona de sotavento en el perfil cuatro como muy buena (0.34) (Figura 13 y 14).

Variación puntual del viento

Los datos de viento en esta campaña se mostraron una evidente dirección dominada al NO. La mayoría de los vientos fueron entre 2 a 6 m/s, seguido de vientos 6 a 8 m/s (Tabla VI).

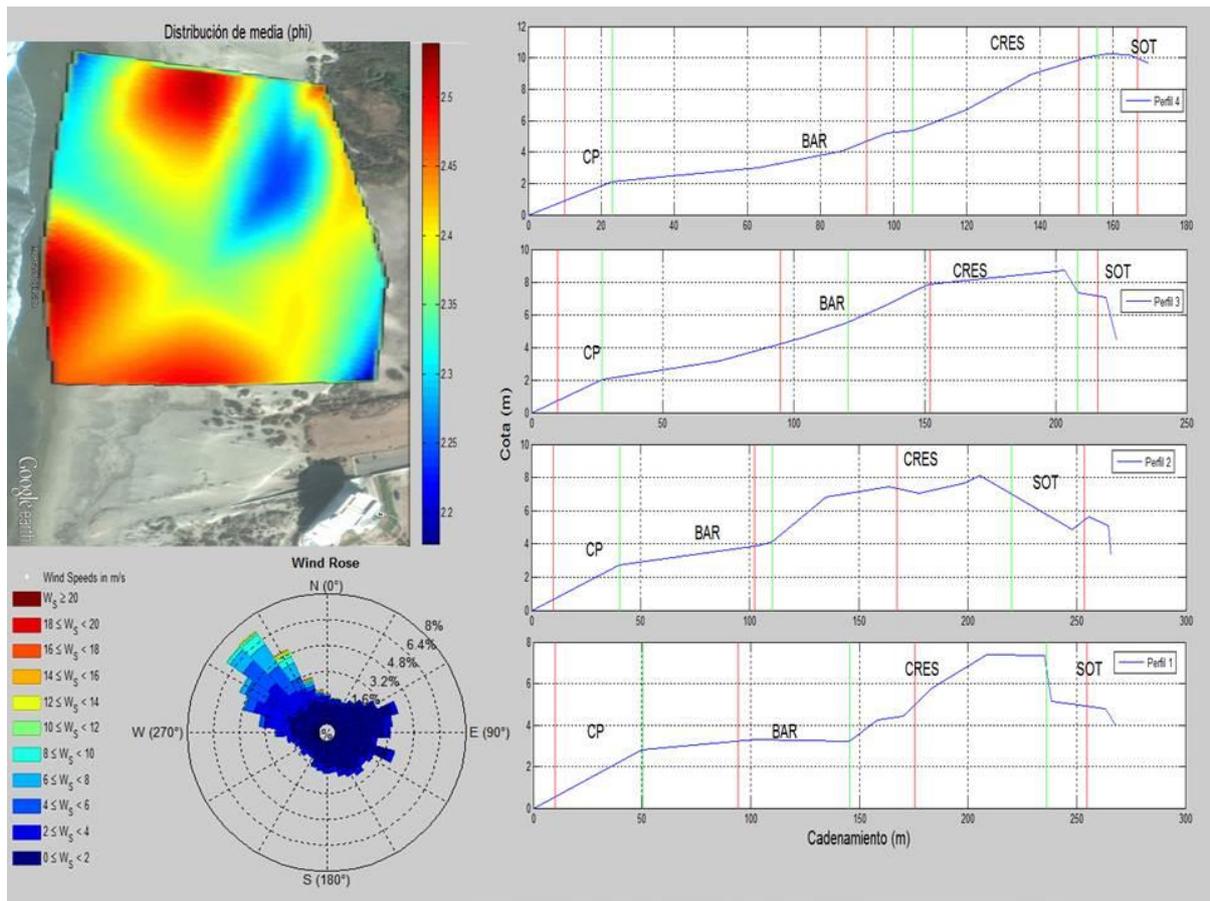


Figura 13.- Variación espacial de la media (figura superior izquierda) y de perfiles de playa (figuras extremo derecho. Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa; BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para invierno (Figura inferior izquierda).

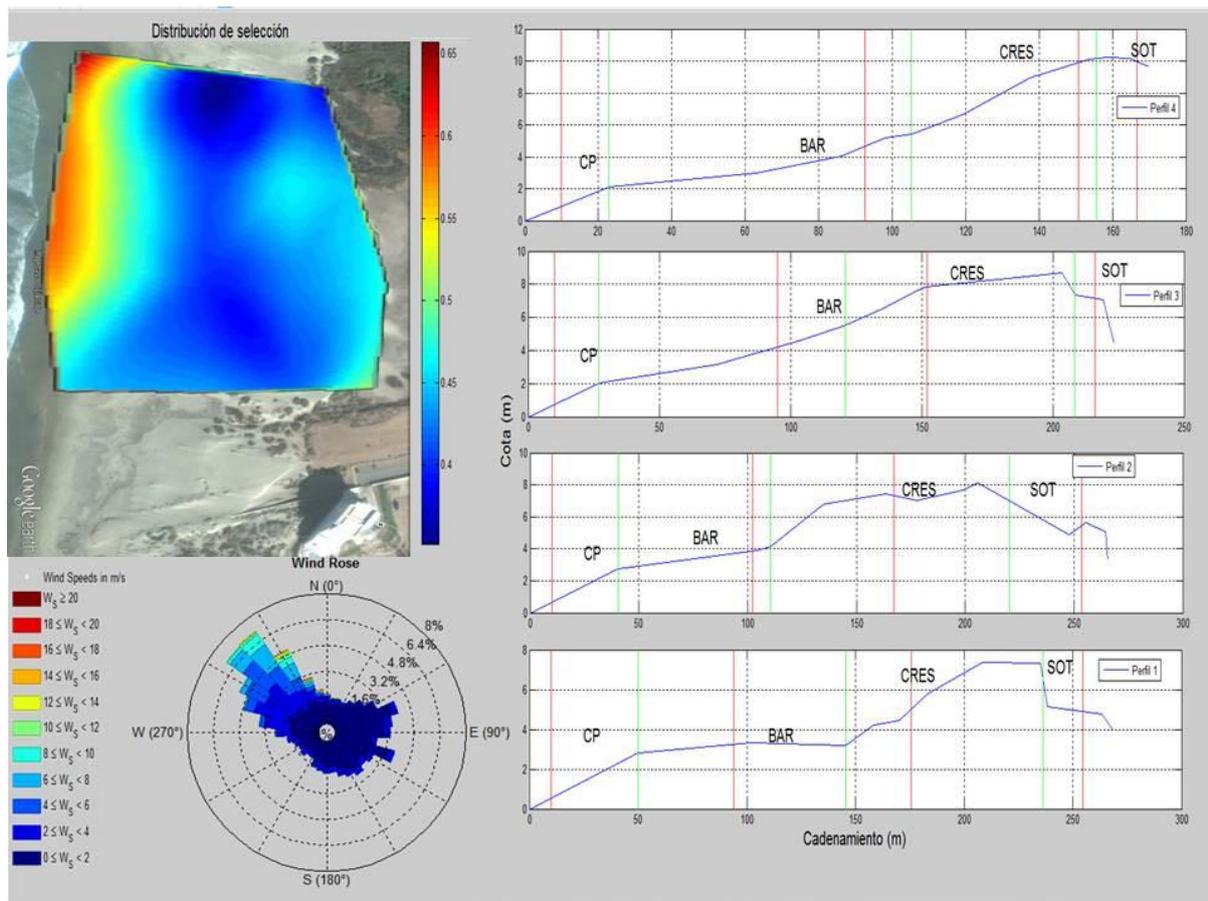


Figura 14.- Variación espacial de la selección (figura superior izquierda) y de perfiles de playa (figuras extremo derecho. Las líneas verdes son el límite de las zonas (CP= cara de la playa: BAR= barlovento; etc.). Las rojas el punto de muestreo). La rosa de orientaciones muestra la dirección e intensidad (W_s) de los vientos para invierno (Figura inferior izquierda).

Validación estadística de los datos

Los resultados de distribución de normalidad muestran una distribución normal en el caso de las muestras de verano e invierno y anormal en el caso de primavera otoño.

Tabla IV.- Distribución de datos por método Shapiro- Wilk

Campana	P-valor
Media primavera	0.038
Media verano	0.241
Media otoño	0.023
Media invierno	0.615

En el caso de las campañas de verano a invierno se aceptó la hipótesis alterna (H1), caso contrario de primavera a otoño donde los cambios no fueron significativos.

Tabla V.- P-valores de distribución para decisión estadística.

Campañas	P-valor
Media de verano a invierno	0.184
Media de primavera a otoño	0.026

Tabla VI.- Variación de pendientes por perfil y estación.

Campaña	CP	BAR	CRES	SOT
Primavera				
Perfil 1	2.2026	0.6585	2.7263	3.5517
Perfil 2	2.36950806	1.51188187	0.11234452	0.59680945
Perfil 3	1.51974	1.80461	2.09375193	7.85331
Perfil 4	1.74809	2.45403	5.44033	15.52411
Promedio	1.95998452	1.60725547	2.59318161	6.88148236
Verano				
Perfil 1	2.89812467	0.00493823	2.743	2.045
Perfil 2	3.12089397	0.78539816	0.45835646	1.04162668
Perfil 3	5.09398	1.74562	1.70473	7.12502
Perfil 4	3.83289008	2.1722468	4.66685837	2.50313978
Promedio	3.73647218	1.1770508	2.39323621	3.17869662
Otoño				
Perfil 1	7.59464337	0.48417816	1.77757434	1.61101911
Perfil 2	5.5042343	1.24536427	0.62787382	1.87246435
Perfil 3	4.36300301	1.58277012	1.97493401	2.75655687
Perfil 4	20.8966534	1.66510606	4.0421821	3.38172732
Promedio	9.58963352	1.24435465	2.10564107	2.40544191
Invierno				
Perfil 1	3.23295697	0.24124396	51.5198018	1.59468219
Perfil 2	3.91505611	1.13304996	1.90249257	3.74830778
Perfil 3	4.33886103	3.28772224	0.78849659	7.64501327
Perfil 4	5.19760212	2.06175769	4.84898199	3.12213046
Promedio	4.17111906	1.68094346	14.7649432	4.02753343

Depositación y erosión

La tabla VII muestra los volúmenes obtenidos a partir de los perfiles realizados en las cuatro campañas. La campaña de otoño se destacó por el menor volumen. Condiciones de verano mostraron erosión de 7,111.55 m³. La campaña de otoño presento la mayor erosión de las cuatro campañas con 27,550.89 m³, contrario a

la campaña de invierno donde se presenta cuenta una depositación de material (43,633.84). El transporte bruto de la zona fue de 8,971.40 m³.

Tabla VII.- Depositación y erosión en la zona de estudio.

Estación	Volumen (m ³)	Diferencia de Volumen (m ³)
Primavera	330,556.38	
Verano	323,444.83	-7,111.55
Otoño	295,893.94	-27,550.89
Invierno	339,527.78	43,633.84

Variación estacional del volumen

Verano - invierno

Resultados de diferencia de volumen de verano a invierno (Figura 15) mostraron un equilibrio en el número de zonas con erosión y depositación, sin embargo la cantidad de sedimento depositada fue mayor. Las zonas con mayor erosión y depositación se presentaron en la zona norte.

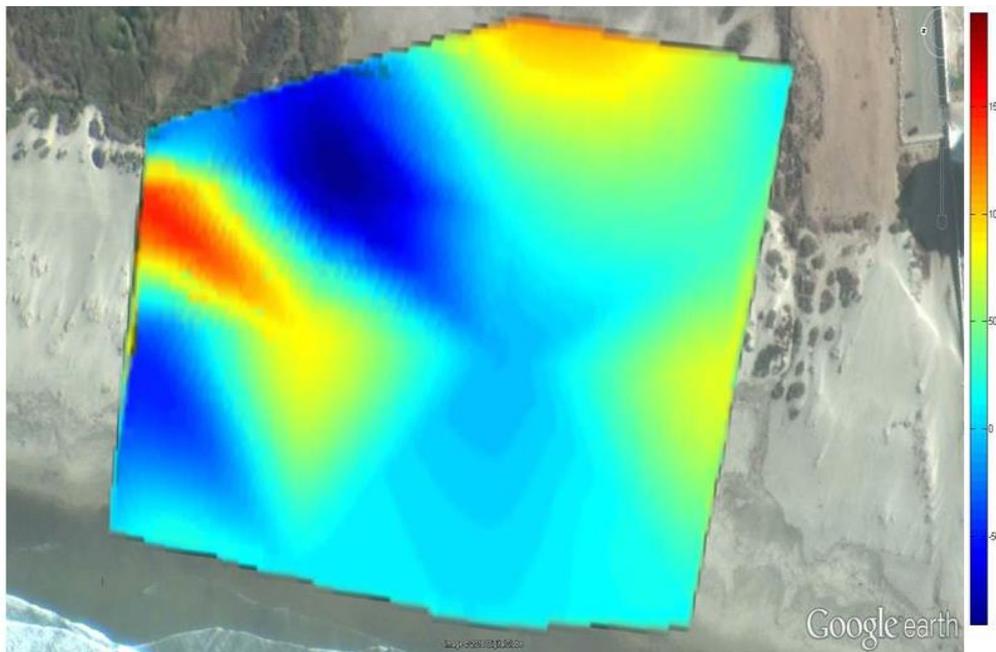


Figura 15.- Cambio de volumen de verano a invierno.

Primavera – verano

Datos de diferencia de volumen de primavera a verano (Figura 16) mostraron una clara dominancia de zonas con procesos erosivos, al igual que en volumen erosionado. Los cambios son mayores en la zona norte.

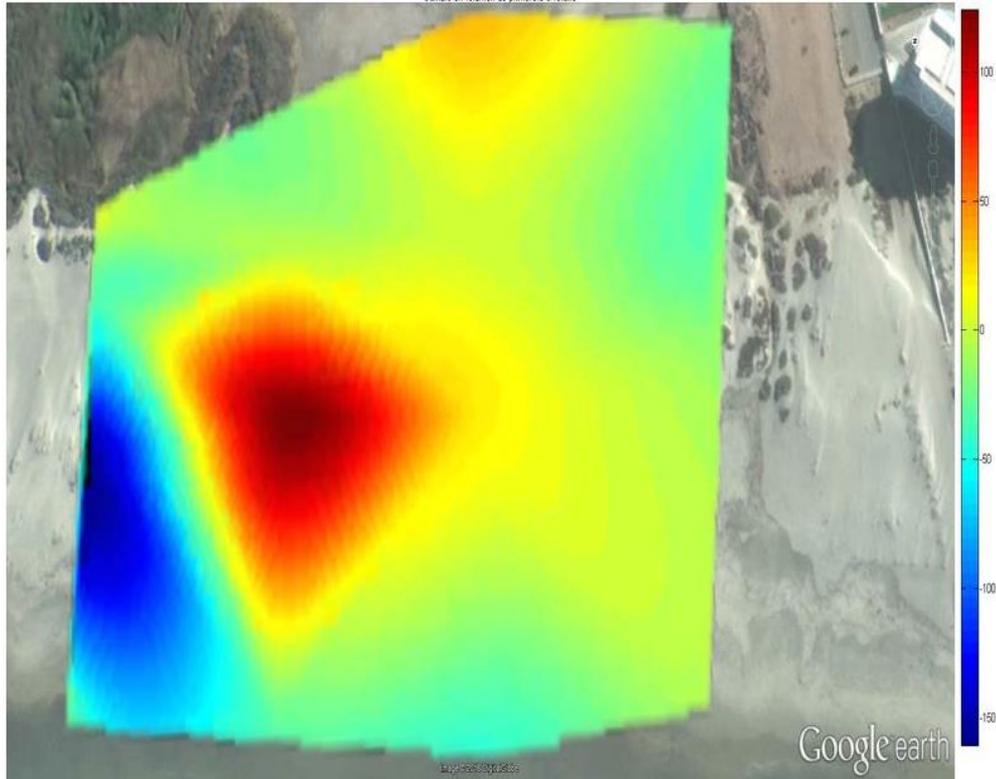


Figura 16.- Cambio de volumen de primavera a verano.

Verano – otoño

La diferencia de volumen para la campaña de verano a otoño (Figura 17) mostro la mayor erosión, tanto en volumen como en cantidad de zonas en este proceso. Los mayores cambios de volumen persisten en la zona norte.

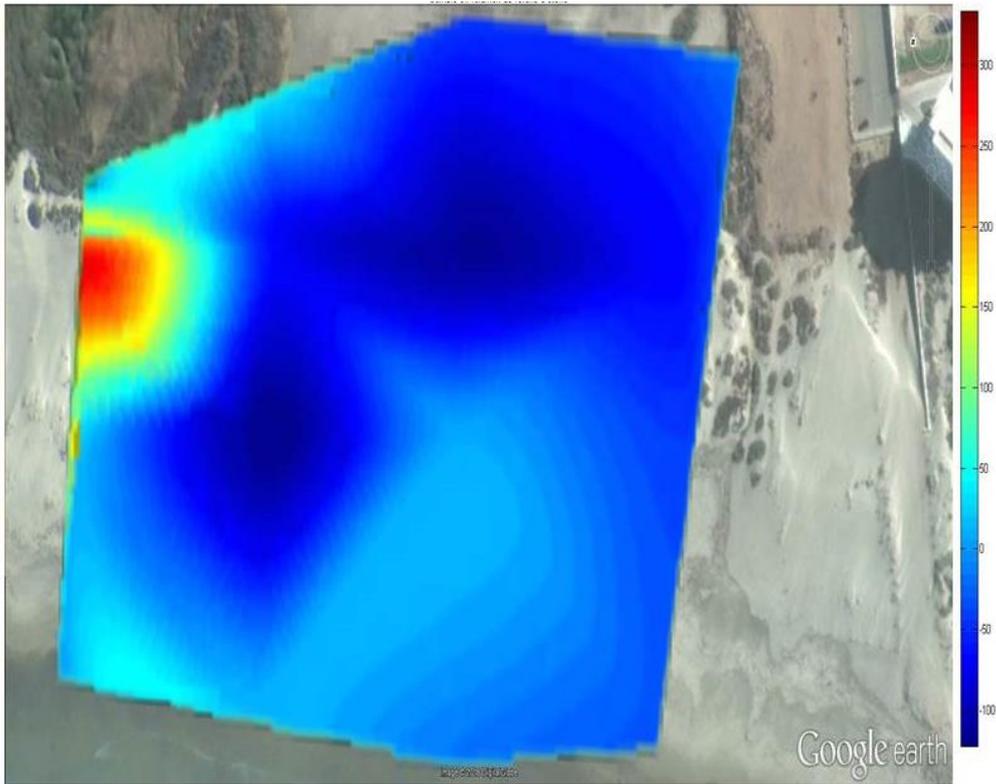


Figura 17.- Cambio de volumen de verano a otoño.

Otoño – invierno

La diferencia de volumen de otoño a verano (Figura 18) mostro una marcada depositación, tanto en cantidad de zonas como en volumen. La zona sur mostro una marcada depositación a contraste de la zona norte.

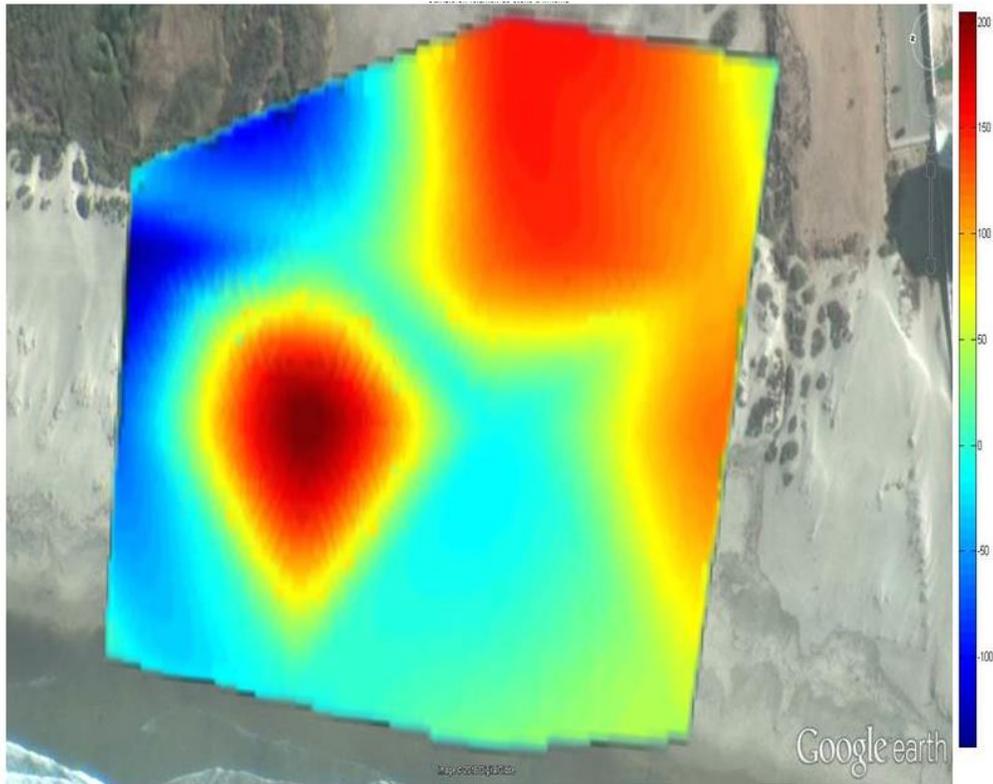


Figura 18.- Cambio de volumen de otoño a invierno.

Cambio perpendicular de la mineralogía

Las arenas de la zona están constituidas principalmente por cuarzo, feldespatos potásicos, minerales densos (mica, hornblenda, piroxeno), opacos (magnetita, ilmenita) y plagioclasas, siendo su abundancia en el respectivo orden (Tabla VIII y figura 19).

Tabla VIII.- Abundancia de grupos minerales encontrados por muestra. Cuarzo (Q), feldespatos potásicos (feld-k), plagioclasas (plag.), minerales densos y opacos.

Muestra	Q (%)	Feld-k (%)	Plag. (%)	Densos (mica, hornblenda, px) (%)	Opacos (magnetitas, ilmenita) (%)
P2M2	54	23	4	13	6
P2M4	46	19	8	17	9

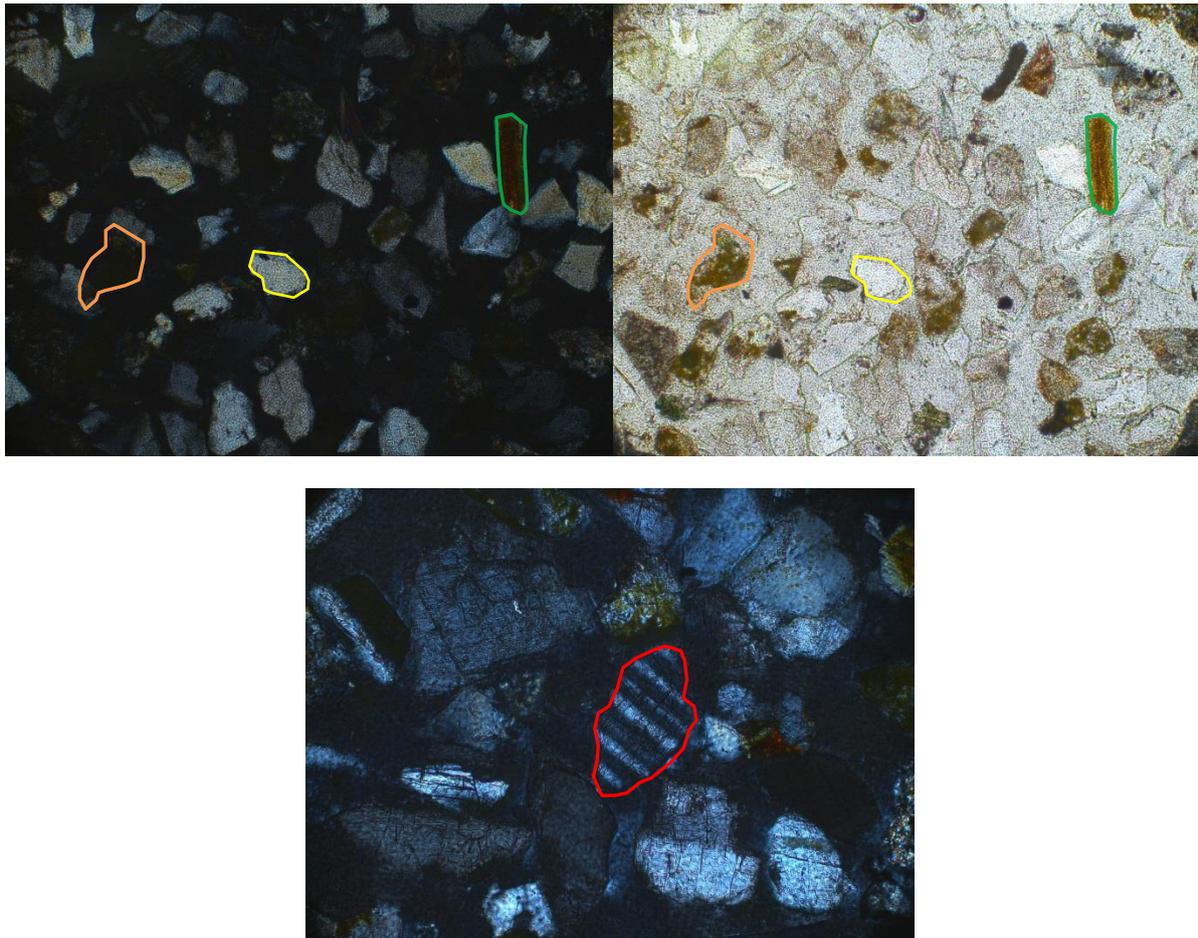


Figura 19.- Lámina delgada en plano de luz polarizado (derecha) y nicoles cruzados (izquierda y debajo). Mica de biotita encerrada con línea verde, cuarzo encerrado con línea amarilla, plagioclasa encerrada en rojo (las maclas se pueden observar a simple vista), feldespato potásico encerrado con línea anaranjada.

Cambio longitudinal de la madurez textural

En la CP los sedimentos son sub angulosos a subredondeados, mientras que en el S son principalmente angulosos (Figura 20), lo que representa una tendencia inversa a lo esperado considerando estos dos medios ambientes depositacionales. La zona de sotavento se caracterizó por la presencia de sedimento sub anguloso - sub redondeado mientras que la zona de sotavento presenta sedimentos sub angulosos sub redondeados y sub redondeados (Figura 21).

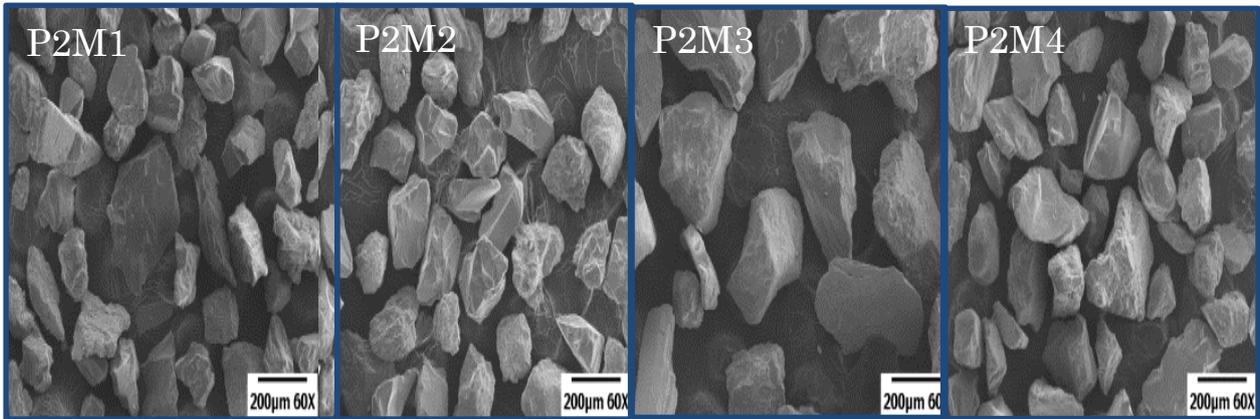


Figura 20.- Imágenes de microscopio de barrido electrónico.

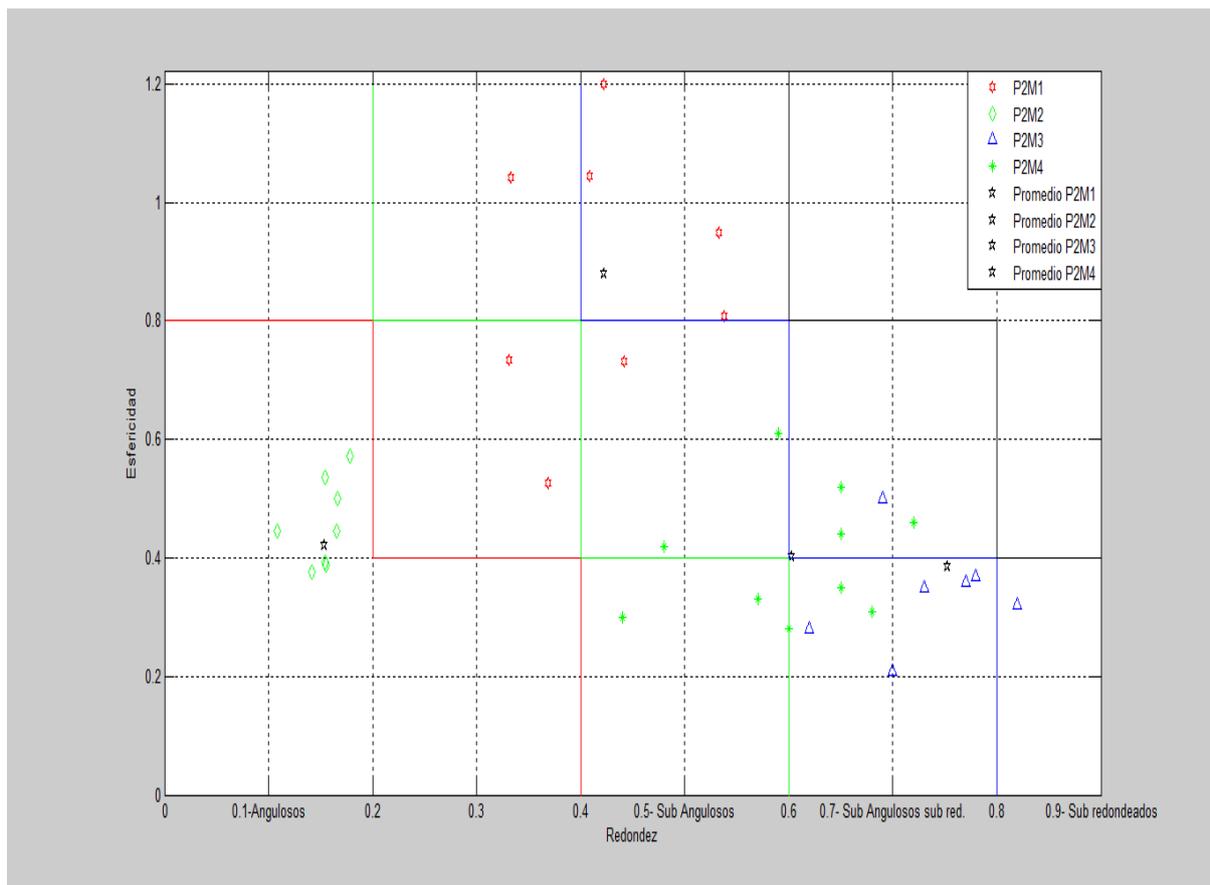


Figura 21.-Comportamiento longitudinal de la madurez textural.

Evaluación de condiciones del área por cuadrante

Primera visita

Tomando en cuenta factores tanto antrópicos (Figura 23 y 24) como naturales, el campo de dunas se caracterizó por la más alta perturbación en los cuadrantes 2, 3, 4, 6, 9 y 5 siendo el cuadrante 3 el más afectado. El factor antrópico fue evidente en todos los cuadrantes a excepción del cuadrante 1,4 y 7 mientras que el factor natural se presentó con mayor incidencia en los cuadrantes 2, 3 y 4. El efecto de vehículos y paso de peatones resulto ser el factor con más impacto, junto a la presencia de erosión por viento.

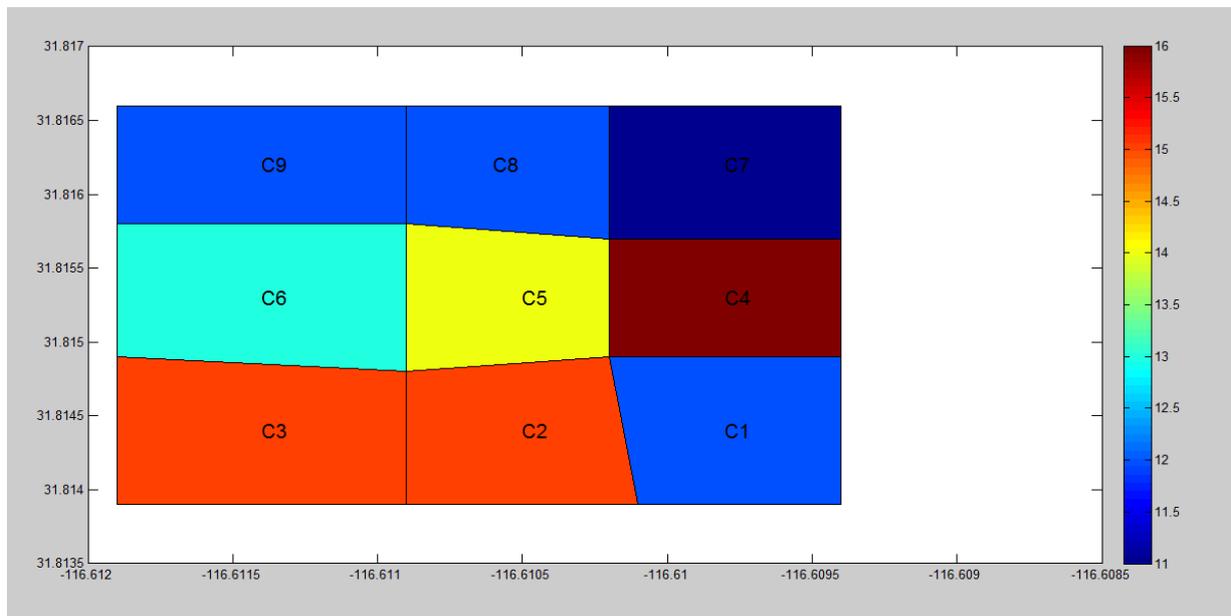


Figura 22.- Puntaje para primera visita general.

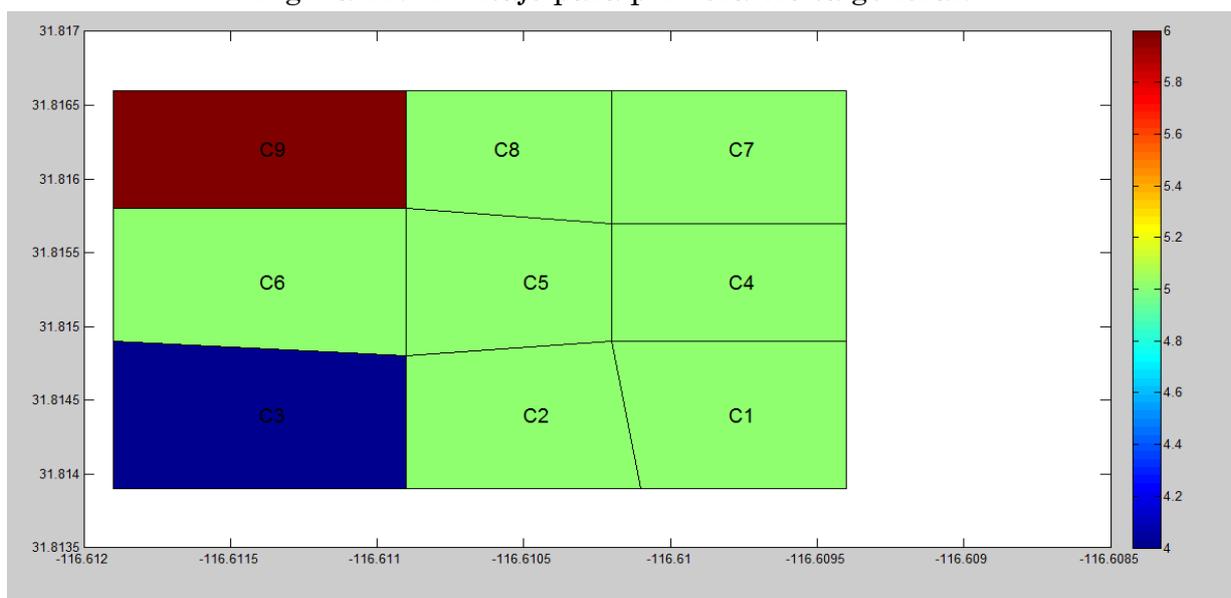


Figura 23.- Puntaje para primera visita natural.

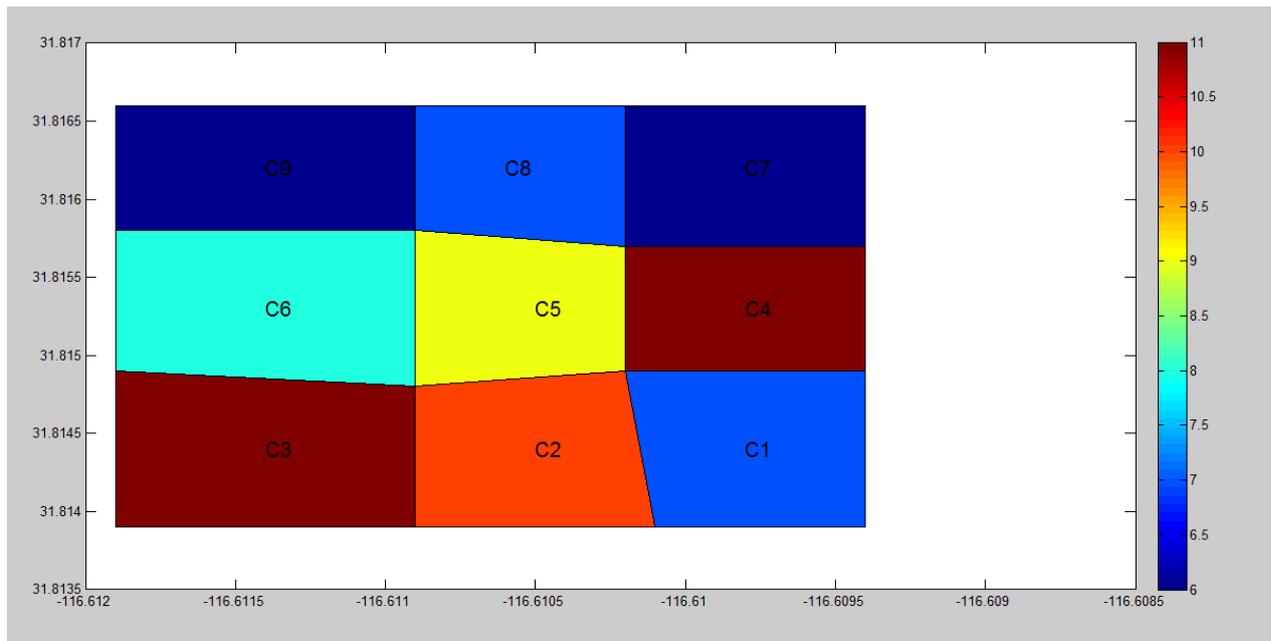


Figura 24.- Puntaje para primera visita antrópico.

Segunda visita

De manera general los cuadrantes más afectados en la segunda visita fueron los cuadrantes 3, 5 y 6. En cuanto al factor natural los cuadrantes más afectados fueron los mismos anteriormente mencionados. El factor antrópico se presentó prácticamente en todos los cuadrantes a excepción del cuadrante 2, 1, 4 y 8. Los factores más afectantes en esta campaña fueron los mismos que la primera campaña.

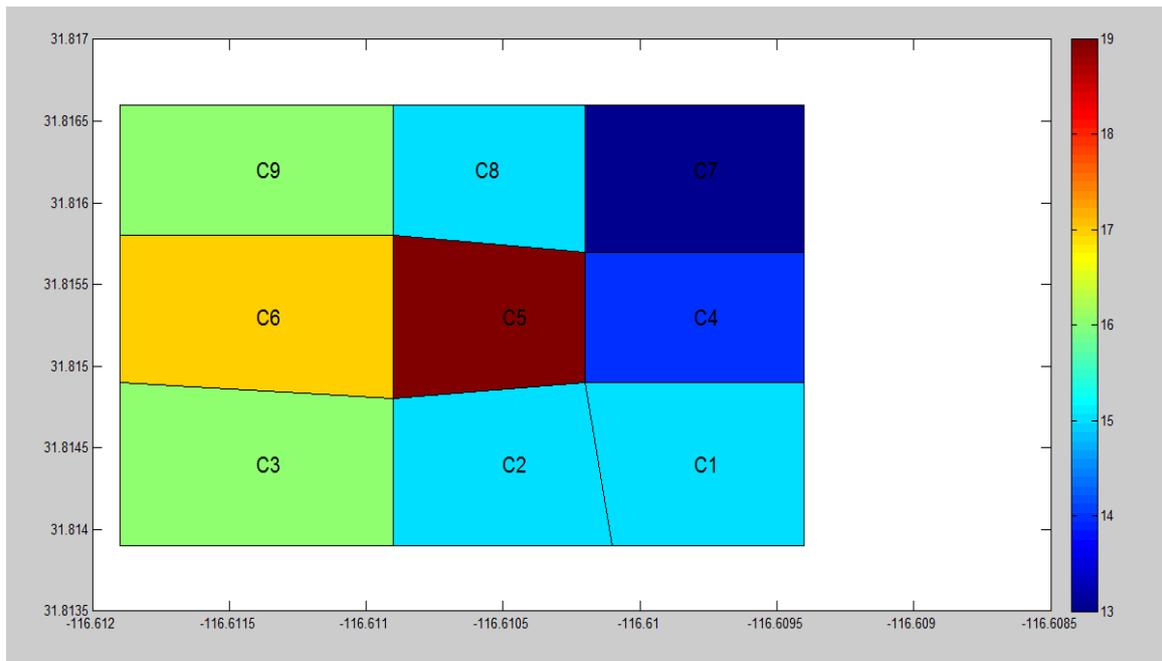


Figura 25.- Puntaje para segunda visita general.

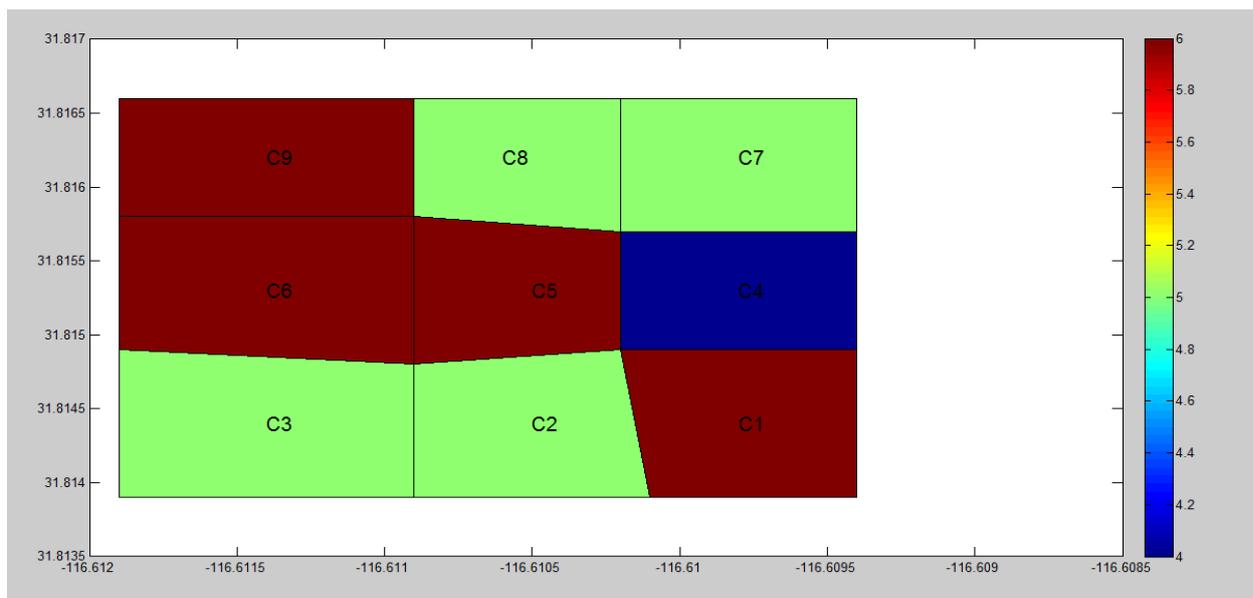


Figura 26.- Puntaje para segunda visita natural.

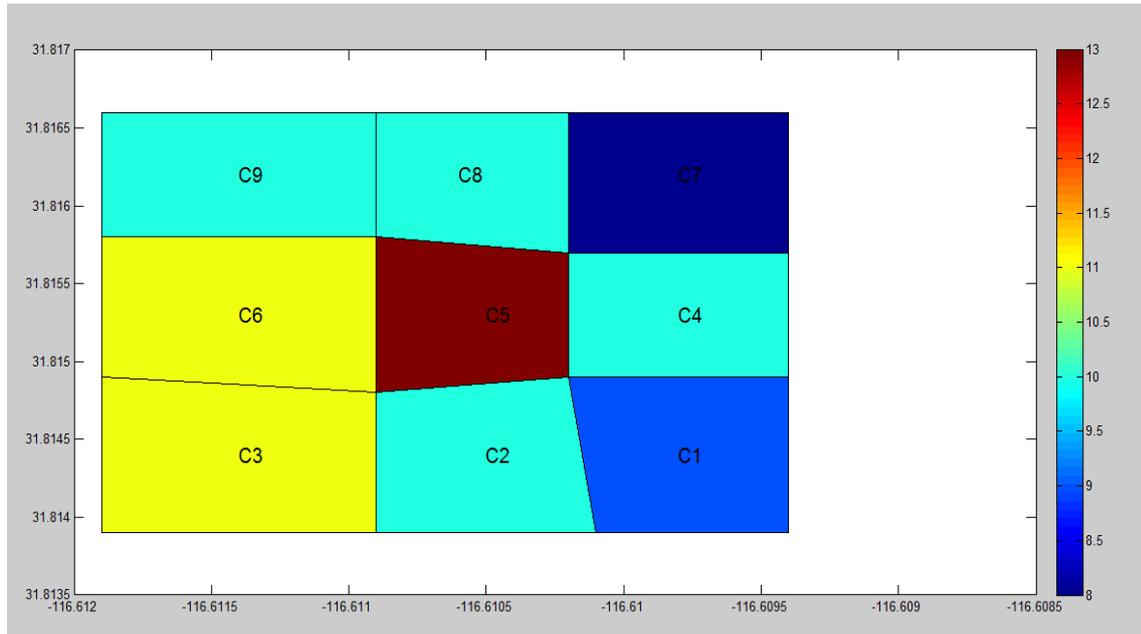


Figura 27.- Puntaje para segunda visita antrópico.

Tabla IX.- Puntaje por cuadrante en primera campaña.

Parámetro	Cuadrante (C)									suma
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
Presencia de huellas de carro (HC)	2	1	3	3	3	2	3	3	2	22
Presencia de pisadas (P)	2	3	3	3	2	2	2	2	2	21
Presencia de basura nueva (BN)	1	2	1	2	1	1	0	0	0	8
Presencia de basura vieja (BV)	1	2	2	1	1	1	0	0	0	8
Presencia de Fogatas (F)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Carretera o estacionamientos de carros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso de maquinaria para limpiar basura (MAQ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brechas de duna (BD)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobertura vegetal (CV)	1	2	2	1	2	2	1	2	2	15
Presencia de blowouts (BLOW)	1	1	0	1	1	1	0	1	1	7
Raíces expuestas (RAIC)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
construcciones a cercanas (% área) (CONS)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Dunas fijas (% área)(DF)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
Total	16	21	22	20	20	20	15	18	18	

Tabla X.- Puntaje por cuadrante en primera campaña.

Parámetro	Cuadrante (C)									suma
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9	
Presencia de huellas de carro (HC)	3	3	3	3	3	3	1	3	3	25
Presencia de pisadas (P)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
Presencia de basura nueva (BN)	1	0	2	1	2	0	1	1	1	9
Presencia de basura vieja (BV)	1	2	1	1	2	1	1	1	1	11
Presencia de Fogatas (F)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Carretera o estacionamientos de carros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso de maquinaria para limpiar basura (MAQ)	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Brechas de duna (BD)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobertura vegetal (CV)	1	2	2	2	2	2	2	2	2	17
Presencia de blowouts (BLOW)	2	1	1	1	2	2	0	1	1	11
Raíces expuestas (RAIC)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
construcciones a cercanas (% área) (CONS)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Dunas fijas (% área)(DF)	3	3	3	2	3	3	3	3	3	26
Total	19	20	22	18	25	24	19	21	22	

Cobertura vegetal

La cobertura vegetal de la zona mostro ser de un 14.86%, comprendiendo 10,962 m² de 73743 m².

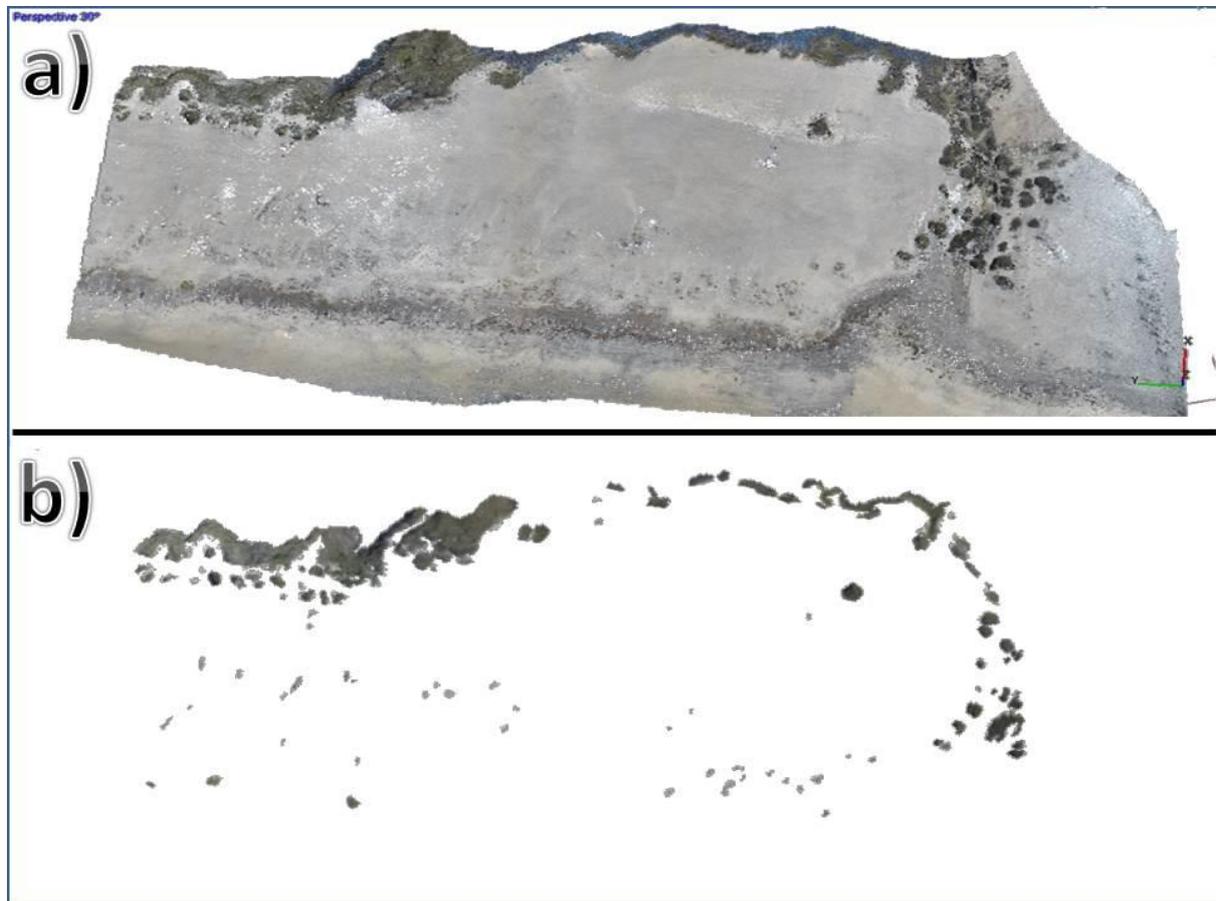


Figura 28.- Cobertura vegetal en zona.

8. DISCUSIÓN

Los principales aportes sedimentarios a la celda litoral donde se encuentra el campo de dunas La Lagunita son Arroyo Ensenada, Arroyo El Gallo, y la boca del Estero de Punta Banda (Cruz, 1994). Todos estos elementos reciben material resultado de la erosión de rocas intrusivas (Carriquiry, 1985) por lo que la mineralogía de los sedimentos presentes en las dunas estudiadas concuerda con estas fuentes de sedimento lo que nos permite suponer que la principal fuente de sedimentos al campo de dunas es el sedimento presente en la playa.

Los perfiles de playa se consideran indicadores de cambio o respuesta de la playa a los procesos litorales de corto y largo plazo lo que se refleja en un patrón estacional (primavera, verano, otoño e invierno). Los perfiles de la zona estudiada (Figuras 7 a 14 y 28 a 31) presentaron diferencias en los estados morfodinámicos ya que durante la temporada primavera-verano se presentó un proceso erosivo al igual que las temporadas verano-otoño (Figuras 9 a 12), siendo más evidente el último. Otoño-invierno (Figuras 10 a 14) mostro un proceso depositacional muy marcado. Los resultados evidencian una inversión en el patrón esperado. Lo anterior concuerda con resultados de Lizárraga-Arciniega (2007) donde atribuye esta inversión a los cambios locales en la morfología de la costa, afectando el ángulo de ataque de las olas rompientes y provocando este resultado.

Las pendientes de los perfiles (Tabla VI) también reflejan estos ciclos erosivos y depositacionales ya que en invierno se presentan las mayores pendientes (playas reflectivas) mientras que en verano se presentan las menores pendientes evidenciando un estado disipativo. La excepción a este patrón se presenta en el transecto uno en el cual los perfiles de invierno presentan una ganancia neta de sedimento lo que puede atribuirse a la construcción del espigón del proyecto de la desalinizadora, cambiando el curso del oleaje.

La zona sur del área de estudio presento una mayor variabilidad estacional entre perfiles (Figuras 27 y 28) posiblemente debido a que en esta zona la playa tiene una mayor área con una baja pendiente lo que da lugar a dos situaciones muy particulares; en marea alta el oleaje tiene un mayor alcance produciendo cambios más notorios en la parte baja del perfil mientras que cuando la parte alta del perfil se encuentra seca teniendo una mayor superficie disponible para que los vientos transporten más sedimento en dirección a las dunas produciendo así esta variabilidad. Adicionalmente el que se tenga una playa y campo de dunas ancho (con baja altura) hace que esta zona sea la más concurrida por visitantes de tal manera que las actividades antropogénicas como caminatas y tránsito indiscriminado de vehículos puede ser un factor adicional incide en la variabilidad entre perfiles. Esta influencia antropogénica sobre la variabilidad entre perfiles en la zona sur se percibe claramente en los

perfiles uno y dos donde el perfil de verano claramente se aplanan en la parte superior del campo debido al tránsito de vehículos por esta zona.

Los perfiles de la zona norte (Figura 30 y 31) en la parte baja del perfil presenta menor variabilidad que la parte alta probablemente debido a que en esta zona las dunas están menos impactadas por actividad antropogénica permitiendo el establecimiento de vegetación que retiene el sedimento transportado por el viento.

El análisis del balance sedimentario (Tabla V MOD) arroja un balance negativo de -8971.40 m^3 lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Cruz (1994), donde concluye que la franja costera donde se encuentra el campo de dunas “La Lagunita” presenta un marcado proceso erosivo. Este patrón es probablemente debido a que las condiciones de invierno en dicha fecha aún no mostraban el comportamiento como tal de esta campaña.

El viento es un agente muy selectivo en ambientes eólicos lo que se refleja en una homogeneidad en el tamaño y clasificación de los sedimentos que componen las dunas como es el caso del campo de dunas “La Lagunita” donde el sedimento se compone por depósitos de arenas finas bien clasificadas (Figuras 31 a 34).

Los resultados indican una ligera tendencia en el aumento del tamaño de grano en dirección a las dunas (Figuras 7, 9, 11 y 13) lo que concuerda con lo encontrado por Martínez-Martínez (2015), sin embargo, es importante considerar que las diferencias máximas en tamaños de grano son muy pequeñas (.9 phi) por lo que estas tendencias deben ser interpretadas con cierta reserva. Es importante mencionar la presencia de sedimento grueso en zonas vegetadas, en el sotavento y en algunas zonas de la cara de playa. En el caso de las zonas vegetadas, las plantas actúan como trampa de sedimento inhibiendo su transporte (Pintó et al., 2014), el mismo autor menciona que en las zonas de sotavento es común encontrar sedimento grueso debido a que en esta zona por estar protegida se reduce el esfuerzo del viento mientras que en la zona de playa las corrientes de retorno y la refracción del oleaje generan variaciones en el nivel de energía a lo largo de la costa que resultan en variaciones del tamaño de grano.

La clasificación (Figuras 8, 10, 12, 14), al igual que el tamaño promedio del sedimento no presenta una clara tendencia en dirección al campo de dunas y las zonas que presentan menor clasificación coinciden con áreas de mayor tamaño de grano (Figuras 7, 9, 11 y 13). Esta combinación se presenta de forma particular en dos zonas del campo de dunas: Donde se tiene vegetación y en la zona de sotavento. En el primero de los casos la vegetación actúa como una trampa de sedimento generando la acumulación de sedimento con diversos tamaños lo que resulta en una disminución en la clasificación mientras que en el segundo de los

casos, es decir, en la zona de sotavento, por ser una zona protegida, el viento pierde su capacidad de transporte presentándose al igual que el caso anterior una acumulación de diferentes tamaños de grano. En verano la zona de sotavento no presentó dicho patrón debido la fuerza y la buena selección del viento (Folk, 1980). Las campañas de otoño e invierno (Figura 10 y 14) mostraron comportamientos contrastantes donde la zona con la peor selección cambia de lugar de la cara de playa a la zona más lejana de la parte sur, esto se puede atribuir al incremento en la intensidad del viento por lo cual la capacidad de transporte de los granos aumenta y estos son acarreados a zonas más lejanas.

La distribución de normatividad describió una distribución normal en el caso de las campañas de verano e invierno, caso contrario en el caso de primavera y otoño. En el caso del análisis para la decisión estadística mostro que los cambios son significativos de verano a invierno, a contraste de primavera a otoño. Lo anterior, se puede atribuir a que las campañas primavera y otoño son consideradas como estaciones transición lo por lo cual no presentan una distribución bien definida a contraste de las campañas de verano invierno donde su variabilidad es bien marcada.

La gráfica de esfericidad vs redondez (Figura 21) muestra sedimentos con mayor esfericidad y redondez en la cara de playa con respecto a la zona de barlovento. En la cara de playa el sedimento presenta una redondez y esfericidad que responde a las condiciones energéticas del oleaje, una vez que viento empieza a transportar el sedimento algunas partículas son transportadas por saltación y debido a su energía cinética cuando caen pueden inclusive mover partículas de hasta seis veces su tamaño (Bagnold, 1954) lo que puede ocasionar una disminución en los valores de redondez y esfericidad como resultado del impacto para después aumentar el grado de redondez y esfericidad en dirección al campo de dunas debido al proceso de abrasión (Figura 21). La redondez y esfericidad en la cresta y sotavento son parecidas debido a la mayor distancia de transporte y un equilibrio con las condiciones de viento (Willettts et al.,1982; Willettts, 1983; Mashhadi & Ekhtesasi, 2009).

Es evidente que las principales actividades antrópicas que se realizan en el campo de dunas son la circulación de vehículos y caminatas (Figuras 24 y 27) percibiendo un incremento en estas actividades en la campaña de verano tanto en área cómo en intensidad debido en mucho al periodo vacacional donde aumenta el número de visitantes. La falta de medidas de protección en la zona (Svenia, 2011) hacen muy vulnerables las dunas por lo que se encuentran de acuerdo al mismo autor en una situación crítica. El futuro no es muy promisorio ya que el acelerado crecimiento de la mancha urbana ha provocado que día con día las áreas urbanizadas se acercan más a el campo de dunas y por ende las actividades antrópicas que se llevan a cabo en las dunas (Vieira, 2004).

En el caso de los factores naturales uno de los principales afectantes es el caso de la erosión por vientos (blowouts), lo cual se asocia principalmente a la baja vegetación y alteración provocada por las anteriormente mencionadas actividades realizadas, por lo cual presenta un incremento en las épocas vacacionales. Lo anterior es reafirmado por la relación con las zonas de mayor impacto. Dado que la vegetación en la zona de las dunas frontales es muy escasa, la presencia de erosión por vientos (blowouts) en la zona podría incrementar su desarrollo potencialmente a futuro (Hesp, 2002).

Debido a que en literatura no se ha realizado cobertura vegetal de esta zona en específico no es posible realizar una comparación del cambio de cobertura vegetal en la zona, sin embargo autores Jiménez Esquivel (2010) reportan una disminución de 33.48% para esta zona de 1979 a 1998 siendo relacionándolo con el tipo de uso de suelo de la zona, lo cual reafirma el efecto del efecto antropogénico en la zona.

9. CONCLUSIONES

Las dunas del campo “La Lagunita” están constituidas por los siguientes minerales en orden de abundancia: cuarzo, feldespatos, minerales densos (micas, hornblenda, piroxenos), minerales opacos (magnetita, ilmenita) y plagioclasas.

La arena presente en la zona de estudio se clasifica como arena fina bien clasificada cuyos valores de redondez y esfericidad reflejan los mecanismos de transporte.

Las campañas de primavera y otoño no mostraron una distribución normal, en contraste con las campañas de verano e invierno.

Los perfiles denotan un proceso depositacional en primavera–verano caracterizado por la presencia de pendientes disipativas y erosivo en las temporadas verano-otoño, así como en otoño-invierno (pendientes reflectivas) siendo más marcada la erosión en esta última.

El cambio del volumen sedimentario en la zona es negativo (8,971.40 m³) lo que implica un proceso depositacional.

Se percibe claramente un estado de deterioro de campo de dunas atribuible a efectos naturales (erosión por viento) y antropogénicos (paso de vehículos y caminatas) siendo éste último el que más impacta. Una de las evidencias más claras de este efecto es la destrucción y fragmentación de la vegetación así como el aplanamiento de los perfiles de verano debido al tránsito vehicular.

Solo un 14.86% del área de estudio presento vegetación.

10. RECOMENDACIONES

Es recomendable seguir este tipo de estudios en zonas más extensas para una mayor representación del estudio.

Es recomendable el uso de más factores, con respecto a la lista de chequeo usada.

Es recomendable el uso de un análisis de mínimo de numero de muestras para reafirmar la valides de la cantidad de muestras tomadas por zona.

Es recomendable el aumento de muestras analizadas con respecto a la mineralogía y madurez textural para hacer más representativo los valores.

LITERATURA CITADA

- Bagnold, R.A. (1954) *The Physics of blown sand desert dunes*, 265 p. London: Methuen.
- Bascom, W. (1964) *Waves and Beaches, the dynamics of ocean surface*. Anchor Books Science Study Series S34. 1ra. Edit, Garden City, N.Y. 267 pp.
- Brown, A.C. y McLachlan. 1990. *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier. The Netherlands. 328 pp.
- Camacho-Valdéz, V., Murillo-Jiménez, J. M., Nava-Sánchez, E. H. y Turrent-Thompson, C. (2008). Dune and beach morphodynamics at Cabo Falso, Baja California Sur, México: Response to natural, hurricane Juliette (2001) and anthropogenic influence. *Journal of Coastal Research*, 24, 553–560.
- Carriquiry–Beltrán, J.D., 1985, Análisis de la distribución de materiales pesados presentes en los sedimentos clásicos de la Bahía de Todos Santos, B.C.: Ensenada, Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, tesis de licenciatura.
- Castillon-Alvarez, R., C. 1998. Transporte de sedimento y su efecto sobre el perfil de playa en la Bahía de Todos Santos B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México 1-3 pp.
- Coll-de Hurtado, A. (1969). *Fotointerpretación geomorfológica del cordón de dunas de la Laguna del Marqués, México: estado de Veracruz*. México, D.F.: Serie de cuadernos del Instituto de Geografía.
- Cooper, W.S. 1967. *Coastal dunes of California*. The Geology Society of America, Inc. USA.
- Costa, S.S. 2011. Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesina de Especialidad en Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C. México 50 pp.
- Cruz–Colín, M.E., 1994, Balance sedimentario de la Bahía de Todos Santos, B.C., México: Ensenada, Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, tesis de licenciatura.
- Cupul- Magaña, L.A. 1983. Causas de Erosión en las Playas de Tijuana durante el invierno de (1977-78). Tesis para obtener el título de oceanólogo. Escuela superior de Ciencias Marinas- Universidad Autónoma Baja California. Ensenada, Baja California. 31-33, 47-49 pp.
- Dubroeuq, D., Geissert, D., Moreno-Casasola, P. y Millot, G. (1992). Soil evolution and plant communities in coastal dunes near Veracruz, Mexico. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologique*, 27, 237–250.

- Dubroeuq, D., Geissert, D., Moreno-Casasola, P. y Millot, G. (1992). Soil evolution and plant communities in coastal dunes near Veracruz, Mexico. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologique*, 27, 237–250.
- Dubroeuq, D., Geissert, D., Moreno-Casasola, P. y Millot, G. (1992). Soil evolution and plant communities in coastal dunes near Veracruz, México. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologique*, 27, 237–250.
- Edici, P. (2011). *Parque Estatal “La Lagunita” Parque Estatal “La Lagunita.”*
- el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Escofet, A. y Espejel, I. (1999). Conservation and management-oriented ecological research in the coastal zone of Baja California, México. *Journal of Coastal Conservation*, 5, 43–50.
- FOLK, R.L. (1980). *Petrography of sedimentary rocks*. Austin, Texas. Hemphills. pp. 170.
- Gajá-Ferrer, S. 2004. Estadística de oleaje en dos localidades dentro de la Bahía de Todos Santos, B.C., y su uso para la extrapolación de datos de oleaje en aguas profundas al interior de la Bahía. B.C., México. Tesis para obtener el título de oceanólogo. UABC. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California. 31-33, 47-49 pp.
- García-Gastelum, A. (1977) *Clasificación integral del litoral costero de la Bahía Todos Santos, B. C., México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.
- Gil, S. E. 1987. Transporte de arena por acción del viento en una playa natural. Tesis de licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C., México. 12 pp.
- GOLDSMITH, V. (1989). Coastal sand dunes as geomorphological systems In: Gimingham, C.H., Ritchie, W., Willetts, B.B., Willis, A.J. (Eds.), *Coastal Sand Dunes*. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, vol. 96B. Roy. Soc. Edinb., Edinburgh, pp.3 – 15.
- Goldsmith. V. 1976. Coastal Dunes. In: *Coastal Sedimentary Environments*. Davis, R. A. (ed). Springer-Verlag. New York. 415 pp.
- González, Y.O. 1981. Transporte eólico en una porción de playa de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. UABC. 32 pp.

- Guilcher, A., 97 . “Morfología Litoral y Su marina. Ediciones Omega S. A.” pp. 9-87.
- Hernández-Zanatta, V.(1999). Evaluación de la vocación de uso de suelo del corredor costero El Naranjo-Chapultepec, Ensenada, Baja California. Adelantos para la Pregunta Problema de la Especialidad en Administración de recursos Marinos, F.C.M., U.A.B.C., Ensenada, B.C., México.
- Hesp, P. (2002). Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48(1-3), 245–268. [http://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00184-8](http://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00184-8)
- Hesp, P. A., Martínez, M., da Silva, G. M., Rodríguez-Revelo, N., Gutiérrez, E., Humanes, A., et al. (2011). Transgressive dunefield landforms and vegetation associations, Dona Juana, Veracruz, Mexico. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36, 285–295.
- Hesp, P. A., Schmutz, P., Martínez, M. L., Driskell, L., Orgera, R., Renken, K., et al. (2010). The effect on coastal vegetation of trampling on a parabolic dune. *Aeolian Research*, 2, 105–111.
- Inman, D. L., Ewing, G. C. y Corliss, J. B. (1966). Coastal sand dunes of Guerrero Negro, Baja California, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 77, 787–802.
- Jiménez, E.V.M.- 2010. Cambio en la vegetación de las dunas costeras de la playa municipal de Ensenada entre los años 1979, 1980, 1993 y 1998. Tesina de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C. México 51 pp.
- Jiménez-Orocio, O., Espejel, I., Martínez, M. L., Moreno-Casasola, P., Infante-Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (2014). Uso de las dunas y situación actual. En M. L. Martínez, P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante Mata y N. Rodríguez-Revelo (Eds.), *Diagnóstico general de las DC de México* (pp. 81–94). México, D.F.: Comisión Nacional Forestal.
- Jiménez-Orocio, O., Hesp, P., Martínez, M. L., Espejel, I. y Moreno-Casasola, P. (2014). Tipos de dunas. In M. L. Martínez, P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata, & N. Rodríguez-Revelo (Eds.), *Diagnóstico general de las DC de México* (pp. 27–48). México, D.F.: Comisión Nacional Forestal.
- Johnson, A. F. (1977). A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and Southern gulf coasts of Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography*, 7, 83–99.

- Krumbein, W.C. 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles, *Journal of Sedimentary Petrology* 11 (1941), pp. 64–72.
- Krumbein, W.C., 1940. Flood gravel of San Gabriel Canyon, *Bulletin of Geological Society of America*, 51: 636-676.
- Lizárraga-Arciniega, J. R. (1972). Estudio de los movimientos ciclicos de la playa en la Bahía de Todos Santos, B. C., por medio de secciones transversales. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México.
- Lizárraga-Arciniega, J. R., Martínez-Díaz de León, A., Delgado-González, O. Torres C.R. Galindo-Bect, L.A (2007). Alternation of beach erosion/accretion cycles related to wave action off Rosarito, Baja California, Mexico.
- López-Portillo, J. A., Martínez, M. L., Hesp, P. A., Hernández-Santana, J. R., Reyes-Vásquez, V., Gómez, A., et al. (2011). Atlas de las costas de Veracruz. Manglares y dunas. Xalapa: Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana.
- Lubinsky, D. N. Victoria, O. Cervantes, A. Espinoza-Tenorio, S. Delhumeau e I. Espejel. 2009. El valor de dos playas turísticas de Ensenada, Baja California según la percepción de los usuarios. *Revista de Medio Ambiente, Turismo y Sustentabilidad*. 45-56 pp.
- Lubinsky, D., Victoria, N., Cervantes, O., Espinoza-Tenorio, A., Delhumeau, S., & Espejel, I. (2006). El valor de dos playas turísticas de Ensenada, Baja California según la percepción de los usuarios. *Manejo, Gestion Y Certificacion de Playas*, 45–56.
- Martínez del Río, P. y E. A. Alfaro. 1982. Estudio ecosistemático de vocación e impacto de uso en el predio de Puerto Escondido, B. C. S. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México, 116 pp.
- Martínez M. L., P. Moreno-Casasola y S. Castillo. 1993. Biodiversidad Costera: playas y dunas. En: *Biodiversidad Marina y Costera en México*. S. I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds). Comisión Nacional Biodiversidad y SIQRO, México, México, 865 pp.
- Martínez, M. L. (2015). La investigación científica sobre dunas costeras de México : origen , evolución y retos *Revista Mexicana de Biodiversidad* origen , evolución y retos, (MAY). <http://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.022>
- Martínez, M. L., Gallego-Fernández, J. B., García-Franco, J. G., Moctezuma, C. y Jiménez, C. D. (2006). Assessment of coastal dune vulnerability to natural

- and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation*, 33, 109–117.
- Martínez, M. L., García-Franco, J. G. y Rico-Gray, V. (2006). Las adaptaciones y las interacciones de las especies. En P. Moreno-Casasola (Ed.), *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha* (pp. 273–283). Xalapa: Instituto de Ecología, A.C.
- Martínez, M. L., Manson, R. H., Balvanera, P., Dirzo, R., Soberón, J., García-Barrios, L., et al. (2006). The evolution of ecology in Mexico: Facing challenges and preparing for the future. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4, 259–267.
- Martínez, M.L.2008. Dunas Costeras. *Investigación y Ciencia*. Agosto 2008.
- Martinez-Diaz-Leon, A., Nava Button, C., Ocampo-Torres, F.J., 1987. Estadística del oleaje en la bahía de Todos Santos, B.C., de septiembre del 1986 a agosto de 1987. *Ciencias Marinas* 15(3): 1-20.
- Martínez-Martínez, M.D. (2015) Posibles cambios en la morfología de la playa Municipal de Ensenada, Baja California, México, debido a la probable prolongación del rompeolas del puerto de Ensenada.
- Martínez-Rocha, I. A. 1991. Estudio de vocación de uso de suelo de una región de la Bahía de Todos Santos, municipio de Ensenada, B.C. Tesina en especialidad en Administración de recursos marinos. Facultad de Ciencias Marianas. UABC. Ensenada, B.C. México. 46 pp.
- Mashhadi, N., & Ekhtesasi, M. R. (2009). Studying the Morphologic Maturation of Aeolian Sand Grains During Transportation Process of Wind Erosion (Case study : Khartouran Erg), 14, 197–207.
- Mendez-Arriaga, M. A. (1982) Determinación del transporte litoral predominante en la Bahía. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.
- Merlotto, A. Bértola, G.R. Piccolo, M.C. (2013), Clasificación morfodinámica estacional de playas del partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina, *Cienc. mar* vol.39 no.4 Ensenada dic. 2013
- Moreno-Casasola, P; Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para
- Morton, R. a, & Jr, A. H. S. (2013). Morphological Impacts of Extreme Storms on Sandy Beaches and Barriers. *Journal of Coastal Research*, 19(3), 560–573.
- MORTON, RA. and PAINE, J.G., 1985. Beach and vegetation-line changes at Galveston Island, Texas. erosion, deposition, and recovery from Hurricane

Alicia. The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Geological Circular 85-5, 39p.

Müller-Hohenstein, K. (1992). Las dunas como ecosistemas: experiencias en Europa, Arabia y Africa. *Bosque*, 13(1), 9–21. Retrieved from http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=T50Fe2J_zIgC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Las+dunas+como+ecosistemas+:+experiencias+en+Europa+,+Arabia+y+Africa&ots=H63L0e-jtx&sig=83cVWGqQI5oWC1_mL9hMZ_dxhog

Nieves, J.L. y V.M. Suárez. 1990. Las dunas. Oficina de Educación Pública y Publicaciones de DRNA. Disponible en: http://www.proyectosalohogar.com/Recursos_naturales/Dunas.htm

Ocampo-Orozco, J. R. 2011. Comportamiento de las dunas de arena en las barras de San Quintín (Punta Azufre y Punta Mazo) para 1973 y 2006 utilizando técnicas de percepción remota y SIG. Tesis de Especialidad en Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México 51.

Oropeza-Orozco, O., Sommer-Cervantes, I., Carlos-Gómez, J., Preciado-López, J. C., Ortiz-Pérez, M. A. y López-Portillo, J. (2011). Assessment of vulnerability and integrated management of coastal dunes in Veracruz, Mexico. *Coastal Management*, 39, 492–514.

Ortiz-Rosales, V. G. 2006. Variación de la cobertura vegetal del campo de dunas de la playa Municipal de Ensenada, B.C., durante el periodo 1979-2002. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México.

Pettijohn, Potter y Slevor, 1963. *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag New York – Helderger Berlin, 440 pp.

Pettijohn, F. J. 1957. *Sedimentary Rocks*, 2nd edition. Harper and Row Publishers, New York. 628 pp.

Pintó, J., Martí, C., & Fraguell, R. M. (2014). Assessing Current Conditions of Coastal Dune Systems of Mediterranean Developed Shores. *Journal of Coastal Research*, 30(4), 832–842. <http://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00116.1>

Poggie, J. J. (1962). *Coastal Pioneer Plants and Habitat in the Tampico Region, Mexico*. Technical Report 17A. Baton Rouge: Louisiana State University Press.

Psuty, N. P. (1965). Beach-ridge development in Tabasco, Mexico. *Annals of the Association of American Geographers*, 55, 112–124.

- Rendon-Marquez, G.1995. Tecnicas de petrografía para el estudio de rocas y sedimentos en el alboratorio de petrología del CICESE. Informe Tecnico. Comunicaciones Académicas, Serie Geología, CICESE 33 pp. GTGOT9501.
- Revelo-Rodríguez, N. A.2012. Evaluación integrada de la duna el socorro para proponer su manejo como recurso natural en el ejido nueva odisea San Quintín Baja California. Tesis para obtener el grado de maestra en ciencias. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México.
- Riley, N. A., 1941, Projection sphericity: Jour. Sedimentary Petrology, v. 11, p. 94-97.
- Rosas-Gómez, R. (2008). Propuesta de plan de manejo para la playa municipal de Ensenada, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.
- Rubio-Orozco V. M. 1987. Determinación de las zonas de mayor erosión y depositacion en una playa de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. 38 pp.
- Sánchez, O.R. 1996. Germinación y establecimiento de Abronia marítima en las dunas de Punta Banda, B.C. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UABC. 55 pp.
- SCHWARTZ, RK., 1975. Nature and Genesis of Some Storm Washover Deposits. Coastal Engineering Research Center Technical Memorandum 61, 69p.
- Sepúlveda - Trujillo, M.A. 1998. Análisis multicriterio para la política de unos de la barra del Estero de Punta Banda, B.C. México. Tesina de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. 58 pp.
- Smith, H.T.U., 1960. Physiography and photo interpretation of coastal sand dunes. Final Report Contract NONR - 2242(00), Office of Naval Research, Geographical Branch, 60 pp.
- Svenia-costa, S. 2011. Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Especialidad en Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México.
- Valdez-Cotera, L. 1987. Transporte de sedimentos en las dunas del Ejido Primo Tapia, Baja California. , México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México. 1,3 pp.
- Vieira-Arouca, R. 2004. Determinación de los cambios en las playas municipales de Ensenada y su situación actual. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México.

- Viera, A.R. 2004. Determinación de los cambios en las playas municipales de Ensenada y la situación actual. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México, 123 pp.
- Wadell, H. 1933. Sphericity and roundness of rock particles, *Journal of Geology* 41 (1933), pp. 310–331.
- Wiegel, R. L.(1964) *Oceanographical Engineering*. Prentice-Hall Internacional Series in Theoretical and Applied Mechanics, 1 st. Edition, Englewood Cliffs, N.J. 532 pp.
- Williams, A. T., Alveirinho-dias, J., Novo, F. G., & Garc, M. R. (2001). Integrated coastal dune management, checklists.pdf, 21, 1937–1960.
- Wright, L. D., & Short, a. D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology*, 56(1-4), 93–118. [http://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90008-2](http://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90008-2)
- Zamora, E. (2007) Lagunita del Ciprés: Refugio de aves. *La Bitácora del Humedal*. Vol 7(4): 3 – 5.

ANEXOS

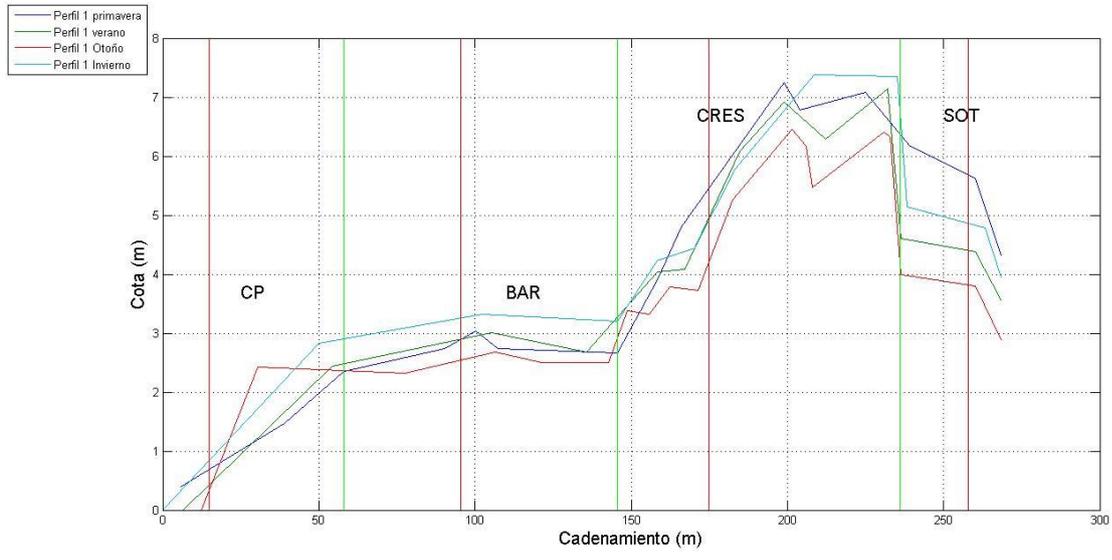


Figura 29.- Comportamiento del transecto uno en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

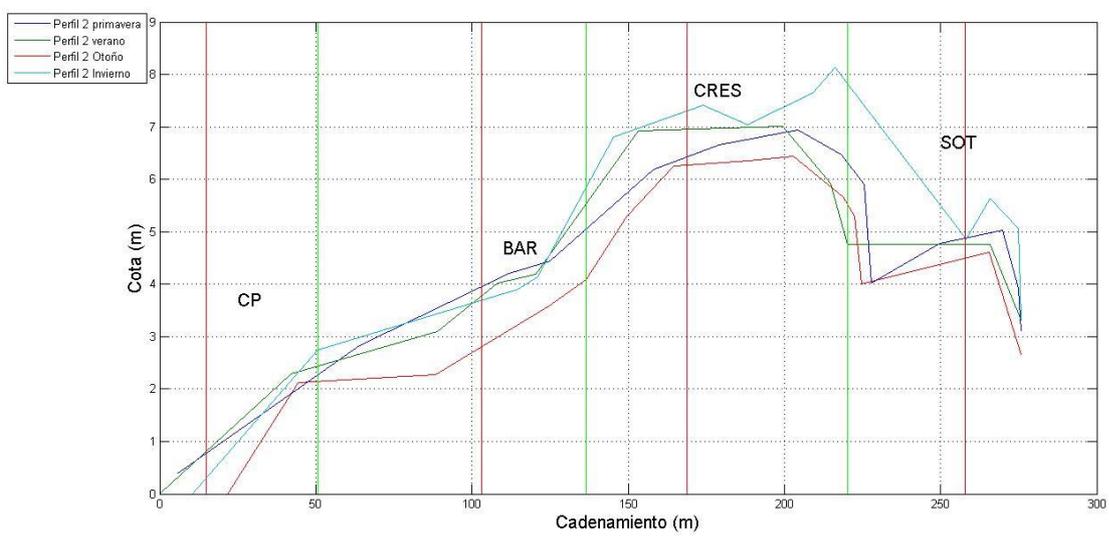


Figura 30.- Comportamiento del transecto dos en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

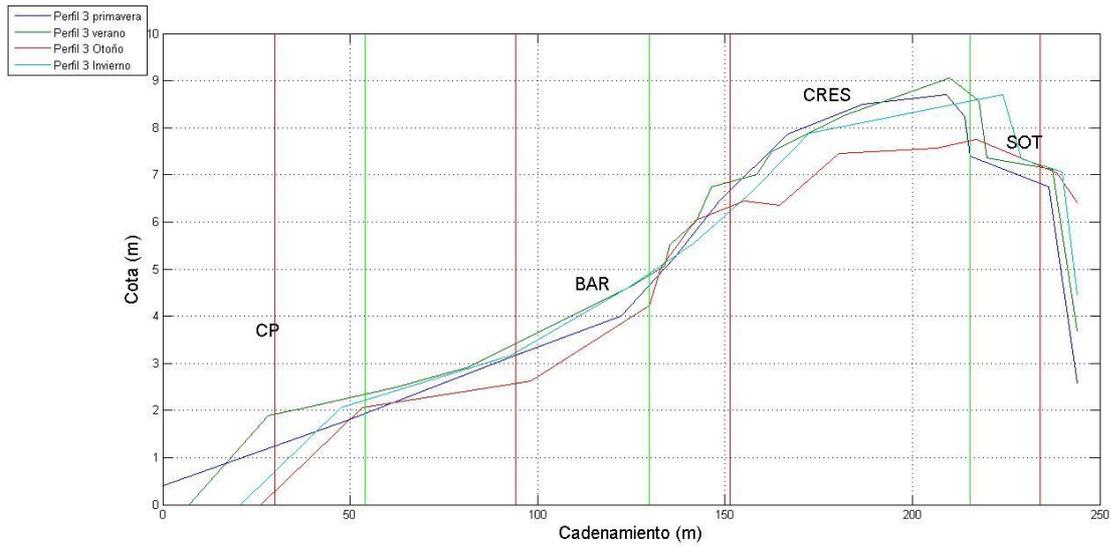


Figura 31.- Comportamiento del transecto tres en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

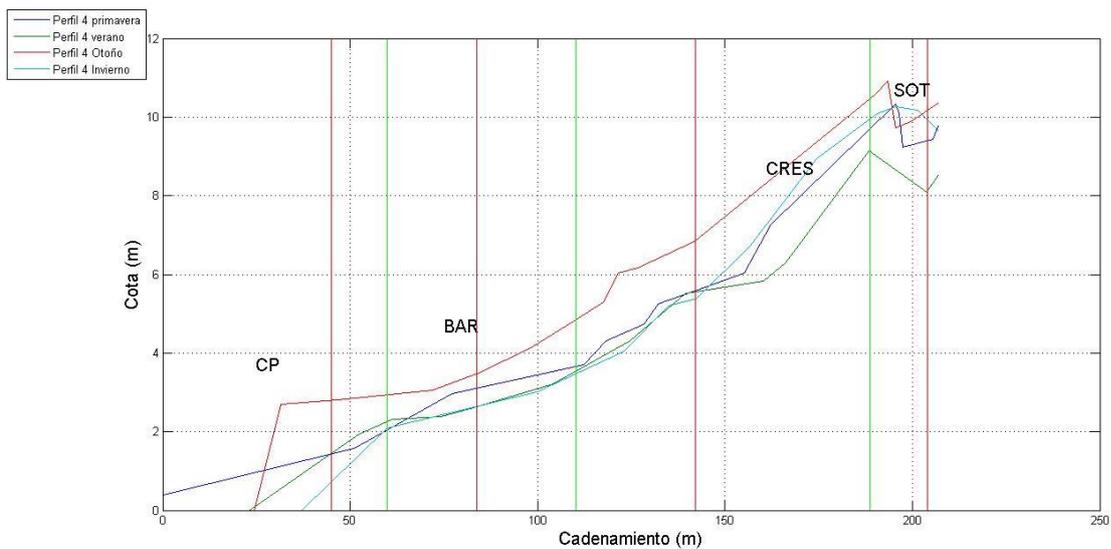


Figura 32.- Comportamiento del transecto tres en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

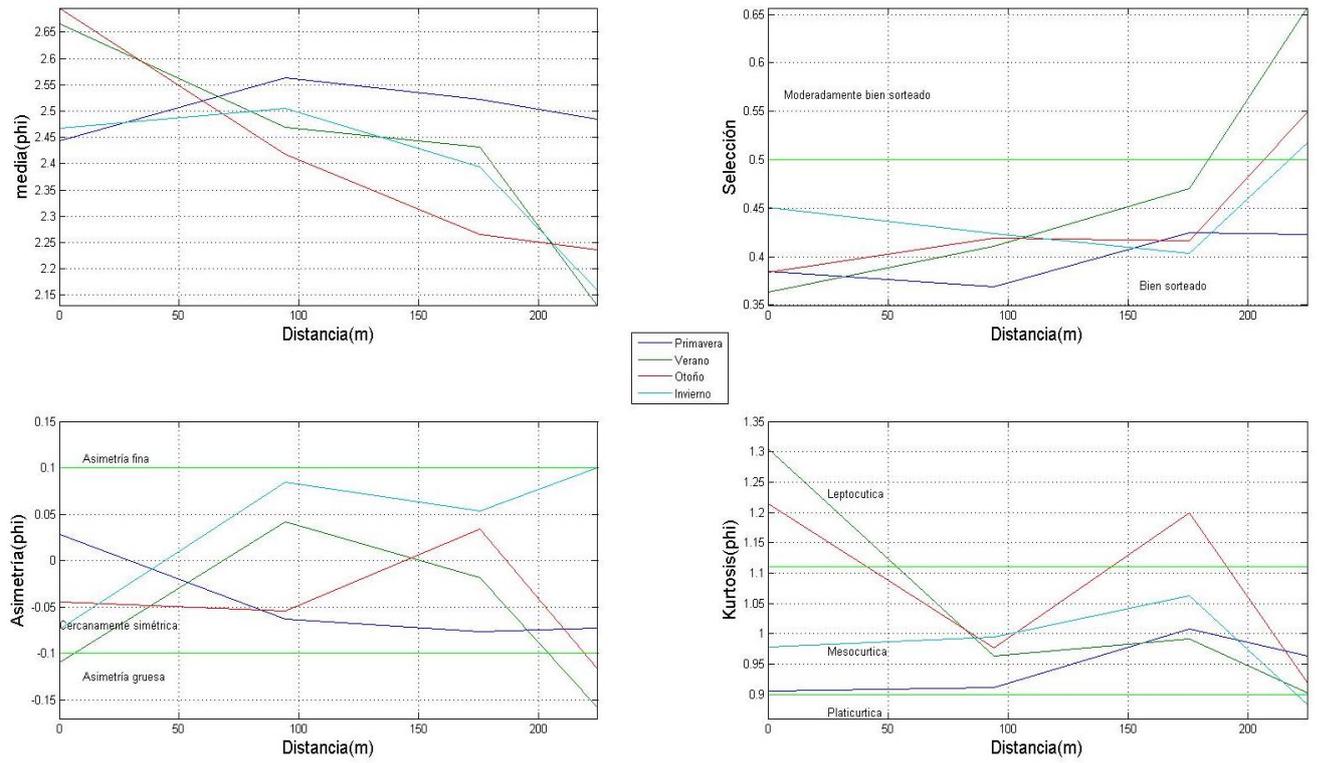


Figura 33.- Distribución de parámetros texturales a lo largo del perfil uno en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

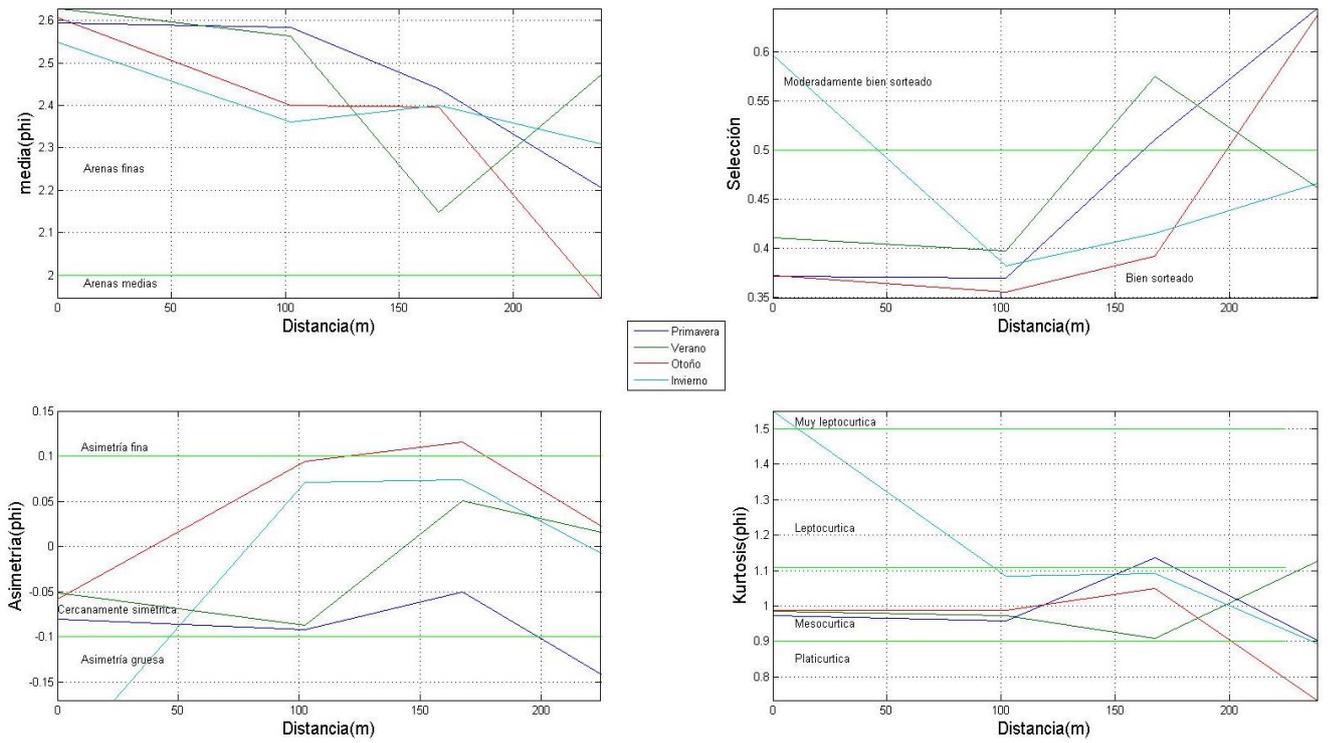


Figura 34.- Distribución de parámetros texturales a lo largo del perfil dos en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

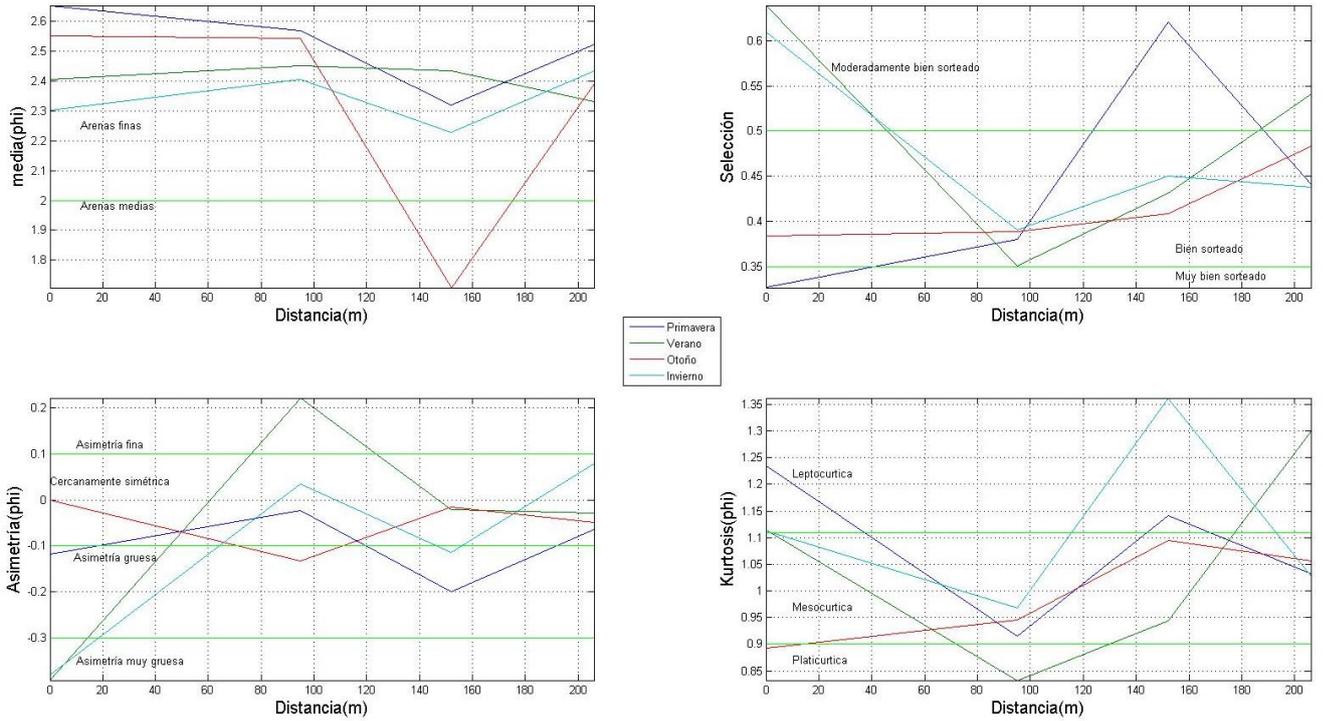


Figura 35.- Distribución de parámetros texturales a lo largo del perfil tres en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

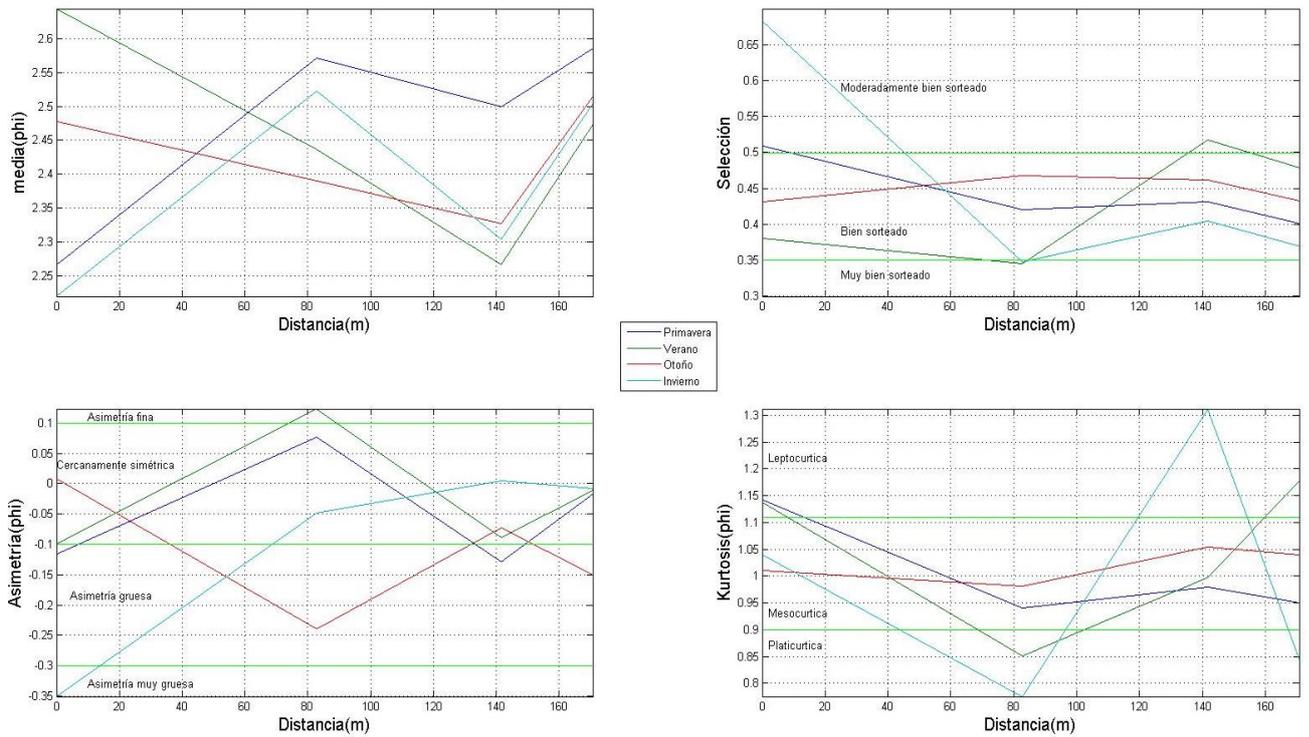
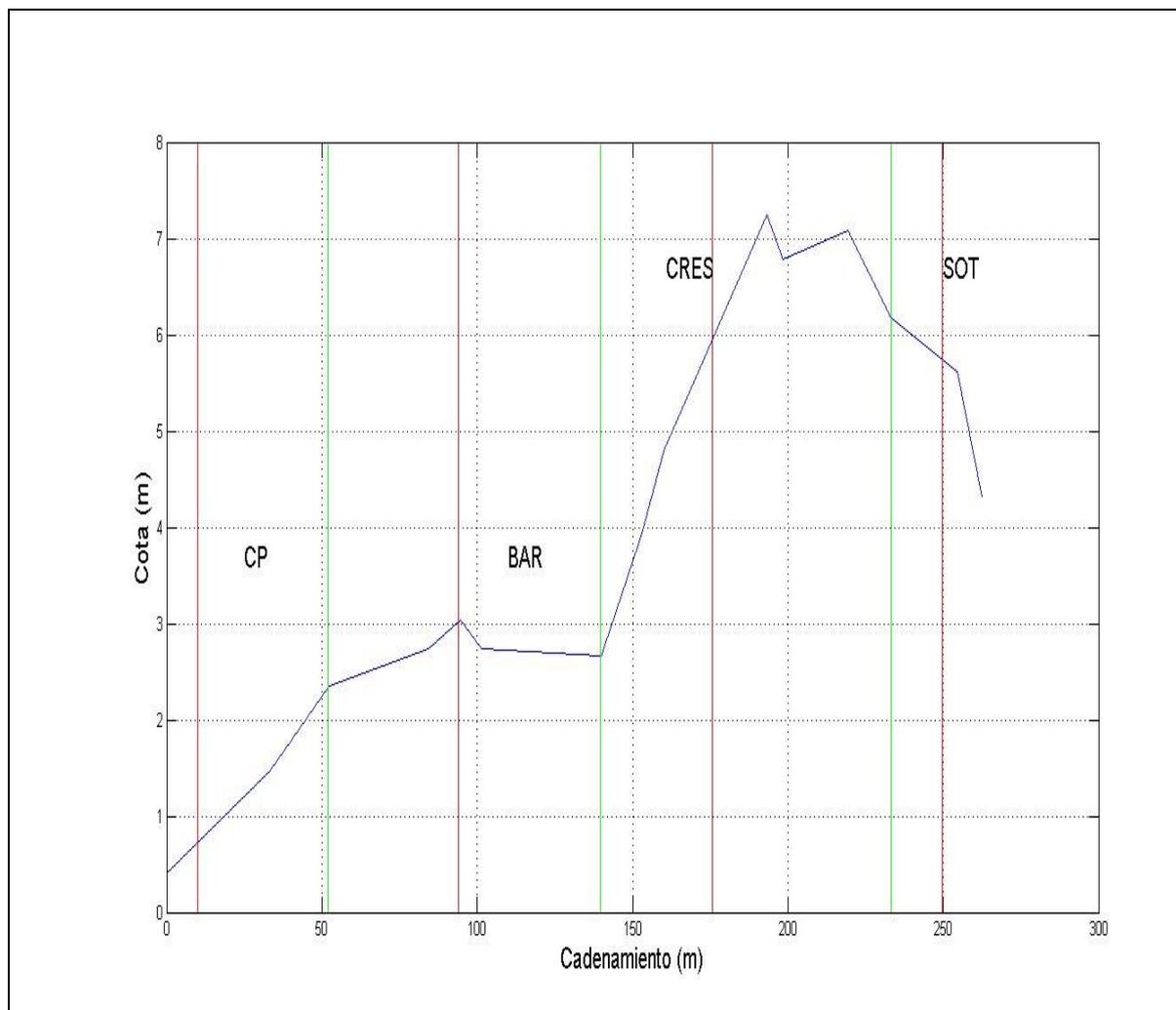


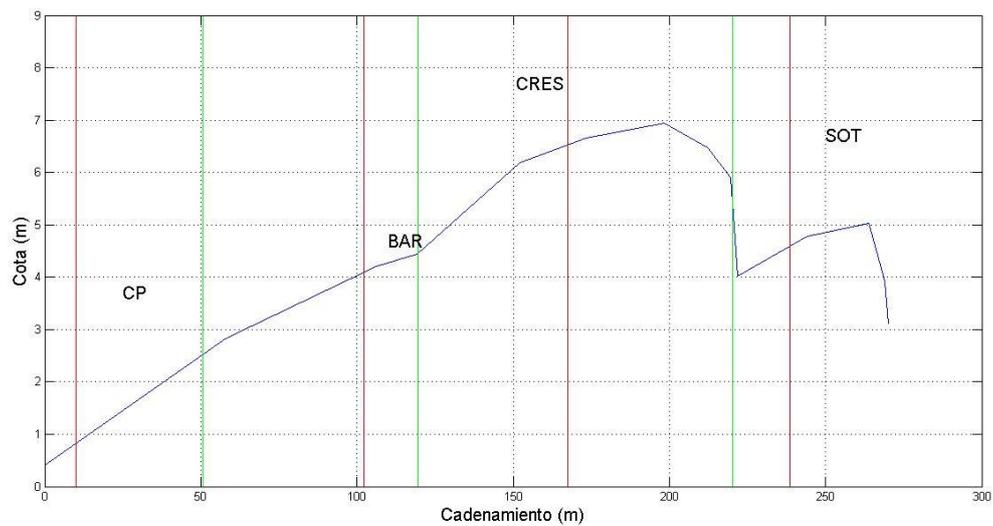
Figura 36.- Distribución de parámetros texturales a lo largo del perfil cuatro en campañas de primavera, verano, otoño e invierno.

Tabla XI.-Comportamiento del transecto uno en primavera y parámetros texturales.



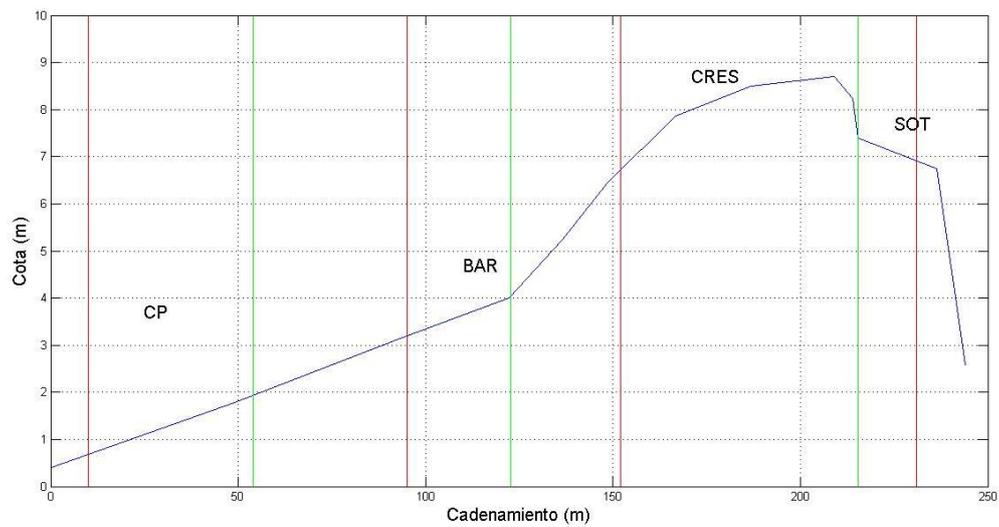
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.443	2.564	2.523	2.485
Selección	0.3845	0.3695	0.4249	0.4233
Asimetría	0.02814	-0.06255	-0.07653	-0.07303
Curtosis	0.9046	0.9108	1.008	0.9625
Pendiente promedio				
1.3119				
Pendiente	2.2026	0.6585	2.7263	3.5517

Tabla XII.- Comportamiento del transecto dos en primavera y parámetros texturales.



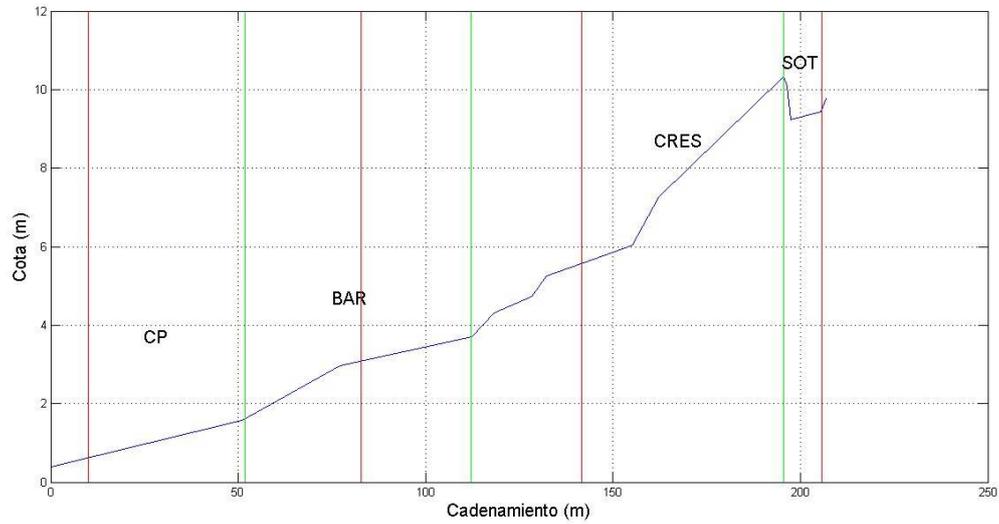
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.595	2.583	2.44	2.205
Selección	0.3721	0.3704	0.5107	0.6444
Asimetría	-0.08018	-0.09153	-0.04999	-0.1636
Curtosis	0.9718	0.9585	1.137	0.9044
Pendiente promedio				
0.511175548				
Pendiente	2.36950806	1.51188187	0.11234452	0.59680945

Tabla XIII.- Comportamiento del transecto tres en primavera y parámetros texturales.



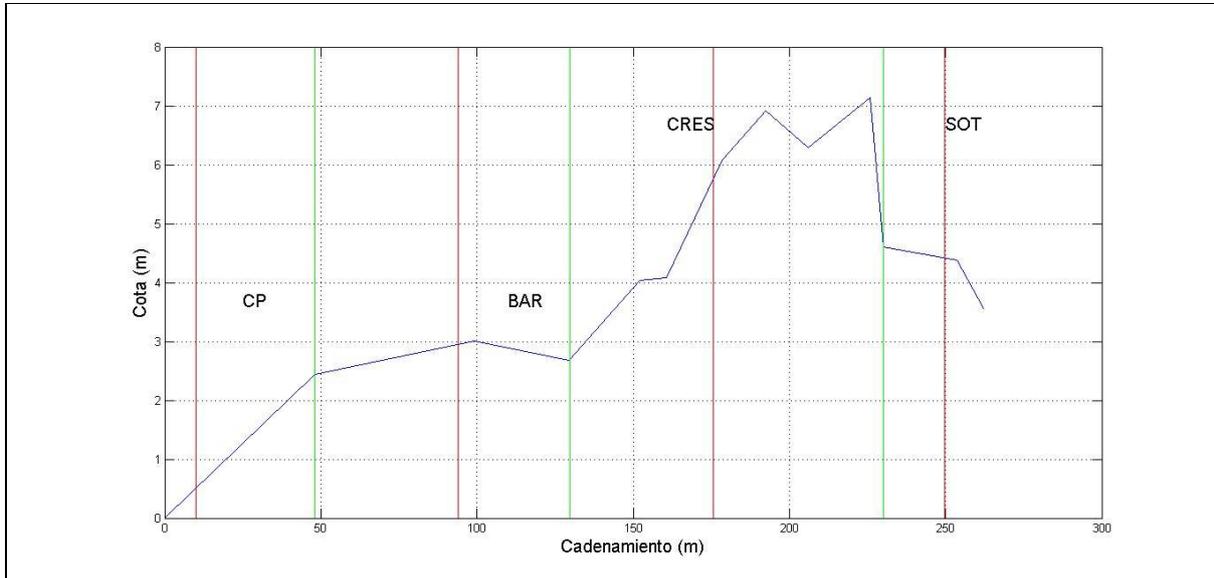
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.653	2.569	2.32	2.522
Selección	0.3271	0.3801	0.62	0.4405
Asimetría	-0.1176	-0.02223	-0.2	-0.06321
Curtosis	1.235	0.915	1.141	1.033
Pendiente promedio				
1.76059				
Pendiente	1.51974	1.80461	2.09375193	7.85331

Tabla XIV.- Comportamiento del transecto cuatro en primavera y parámetros texturales.



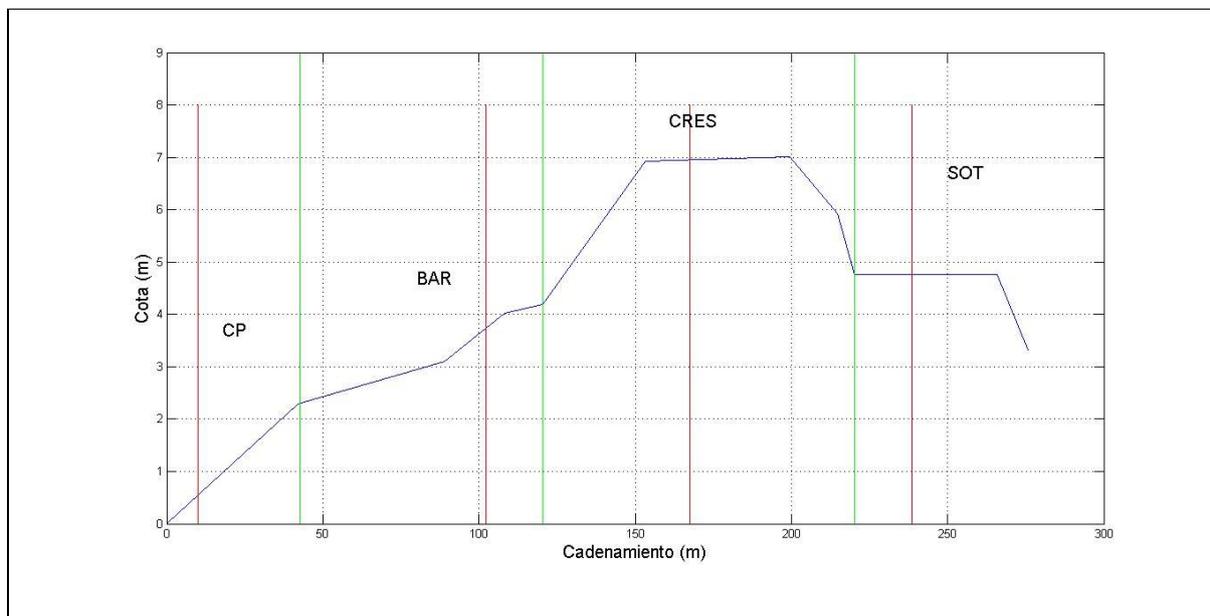
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.266	2.571	2.499	2.585
Selección	0.5095	0.4212	0.432	0.4012
Asimetría	-0.1157	0.07717	-0.1286	-0.01699
Curtosis	1.143	0.9403	0.9796	0.9499
Pendiente promedio				
2.39703				
Pendiente	1.74809	2.45403	5.44033	15.52411

Tabla XV.-Comportamiento del transecto uno en verano y parámetros texturales.



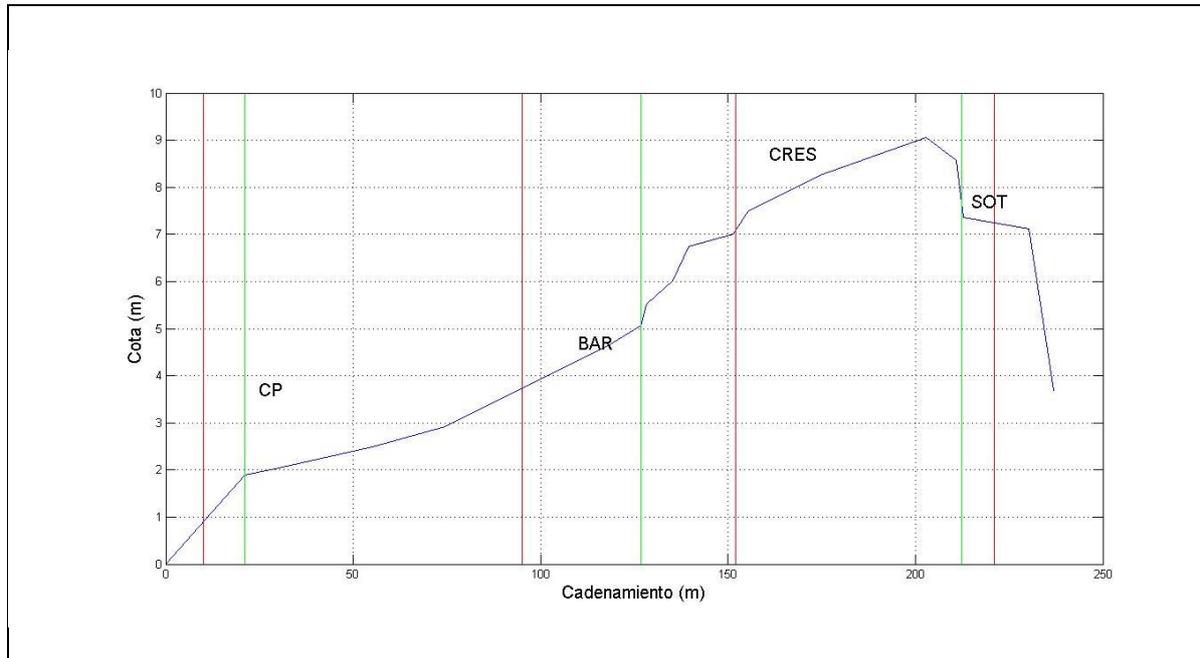
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.667	2.469	2.432	2.131
Selección	0.3636	0.4113	0.4705	0.6566
Asimetría	-0.1093	0.04156	-0.01826	-0.1583
Curtosis	1.306	0.9639	0.9917	0.9021
Pendiente promedio				
1.049				
Pendiente	2.89812467	0.004938231	2.743	2.045

Tabla XVI.-Comportamiento del transecto dos en verano y parámetros texturales.



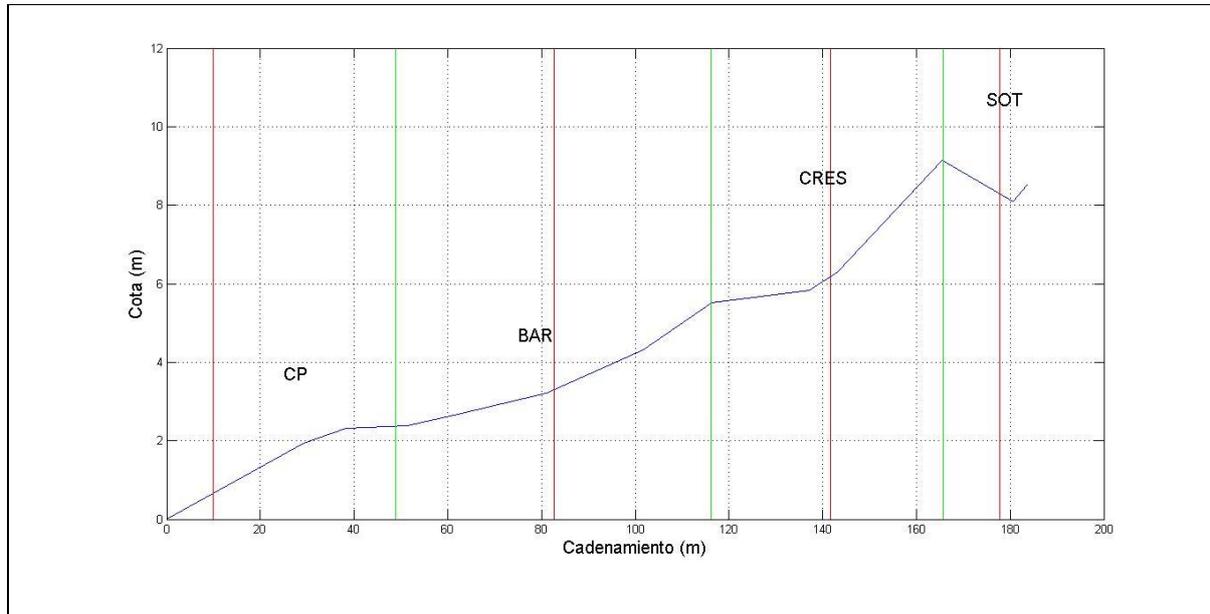
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.628	2.564	2.149	2.473
Selección	0.4111	0.3978	0.5756	0.4616
Asimetría	-0.05073	-0.08732	0.0505	0.007355
Curtosis	0.9857	0.9733	0.9083	1.126
Pendiente promedio				
0.83333439				
Pendiente	3.12089397	0.78539816	0.45835646	1.04162668

Tabla XVII.-Comportamiento del transecto tres en verano y parámetros texturales.



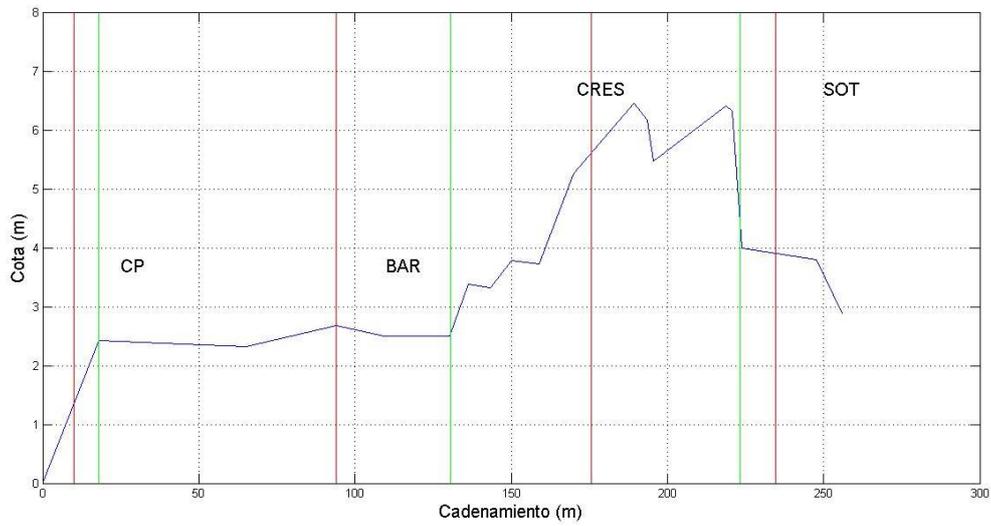
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.405	2.45	2.435	2.332
Selección	0.6388	0.3516	0.4316	0.5411
Asimetría	-0.3926	0.2222	-0.02073	-0.02748
Curtosis	1.114	0.8325	0.9437	1.301
Pendiente promedio				
1.69895				
Pendiente	5.09398	1.74562	1.70473	7.12502

Tabla XVIII.-Comportamiento del transecto cuatro en verano y parámetros texturales.



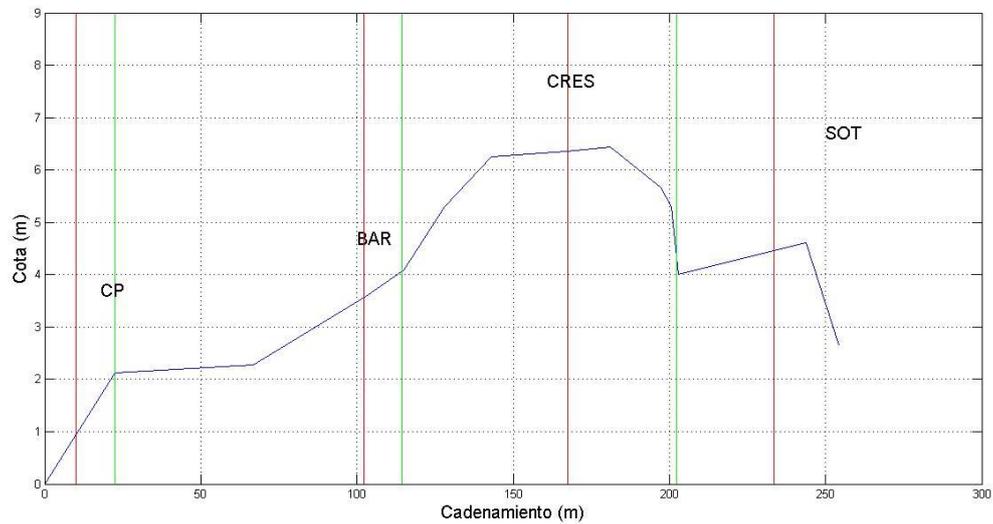
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.644	2.436	2.267	2.474
Selección	0.3803	0.3452	0.517	0.4793
Asimetría	-0.0986	0.1234	-0.08846	-0.01065
Curtosis	1.137	0.851	0.9968	1.178
Pendiente promedio				
2.66562				
Pendiente	3.83289008	2.1722468	4.66685837	2.50313978

Tabla XIX.-Comportamiento del transecto uno en otoño y parámetros texturales.



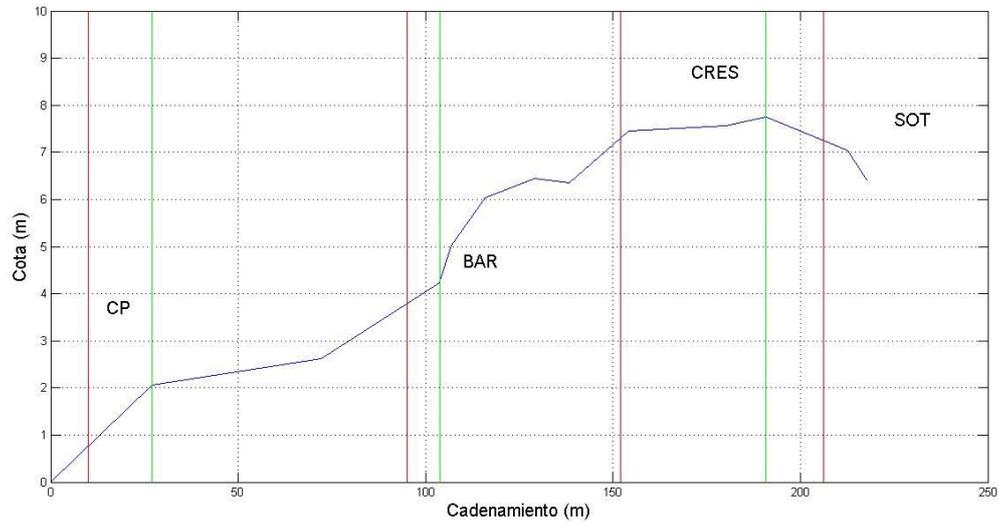
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.696	2.417	2.266	2.237
Selección	0.3842	0.4196	0.4165	0.5492
Asimetría	-0.04415	-0.05425	0.03441	-0.1158
Curtosis	1.214	0.977	1.199	0.9191
Pendiente promedio				
0.98853496				
Pendiente	7.59464337	0.48417816	1.77757434	1.61101911

Tabla XX.-Comportamiento del transecto dos en otoño y parámetros texturales.



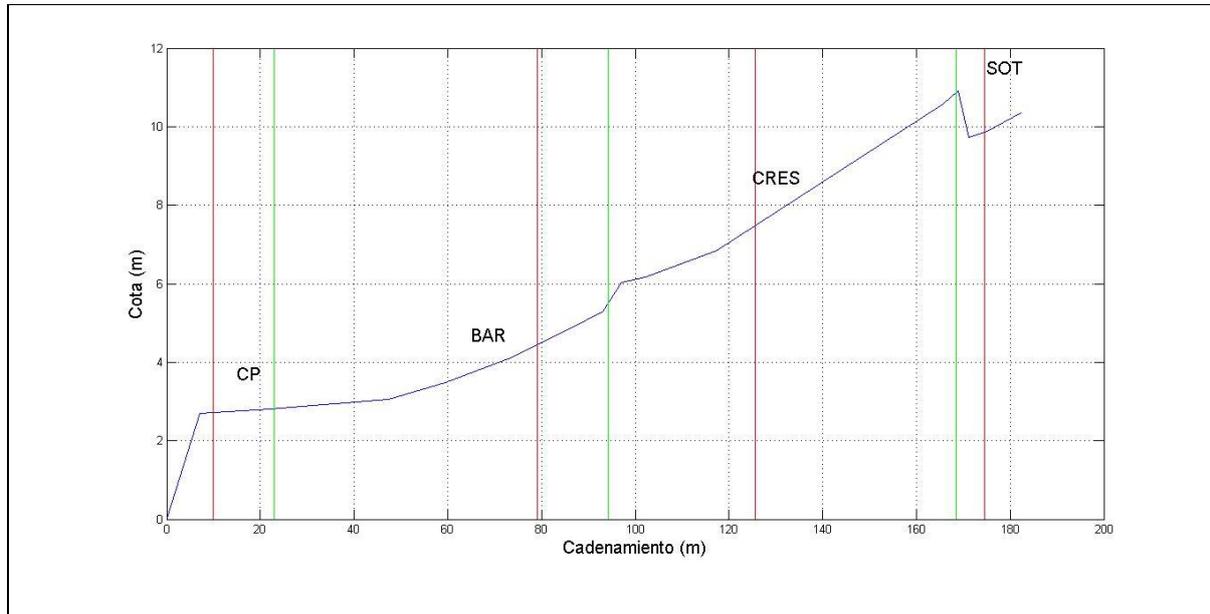
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.607	2.399	2.395	1.947
Selección	0.3724	0.3559	0.3921	0.6377
Asimetría	-0.05836	0.09379	0.116	0.0000307
Curtosis	0.9863	0.9869	1.05	0.7335
Pendiente promedio				
0.85712				
Pendiente	5.5042343	1.24536427	0.62787382	1.87246435

Tabla XXI.-Comportamiento del transecto tres en otoño y parámetros texturales.



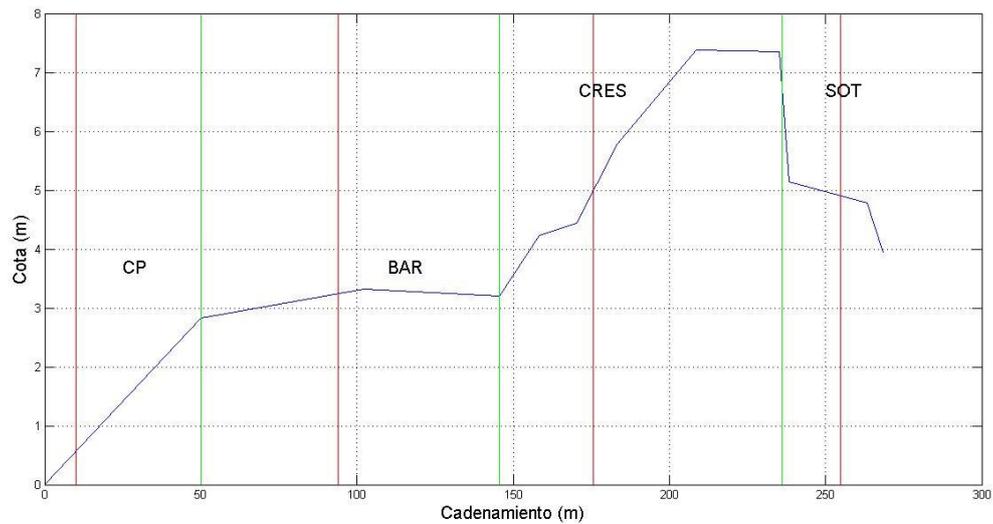
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.552	2.543	1.708	2.39
Selección	0.3845	0.3887	0.4089	0.4836
Asimetría	-0.0005647	-0.1323	-0.01593	-0.04843
Curtosis	0.893	0.9453	1.095	1.056
Pendiente promedio				
1.979480934				
Pendiente	4.36300301	1.58277012	1.97493401	2.75655687

Tabla XXII.-Comportamiento del transecto cuatro en otoño y parámetros texturales.



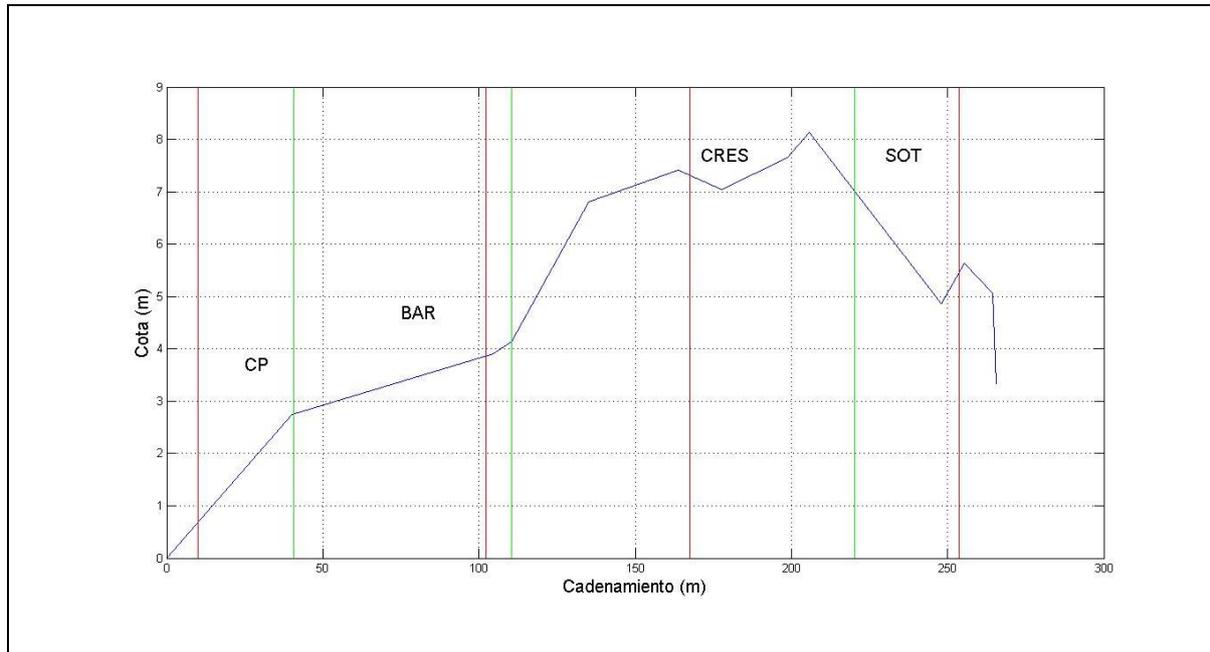
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.478	2.39	2.327	2.515
Selección	0.4316	0.4679	0.4615	0.4332
Asimetría	0.008137	-0.2396	-0.07318	-0.1507
Curtosis	1.01	0.9813	1.055	1.039
Pendiente promedio				
3.301865674				
Pendiente	20.8966534	1.66510606	4.0421821	3.38172732

Tabla XXIII.-Comportamiento del transecto uno en invierno y parámetros texturales.



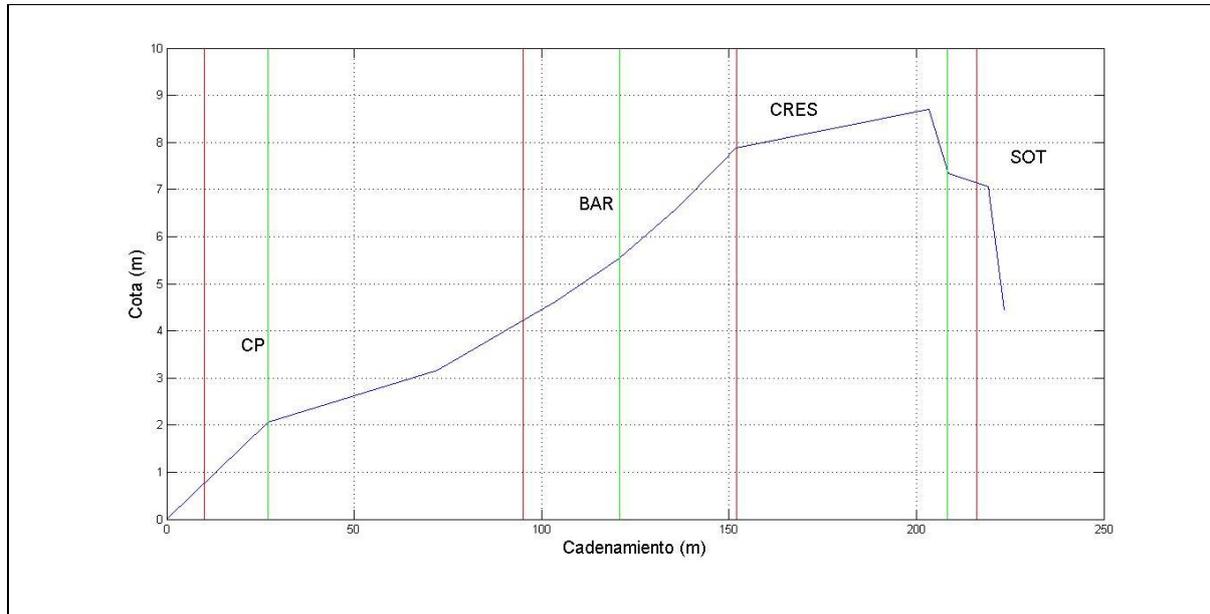
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.468	2.505	2.393	2.159
Selección	0.4507	0.4237	0.4031	0.5178
Asimetría	-0.07333	0.08424	0.05321	0.1002
Curtosis	0.978	0.9948	1.063	0.883
Pendiente promedio				
1.27592				
Pendiente	3.23295697	0.24124396	51.5198018	1.59468219

Tabla XXIV.-Comportamiento del transecto dos en invierno y parámetros texturales.



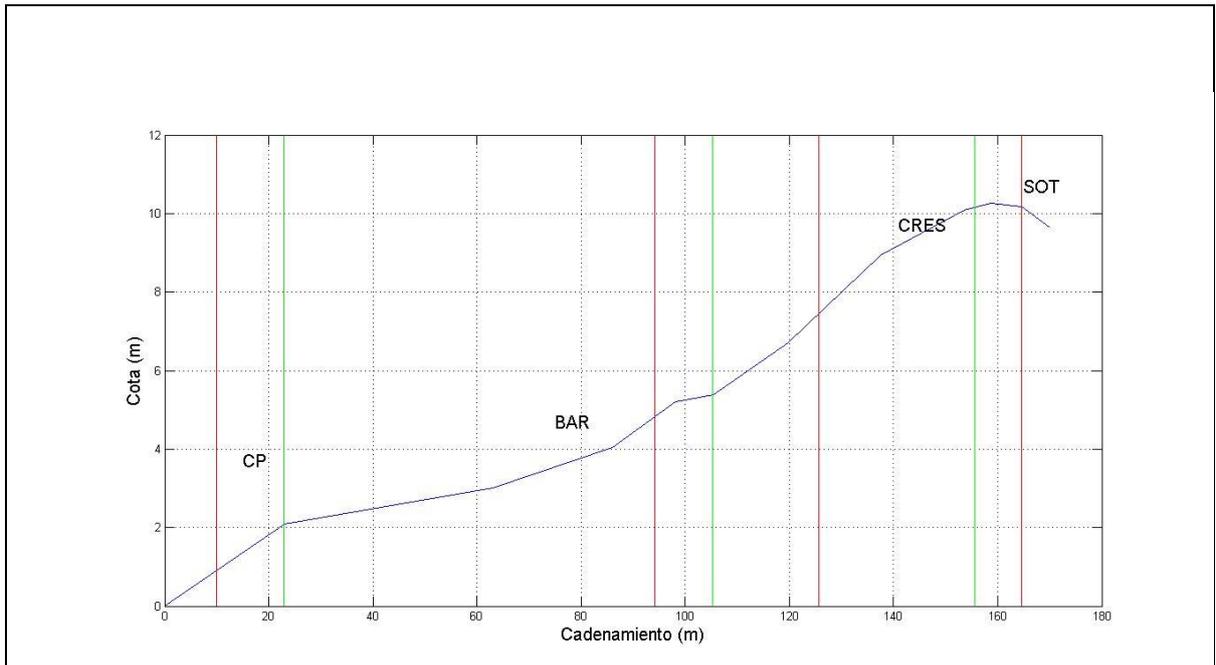
Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.548	2.361	2.399	2.309
Selección	0.5972	0.3829	0.4153	0.4668
Asimetría	-0.2411	0.07129	0.07398	-0.0275
Curtosis	1.551	1.084	1.092	0.8927
Pendiente promedio				
0.989555971				
Pendiente	3.91505611	1.13304996	1.90249257	3.74830778

Tabla XXV.-Comportamiento del transecto tres en invierno y parámetros texturales.



Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.301	2.404	2.229	2.434
Selección	0.6096	0.3907	0.4503	0.4381
Asimetría	-0.3809	0.03543	-0.1136	0.07912
Curtosis	1.112	0.9682	1.362	1.027
Pendiente promedio				
0.53496				
Pendiente	4.33886103	3.28772224	0.78849659	7.64501327

Tabla XXVI.-Comportamiento del transecto cuatro en invierno y parámetros texturales.



Sección	CP	BAR	CRES	SOT
Media	2.22	2.523	2.304	2.505
Selección	0.6831	0.3473	0.4049	0.3695
Asimetría	-0.3509	-0.04785	0.00442	-0.00767
Curtosis	1.04	0.7754	1.312	0.8434
Pendiente promedio				
2.602562202				
Pendiente	5.19760212	2.06175769	4.84898199	3.12213046

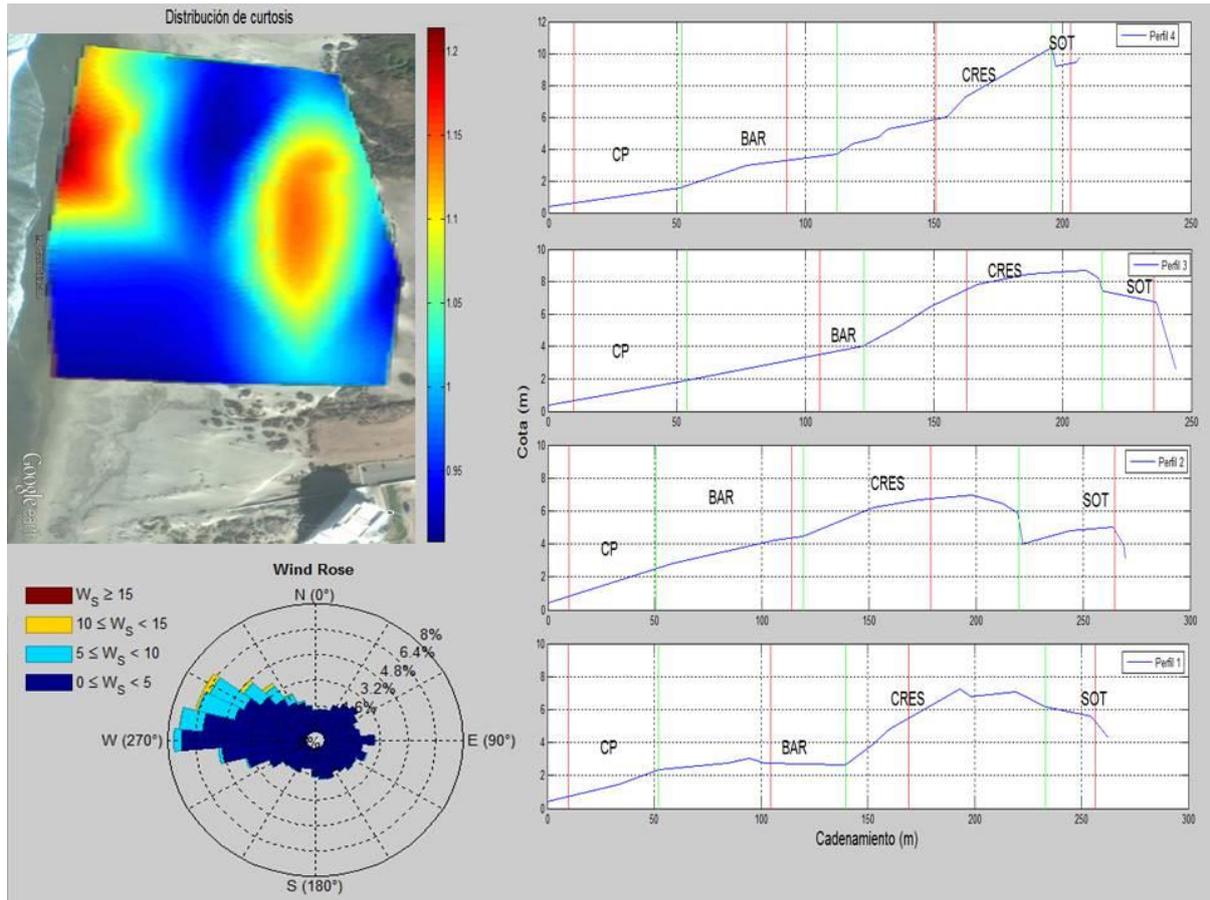


Figura 37.- Variación espacial de la curtosis (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para primavera (Figura inferior izquierda).

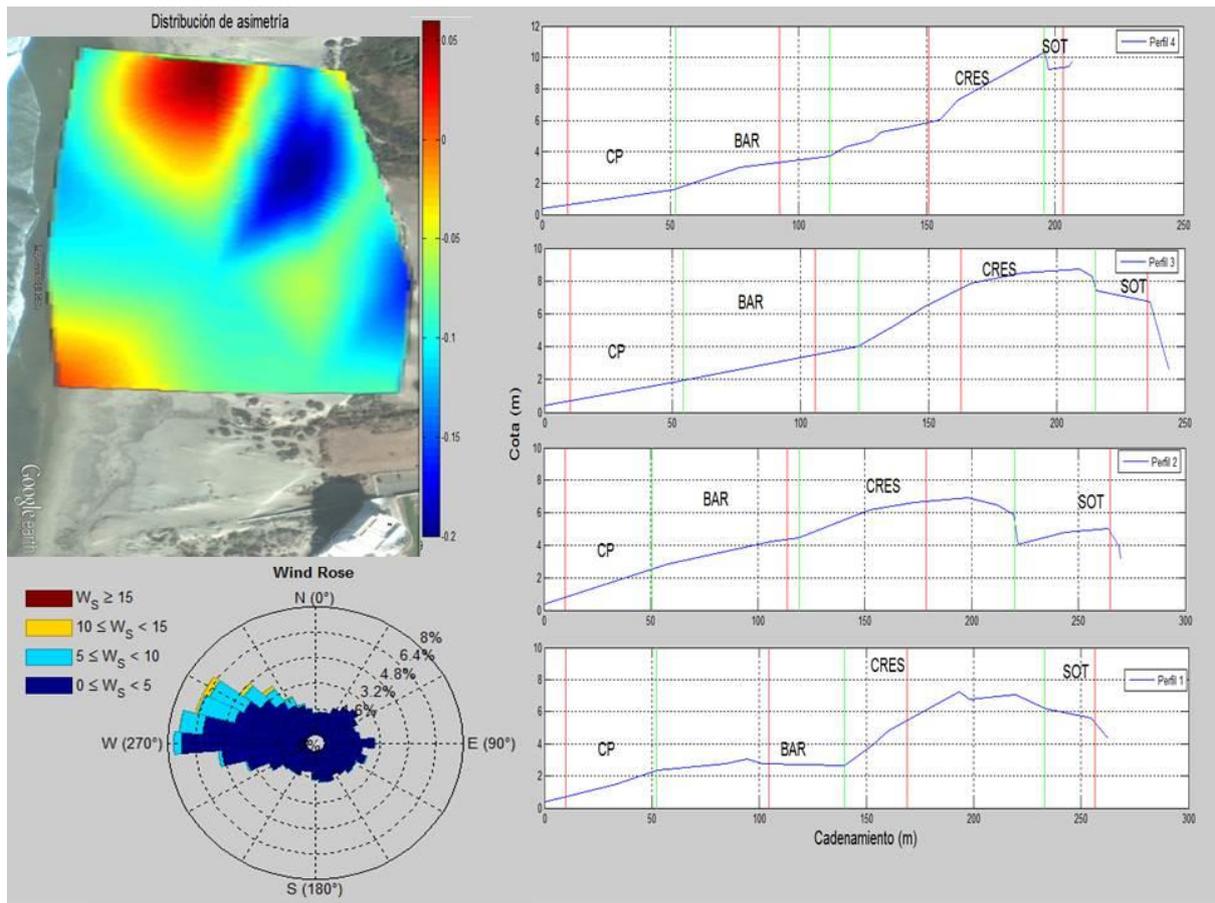


Figura 38.- Variación espacial de la asimetría (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para primavera (Figura inferior izquierda).

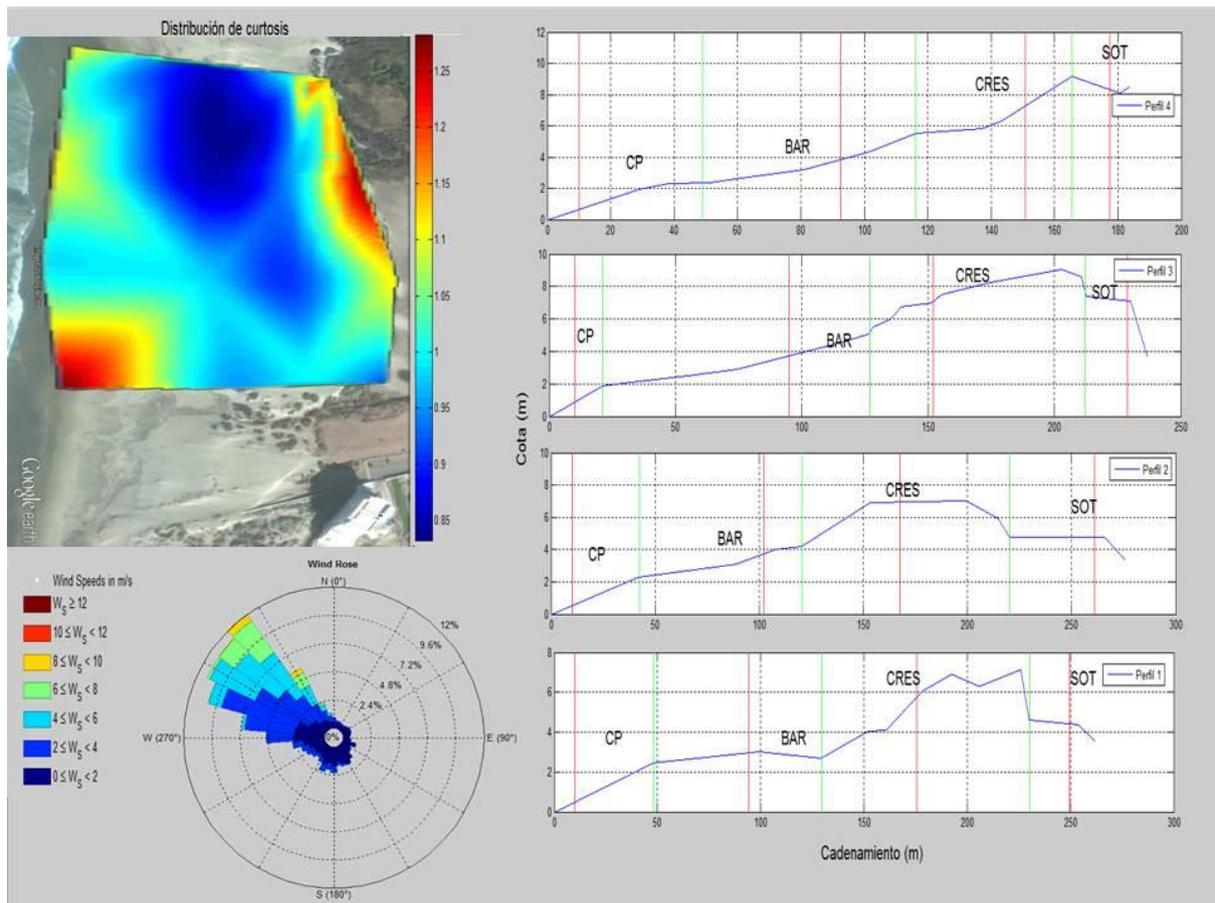


Figura 39.- Variación espacial de la curtosis (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para verano (Figura inferior izquierda).

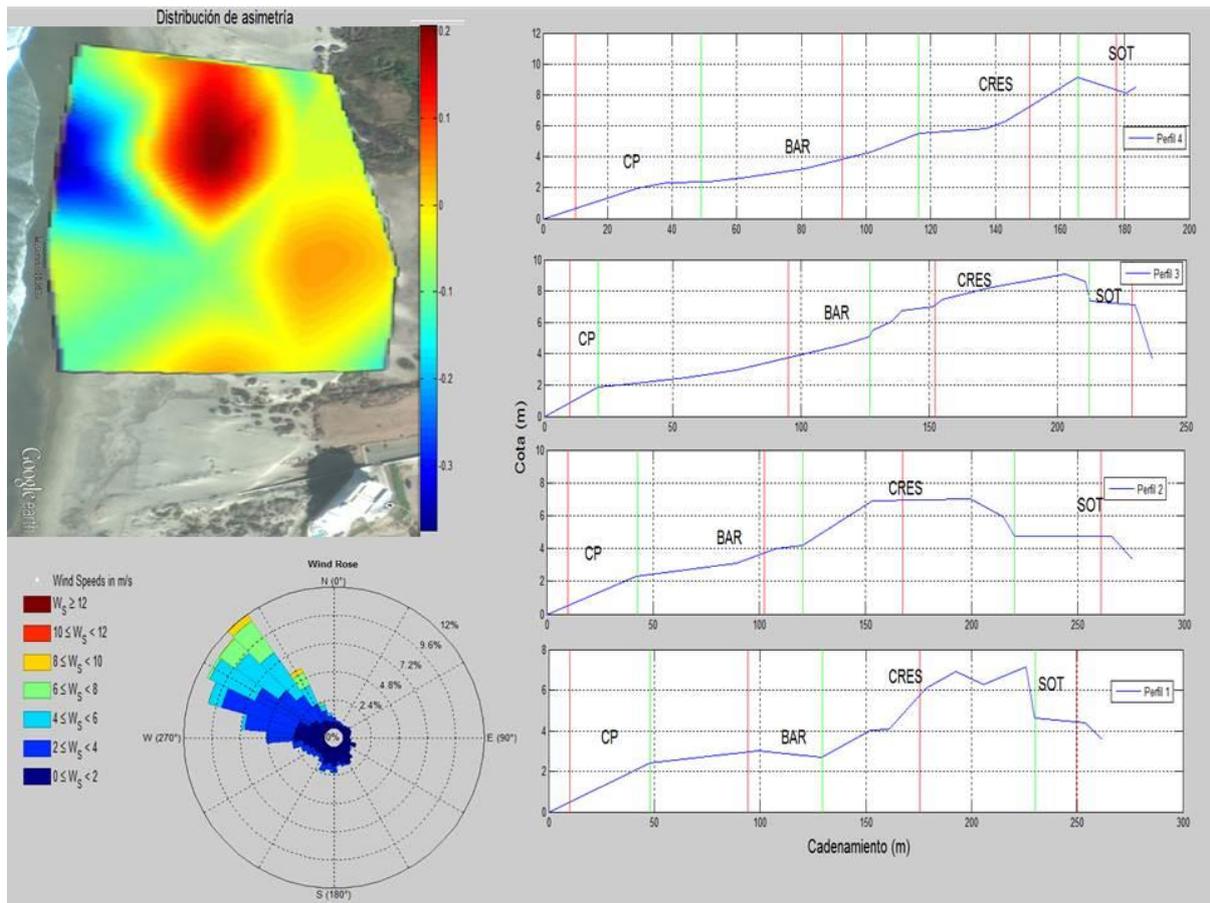


Figura 40.- Variación espacial de la asimetría (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para verano (Figura inferior izquierda).

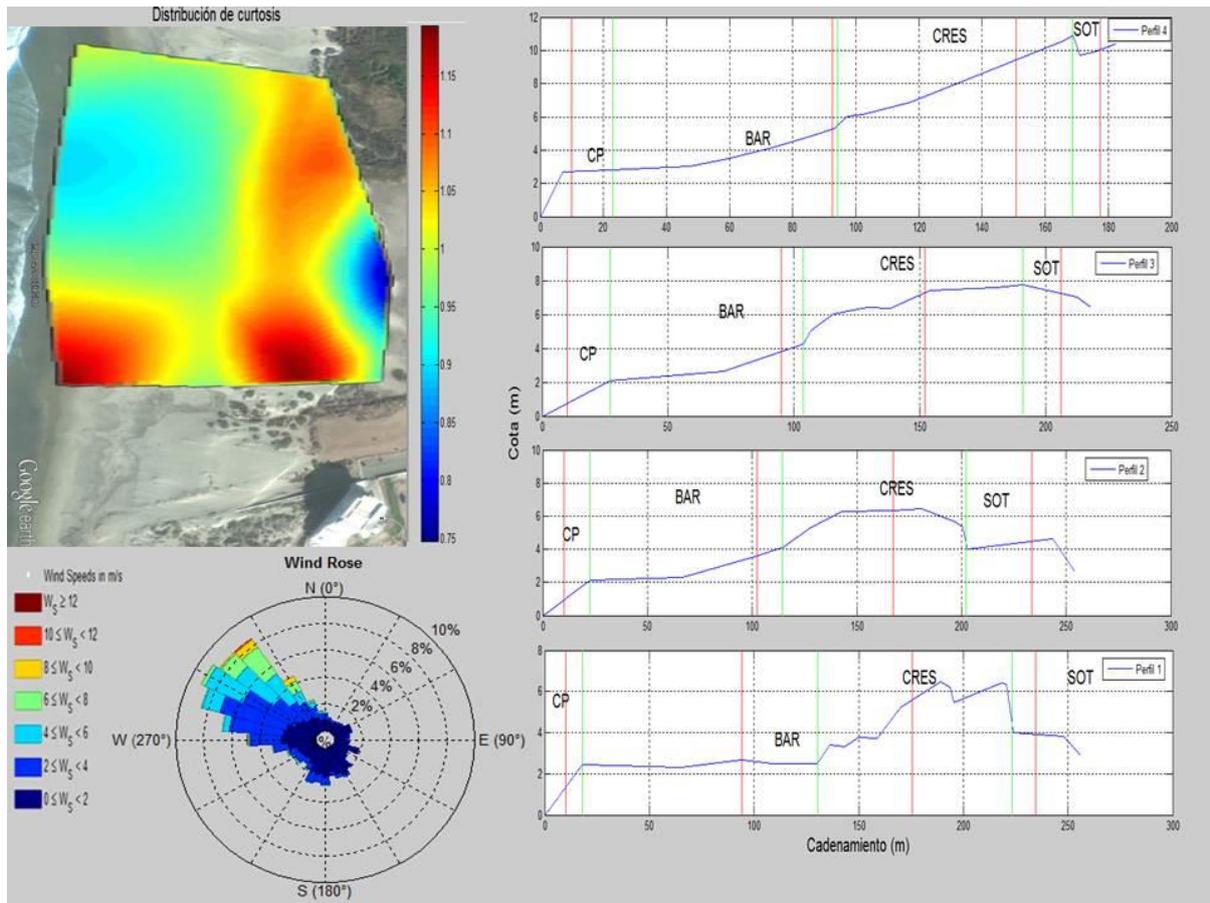


Figura 41.- Variación espacial de la curtosis (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para otoño (Figura inferior izquierda).

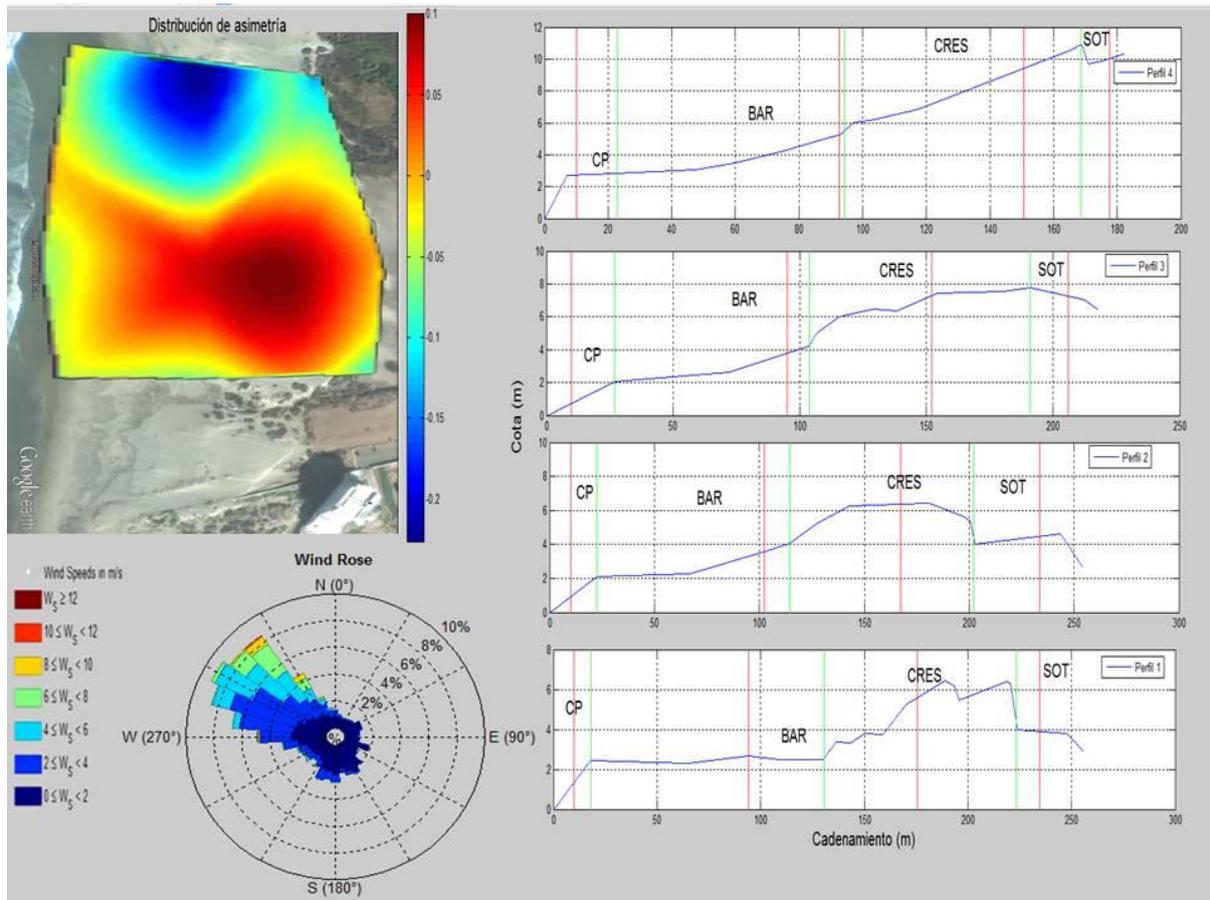


Figura 42.- Variación espacial de la curtosis (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para otoño (Figura inferior izquierda).

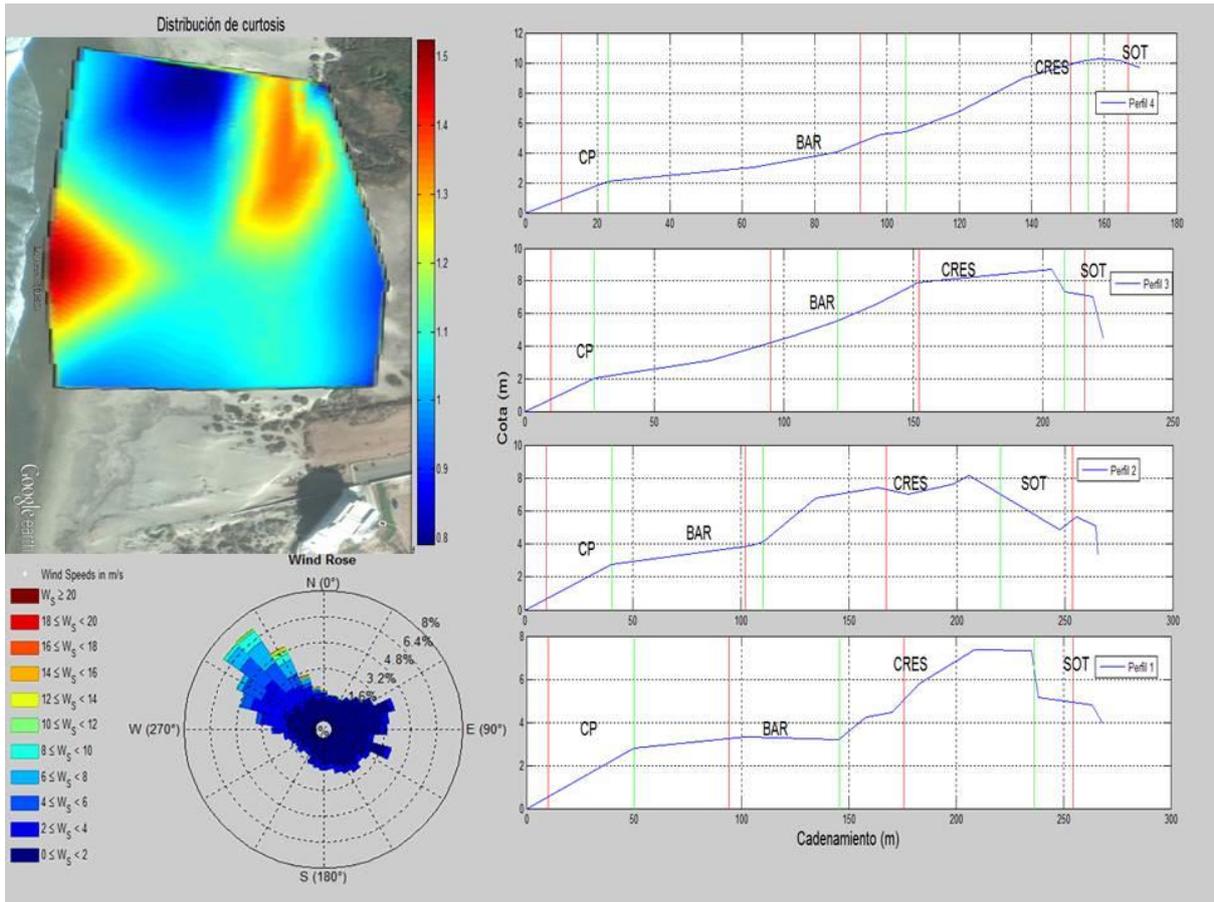


Figura 43.- Variación espacial de la curtosis (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para invierno (Figura inferior izquierda).

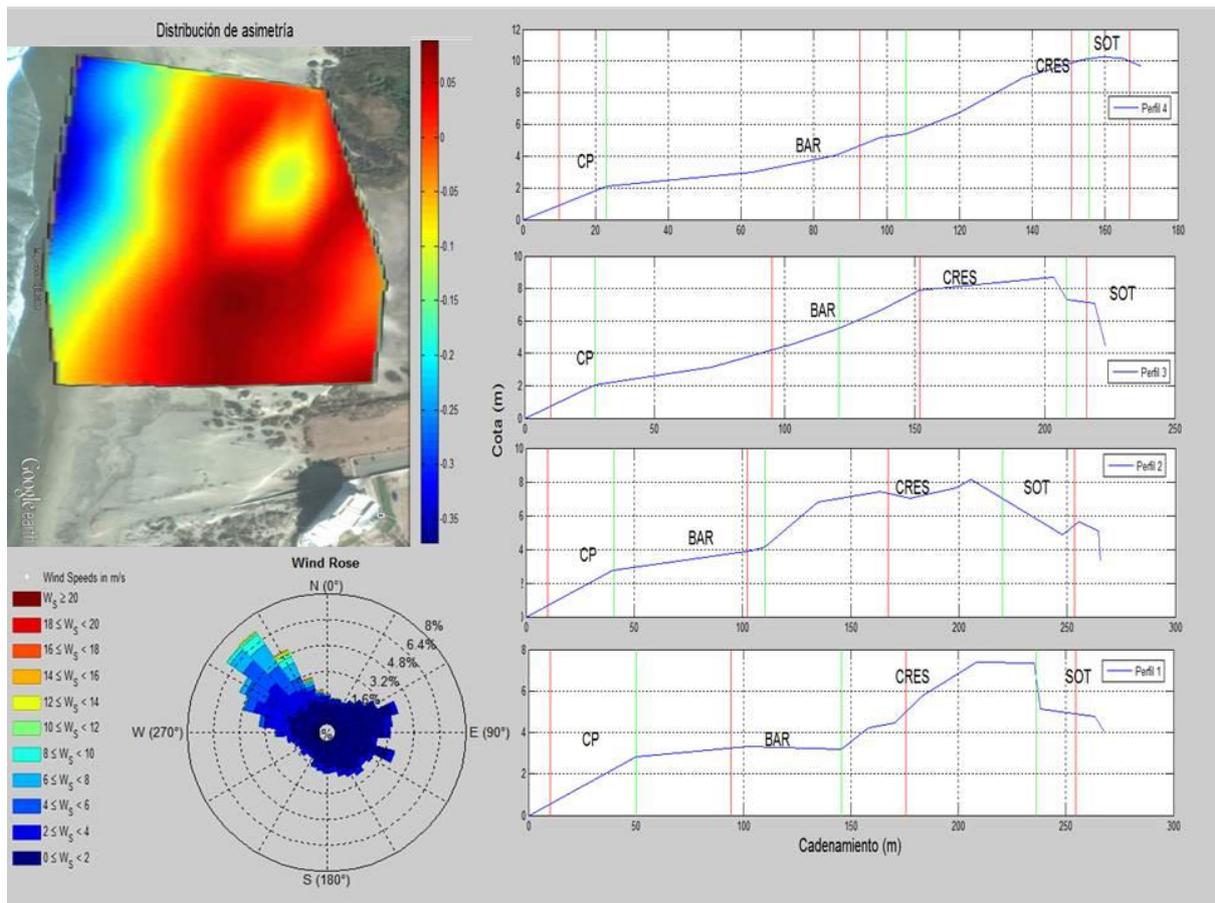


Figura 44.- Variación espacial de la curtosis (figura superior izquierda), perfiles de playa (figuras extremo derecho, donde las líneas verdes son el límite de la sección y las rojas el punto de muestreo) y rosa de vientos para otoño (Figura inferior izquierda).