



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

**RELACIONES DINÁMICAS ASOCIADAS
AL LITORAL-PLAYA-DUNAS
ANTERIORES DEL CAMPO DE DUNAS DE
LOS CHOROS, REGIÓN DE COQUIMBO.**

Memoria para optar al título de Geógrafa

Nicole Elizabeth Benavente Pizarro

Profesor Guía: María Victoria Soto Baüerle

SANTIAGO -CHILE

2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todos sus cuidados de amor, Agradezco a mis padres, hermanas y abuelita, por ser el sostén de cada día durante todos los años de mi vida. A la profesora María Victoria Soto por su ayuda, confianza y el conocimiento compartido. Al profesor Pablo Sarricolea por su orientación en el área de estadística. A mis queridas amigas y compañeras, por las alegrías y los momentos que vivimos en una de las etapas más importantes e inolvidables de nuestras vidas. Agradezco a mi queridísimo marido por su amor, apoyo y comprensión.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	7
ABSTRACT	8

CAPITULO I: PRESENTACIÓN

1. INTRODUCCIÓN	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3. ESTADO DEL ASUNTO	11
3.1 BORDE COSTERO	11
3.2 PLAYAS ARENOSAS	12
3.3 PERFIL DE PLAYA	14
3.4 PLAYAS DOMINADAS POR OLAS	15
3.5 ZONA DE ROMPIENTE (ZONA DE SURF)	16
3.6 DUNAS	17
4. OBJETIVOS	20
5. HIPÓTESIS	21

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

1. ÁREA DE ESTUDIO	22
2. METODOLOGÍA	26

CAPÍTULO III: RESULTADOS

1. MORFOMETRÍA Y ORIENTACIÓN DE PLAYA	28
2. TIPO DE ZONA DE ROMPIENTE	29
3. CONDICIÓN GLOBAL DE ATAQUE	32
4. ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LOS SUBSISTEMAS	40
4.2 ANCHOS DE ZONA DE ROMPIENTES	40
4.2 ANCHO DE PLAYA	41

4.3 ANCHO DE DUNA ANTERIOR	43
5. CORRELACIONES LINEALES _____	47

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

6. CALCIMETRÍA DE ARENAS _____	50
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE GRANULOMETRÍA DE ARENAS _____	52
7.1 MEDIA	53
7.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR	54
7.3 ASIMETRÍA O SIMETRÍA	55
7.4 CURTOSIS.....	56
8. MORFOSCOPIA BINOCULAR DE ARENAS _____	57
8.1 ANTE-PLAYA	58
8.2 ALTA-PLAYA	59
8.3 DUNA	61

CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN _____	63
5.1 TIPO DE ZONA DE ROMPIENTE Y PERFILES DE PLAYA	63
5.2 RELACIÓN PLAYA ARENOSA Y DUNA ANTERIOR	65
5.3 ORIENTACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y EL APORTE SEDIMENTARIO	67
CONCLUSIONES _____	69
BIBLIOGRAFIA _____	70
ANEXOS _____	77

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: SUBDUCCIÓN DE PLACA DE NAZCA BAJO LA DE SUDAMÉRICA.....	11
FIGURA 2: TERMINOLOGÍA DEL PERFIL DE PLAYA.	13
FIGURA 3: CAMBIOS ESTACIONALES EN EL PERFIL DE PLAYA.....	14
FIGURA 4: CONTINUUM DUNAR.....	17
FIGURA 5: SECUENCIA DEL CONTINUUM DUNAR.....	17
FIGURA 6: ÁREA DE ESTUDIO	22
FIGURA 7: CARTA GEOLÓGICA, HOJA VALLENAR.....	24
FIGURA 8: MORFOMETRÍA DE LA ENSENADA LOS CHOROS.....	28
FIGURA 9: TIPO DE ZONA DE ROMPIENTE.	29
FIGURA 10: ROMPIENTES EN LA ZONA PROXIMAL DE LA ENSENADA LOS CHOROS.	30
FIGURA 11: ROMPIENTES EN LA ZONA MEDIA DE LA ENSENADA LOS CHOROS.	31
FIGURA 12: ROMPIENTES EN LA ZONA DISTAL DE LA ENSENADA LOS CHOROS.	31
FIGURA 13: ENSENADA LOS CHOROS, ZONA PROXIMAL.	32
FIGURA 14: PERFIL TRANSVERSAL DE PLAYA, ZONA PROXIMAL.....	33
FIGURA 15: DUNAS ANTERIORES ALARGADAS, ZONA PROXIMAL DE LA ENSENADA.....	33
FIGURA 16: ENSENADA LOS CHOROS, ZONA MEDIA.	34
FIGURA 17: PLAYA DE RODADOS.....	35
FIGURA 18: MICROACANTILADO DE PLAYA, ZONA MEDIA DE LA ENSENADA.	35
FIGURA 19: PERFIL DE PLAYA, ZONA MEDIA.	36
FIGURA 20: DUNA TRANSGRESIVA, ZONA MEDIA.....	36
FIGURA 21: ENSENADA LOS CHOROS, ZONA DISTAL.	37
FIGURA 22: PERFIL DE PLAYA, ZONA DISTAL	37
FIGURA 23: CORDÓN DE DUNAS ANTERIORES, ZONA DISTAL DE LA ENSENADA.	38
FIGURA 24: VEGETACIÓN HERBACEA SOBRE EL CORDÓN DE DUNAS ANTERIORES EN LA ZONA DISTAL DE LA ENSENADA.	38
FIGURA 25: CONCHALES SOBRE DUNAS ANTERIORES EN LA ZONA DISTAL DE LA ENSENADA.....	39
FIGURA 26: VEGETACIÓN ARBUSTIVA SOBRE LA DUNA TRANSGRESIVA EN LA ZONA DISTAL DE LA ENSENADA.	39
FIGURA 27: ANCHO DE ROMPIENTE, PLAYA LOS CHOROS.	40
FIGURA 28: ANCHO DE PLAYA. PLAYA LOS CHOROS.	42

FIGURA 29: ANCHO DE DUNA ANTERIOR. PLAYA LOS CHOROS.....	44
FIGURA 30: CARTA GEOMORFOLÓGICA ENSENADA LOS CHOROS	46
FIGURA 31: CONSISTENCIA EN EL TIEMPO, ANCHO DE PLAYA. ENSENADA LOS CHOROS.	47
FIGURA 32: CONSISTENCIA EN EL TIEMPO, ANCHO DE DUNA ENSENADA LOS CHOROS	48
FIGURA 33: CONSISTENCIA EN EL TIEMPO, ANCHO DE SURF ENSENADA LOS CHOROS.....	49
FIGURA 34: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE ANTEPLAYA ZONA PROXIMAL.....	58
FIGURA 35: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE ANTEPLAYA ZONA MEDIA. 59	
FIGURA 36: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE ANTEPLAYA ZONA DISTAL.59	
FIGURA 37: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE ALTAPLAYA ZONA PROXIMAL.....	60
FIGURA 38: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE ALTAPLAYA ZONA MEDIA. 60	
FIGURA 39: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE ALTAPLAYA ZONA MEDIA. 60	
FIGURA 40: ÍNDICE DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE DUNA, ZONA PROXIMAL.	61
FIGURA 41: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE DUNA, ZONA MEDIA.	61
FIGURA 42: ÍNDICE DE REDONDEZ DE LAS PARTÍCULAS DE ARENAS DE DUNA, ZONA DISTAL.	62

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: ANCHO DE ZONA DE ROMPIENTE, ENSENADA LOS CHOROS.....	41
TABLA N° 2: ANCHO DE PLAYA, ENSENADA LOS CHOROS.	43
TABLA N° 3: ANCHO DE DUNA ANTERIOR, ENSENADA LOS CHOROS.....	45
TABLA N° 4: DESCALCIFICACIÓN DE LAS ARENAS DE PLAYA.....	51
TABLA N° 5: DESCALCIFICACIÓN DE LAS ARENAS DEL CORDÓN DE DUNA ANTERIOR.	51
TABLA N° 6: GRANULOMETRÍA DE ARENAS DE LA ENSENADA LOS CHOROS	52
TABLA N° 7: DESIGNACIONES PARA LOS VALORES DE SELECCIÓN	55
TABLA N° 8: DESIGNACIONES PARA LOS VALORES DE ASIMETRÍA.....	56
TABLA N° 9: DESIGNACIONES DE ANGULOSIDAD DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, CUANDO SE APLICA KG.....	57
TABLA N° 10: ANÁLISIS MORFOSCÓPICO DE LOS SEDIMENTOS DE ANTE-PLAYA, ALTA-PLAYA Y DUNA ANTERIOR DE LA ENSENADA LOS CHOROS.....	58

RESUMEN

La investigación describe la dinámica del litoral cercano de la ensenada Los Choros, sección norte de la Mega Ensenada de Coquimbo. Aborda las relaciones asociadas al litoral, playa arenosa y dunas anteriores. En la identificación de los parámetros estructurales morfodinámicos y oceanográficos, se realizaron cálculos morfométricos de la línea de costa, se identificaron los tipos de zona de rompiente y se estableció la condición global de ataque a través del análisis de perfiles de playa. En el análisis de los subsistemas y la consistencia en el tiempo de las variables, se utilizó la fotointerpretación de imágenes satelitales de los años 2002, 2007 y 2013, junto con el coeficiente de correlación lineal momento-producto (r) y el coeficiente de determinación (R^2). Las muestras sedimentológicas recolectadas el año 2014, se utilizaron en los cálculos de calcimetría, morfoscopia binocular y en el análisis estadístico y granulométrico de arenas.

Los resultados demuestran que la configuración de la línea de costa se posiciona de manera transversal a los vientos y oleaje incidentes del Sur-Oeste, y de esta forma los trenes de olas arriban de forma perpendicular y con gran energía hacia la costa. Se identifican de 3 a 6 líneas de rompientes, presentando rangos intermedios a disipativos de alta energía. La máxima condición de ataque fue establecida en la zona media de la ensenada, mientras que la mínima en la zona proximal.

El abastecimiento actual de arenas, está representado por el cordón de dunas anteriores alargadas y la presencia de dos grandes lenguas activas, localizadas en la zona proximal y distal respectivamente. Además es posible identificar la aparición de *nebkas* y dunas embrionarias a lo largo de la ensenada. En consecuencia se plantea la hipótesis de un abastecimiento actual de arenas hacia la ensenada, que supera la condición erosiva producto de la alta energía del oleaje.

Palabras claves: Duna embrionaria, *nebka*, duna anterior, playa disipativa.

ABSTRACT

This research describes the dynamics of the coastline located near Los Choros bay in the north section of Coquimbo's Mega Bay. Likewise, this paper addresses the relationships associated with the coastline, the sand beaches and fore-dunes. The identification of morpho-dynamic and oceanographic structural parameters involved morphometric calculations along the coastline. This led to the identification of the different types of breaker zones and the subsequent definition of the overall condition of breakers through the study of seaside profiles. The analysis of subsystems and the consistency of variables were based on the photo interpretation of satellite images taken in 2002, 2007 and 2013; such an exercise also included the use of the moment-product correlation (r) and the coefficient of determination (R^2). Sedimentological samples collected in 2014 were used for the calculation of calcimetry, binocular morphoscopy and for the statistical and particle size analysis of sand.

Results show that the configuration of the coastline runs transversely to southwest wind and swell activity. In this way, rough waves hit the coastline in a perpendicular fashion. This paper identified three to six breaker lines, which dissipate high energy at intermediate level. In this sense, while the maximum condition of attack was established in the medium section of the bay, the lowest value was proximal zone.

The provision of sand is represented by the system of long fore-dunes and the presence of two large and active spits located in the proximal and distal areas, respectively. Additionally, it is possible to identify the emergence of *nebkas* and embryonic dunes along the bay. This leads us to suggest that the current inflow of sand into the bay area exceeds the erosive condition as the result of high wave activity.

KEYWORDS: Embryonic dunes, nebkas, foredune, dissipative sand beach.

CAPITULO I: PRESENTACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios de dinámica costera y los procesos litorales adquieren gran relevancia al considerar que entre un 70 y 80% de la población mundial se ubica en zonas costeras o cercanas a ellas, especialmente zonas Urbanas (CEPAL, 2002). Es en la franja costera en donde se desarrollan actividades recreativas, turísticas, además de importantes actividades económicas como la localización de puertos marítimos y la ubicación de operaciones industriales, todas las cuales se encuentran representadas en la extensa costa Chilena.

La dinámica costera es la encargada de la construcción geomorfológica de la línea de costa y también la responsable por los procesos de erosión y deposición que la mantienen en constante alteración. (MCLAFFLAN, 1980).

El conjunto de cambios en muchos casos muy activos, que se producen en la zona que comprende la franja costera, puede comportar grandes variaciones en la morfología litoral. De esta manera la morfoestructura y la geodinámica exógena, han desarrollado las unidades costeras denominadas ensenadas, que constituyen sistemas complejos y muy recurrentes en el litoral de Chile (PASKOFF, 2005).

La ensenada de Los Choros constituye uno de estos sistemas, en donde los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos quedan expresados en la importante formación geomorfológica del cordón de playa y del campo de dunas de los Choros, que de acuerdo con ARAYA-VERGARA (1982) poseería una superficie aproximada cercana a las 1.000 hectáreas.

El estudio tanto de playas como de formas dunarias, sirve como un indicador muy sensible de la resultante sedimentaria o erosiva de una costa arenosa, frente a la predicción futura o al manejo litoral. En este contexto la investigación propone un análisis de las interacciones dinámicas asociadas al litoral, playa y cordón de dunas anteriores de Los Choros, con el fin de comprender la dinámica actual de los sedimentos hacia la bahía, realizado a través de un análisis espaciotemporal de los subsistemas litorales y un análisis sedimentológico y estadísticos de los sedimentos de playa y dunas anteriores.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos dinámicos de la línea de costa chilena, están asociados a un ambiente tectónicamente inestable debido a las condiciones de subducción de la placa de nazca y la sudamericana, cuyas sucesivas pulsaciones inciden en el solevantamiento o hundimiento de la zona costera (SOTO & ARRIAGADA 2007). En consecuencia, a lo largo de la línea de costa se pueden encontrar costas bajas o deposicionales y costas escarpadas o de erosión (CASTRO & MORALES, 2006).

La ensenada de Los Choros representa una costa deposicional o también llamada constructiva, en donde existe un predominio de los procesos de reagrupamiento y estabilización de sedimentos (SHORT, 1999). En este tipo de costas los factores estructurales, oceanográficos y morfodinámicos determinan la aparición de diferentes unidades morfológicas a los largo de la línea litoral; las más representativas son las playas y las dunas. En el caso de estudio, la ensenada cuenta con un extenso campo dunar, con formas heredadas del pleistoceno- holoceno y formas activas de evolución reciente (CREIXELL *et. al* 2012)

Estudios asociados a categorías de cambios dunares y del sistema de interacción playa-oleaje en grandes ensenadas realizado por ARAYA- VERGARA (1986) indican que la orientación de la línea de costa es factor fundamental en el balance de masa interno, de la estructura cambiante y del balance de masa externo. De igual forma los factores oceanográficos como la acción de las olas, mareas, corrientes y deriva litoral, proporcionan mayor parte de la energía que conforma y modifica las líneas litorales. En donde la disipación y concentración de la energía, determinaran condiciones de ataque diferentes en los distintos compartimientos de la playa, modificando la cara de playa y transportando de manera diferencial el aporte sedimentario.

De esta forma la dinámica actual de la Ensenada Los Choros está determinada por la combinación de los diferentes factores anteriormente mencionados y que operan ella simultáneamente. Sin embargo ¿cuáles son las características que permiten que la ensenada evolucione geomorfológicamente de la manera actual, presentando formas de acumulación reciente y constituyendo un sistema particular diferenciado de las otras bahías de la mega ensenada de Coquimbo?

3. ESTADO DEL ASUNTO

3.1 BORDE COSTERO

Las zonas costeras representan áreas de interacción entre el mar y el continente. Son áreas intensamente dinámicas, que sufren transformaciones constantes, en escalas temporales y espaciales distintas, respondiendo a fuerzas humanas y naturales (NEVES 2008).

CASTRO& MORALES, (2006) reconocen dos categorías principales de costas, que son las costas rocosas escarpadas, que comprenden el 80% de los litorales marinos del mundo y las costas bajas o deposicionales que comprenden formas como playas, dunas, lagunas litorales, marismas marítimas, estuarios y deltas, representando el 20% de las costas a nivel mundial. Este tipo de costas se encuentra en constante reajuste morfológico al componerse de materiales desagregados, poseyendo dinámicas muy cambiantes en cortos períodos (SHORT 1999a). Producto de la interacción entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana la morfología de la zona costera está fuertemente condicionada por la estructura. (PASKOFF 2005) (Fig. 1).

Figura 1: Subducción de placa de Nazca bajo la de Sudamérica.



Mecanismo estructural fundamental asociado a la tectónica de la costa chilena.

Fuente: CHARRIER *et al.* (2007).

MORFOLOGÍA Y MORFODINÁMICA DE PLAYA

3.2 PLAYAS ARENOSAS

Las costas arenosas son lugares costeros donde se acumulan arenas y ripios, es decir sectores donde llegan importantes volúmenes de sedimentos (PASKOFF 1983). La morfología de estos ambientes es variable tanto espacial como temporalmente por lo que cualquier intento de delimitar sus sub-ambientes (zonificación morfológica) debe tomar en consideración los agentes promotores de tales cambios, es decir, los procesos hidrodinámicos que las dominan (zonificación hidrodinámica) (DE MENEZES 2008).

KOMAR (1998), propone la siguiente terminología utilizada para la descripción del perfil de playa, asociada con la acción de la dinámica del *nearshore* (Fig. 2).

- **Backshore:** Zona del perfil de la playa que se extiende hacia tierra desde la pendiente del *foreshore* hasta el punto en donde se asienta la vegetación o existe un cambio fisiográfico (acantilado o campo de dunas).

- **Beach face (Cara de playa):** La pendiente cercana a la sección plana del perfil de playa bajo la berma, la cual normalmente está expuesta al *swash* de las olas.

- **Berm (Berma):** La sección levemente horizontal de la playa o *backshore* formada por depositación de sedimentos por efecto de las olas. Algunas playas presentan más de una berma separadas por una escarpa.

- **Foreshore:** la parte en declinación del perfil de playa que une la cresta de la berma (o en su ausencia, el límite más bajo de la onda *swash* en marea alta) y la marca más baja del agua producida por el *swash* en marea baja. Este término es también sinónimo de *beachface* pero generalmente es más inclusivo ya que contiene algo de la porción plana del perfil de playa sobre el *beachface*.

- **Inshore:** la zona del perfil de playa que se extiende hacia el mar desde el *foreshore* justamente hacia la zona de rompiente.

- **Offshore:** la porción comparativamente plana del perfil de playa que se extiende hacia el mar desde la zona de rompiente (*inshore*) al límite de la plataforma continental. Este término es también usado con referencia al agua y ondas hacia el mar desde la zona del *nearshore*.

- **Scarp(Escarpe)**: corte escarpado casi vertical del perfil de playa debido a la erosión. Su altura tiene generalmente más de un metro. La escarpa puede ser el tope del *beachface* cuando se está produciendo erosión, pero escarpas más antiguas pueden ser encontradas sobre la berma debido a episodios de erosión.

- **Shoreline**: la línea de demarcación entre el agua y la playa expuesta.

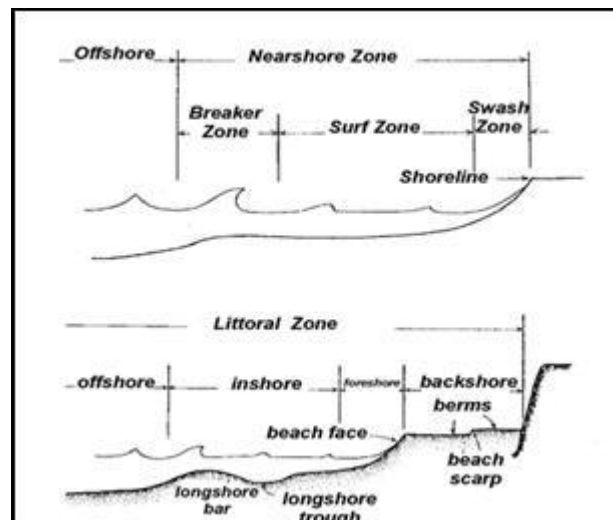
Desde el punto de vista hidrodinámico, la zona litoral se puede clasificar de la siguiente manera (DE MENEZES 2008):

-**Breakerzone(Zona de ruptura)**: La sección de la zona del *nearshore* en la cual las ondas arriban desde el *offshore* haciéndose inestables y rompen con olas uniformes, como las generadas en un laboratorio. La zona puede estar reducida a una línea de rompiente

- **Surf Zone(Zona de surf)**: la zona del *nearshore* donde las ondas *bore* ocurren siguiendo las rompientes. Esta zona se extiende desde las rompientes interiores hacia la costa hasta la zona de *swash*.

- **SwashZone(Zona de derrame)**: La zona del *nearshore* donde el *beachface* es alternativamente cubierta por el *run up* de las onda *swash* y expuesta al retroceso (*uprush* y *backwash*).

Figura 2: Terminología del perfil de playa.



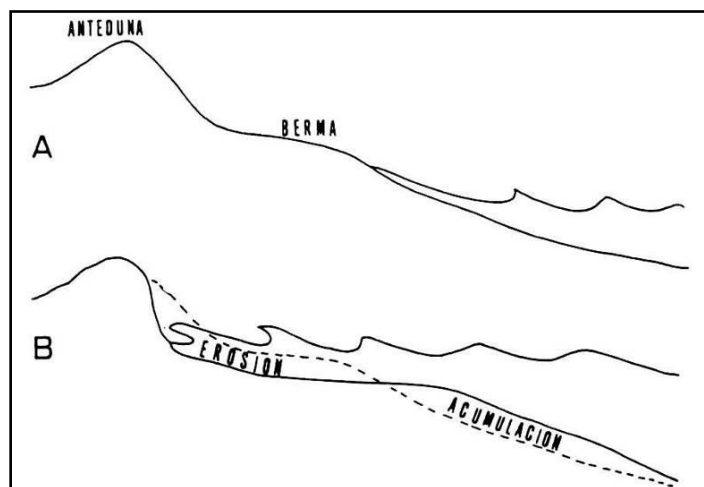
Fuente: KOMAR (1998)

3.3 PERFIL DE PLAYA

Los perfiles de playa se consideran indicadores de cambio o respuesta de la playa a los procesos litorales de corto y largo plazo. La primera clasificación de playas fue propuesta en 1936 en el sur de California, donde SHEPARD & LA FONDA (1940) observaron un patrón estacional (invierno y verano) asociado al clima de ola. Investigadores como SHORT (1999) adoptaron esta distinción estacional como una norma universal. (Fig.3)

Sin embargo la clasificación de perfiles de playas a través de la identificación de perfiles de invierno y verano se ha tornado insuficiente, es por esto que la literatura de playa discute otros factores asociados que permiten entender el efecto diferencial del clima de la ola sobre la morfología del perfil. Por ejemplo BIRD (1996) explica un perfil de playa por la acción de las olas, especialmente a través del movimiento *swash* generado por el tipo de rompiente que afecta a la playa. Así rompientes *spilling* movilizan sedimentos a la playa construyendo un perfil convexo debido al fuerte flujo y al bajo reflujo; mientras que los rompientes *Plunging* que se caracterizan por un bajo flujo y un fuerte reflujo, tienden a construir un perfil cóncavo.

Figura 3: Cambios estacionales en el perfil de playa.



El esquema muestra en A) un perfil de verano y en B) uno de invierno.

Fuente: Araya-Vergara (1986)

La morfología de una playa arenosa dependerá de los procesos dinámicos a los cuales se encuentre expuesta. Aportes importantes son los estudios realizados por SOU & VAN BEEK (1971) en los cuales a través de 1.341 secuencias de perfiles de playa en Carolina del Norte (USA) siendo el primer estudio de cambios secuenciales del perfil de playa subaérea, indicando secuencias erosionales y acrecionales. Más tarde, los trabajos de SONU (1972 y 1973) permitieron presentar el primer modelo tridimensional sobre el

cambio de la playa. Posteriormente ARAYA- VERGARA (1986) realizó una clasificación morfogenética para la interpretación de los perfiles de playa, reconociendo perfiles simples, compuestos y complejos, los cuales pueden contener al mismo tiempo partes erosionales, acrecionales y mixtas (Anexo 2). El mismo autor elaboró un sistema de medición de la condición de ataque en el litoral a través de la identificación de formas del oleaje incidente en el perfil de playa, algunas de estas son: acantilados, micro-acantilados, plataformas, entre otras.

Otro concepto en discusión entre la literatura de playa es el de perfil en equilibrio, ya que muchos de los modelos morfodinámicos han sido formulados a partir de nociones de equilibrio respecto a la morfología de la playa y de la serie de procesos dinámicos que la afectan. De esta forma DEAN & DALYMPLE (2004), indican que el perfil de equilibrio es conceptualmente el resultado del balance de fuerzas destructivas (gravedad, turbulencia dentro del *surf*) versus fuerzas constructivas (asimetría de la onda; las debidas a las velocidades de las corrientes al interactuar con el fondo y a la capacidad selectiva en el transporte sedimentario).

3.4 PLAYAS DOMINADAS POR OLAS

Uno de los modelos morfodinámicos tridimensionales de amplia aceptación es el de WRIGHT & SHORT (1984), modelo de predicción empírico desarrollado para explicar en tiempo real, la respuesta playa-zona de *surf* a los cambios en las condiciones de onda, así como las situaciones de equilibrio playa-onda (SHORT, 1987). Este modelo fue desarrollado en forma paralela por WRIGTH & SHORT (1984) a lo largo de seis años sobre playas australianas, resultados que combinaron para formar un modelo de evolución de costas con barras, en las que se producía una variación en la morfología de la zona más interna del perfil (zona de rompientes), en función de la energía incidente (SÁNCHEZ *et al*, 1994). A continuación se reseñaran los tipos de playas dominadas por olas según WRIGTH & SHORT (1984), las que pueden ser clasificadas en; disipativas, intermedias y reflectivas, con los tipos intermedios conteniendo 4 estados.

- Playas disipativas

Son playas que poseen una amplia zona de *surf* con baja gradiente en donde las olas rompen y disipan su energía. De manera general se ubican en costas con exposición directa al *swell* oceánico y en ambientes donde la energía de las olas incidentes es alta. Morfológicamente están caracterizadas con una zona de *swash* amplia, de baja pendiente, que puede ir extendida desde el pie de la anteduna hasta la línea de más baja marea. La

zona de *surf* puede alcanzar 200 m de amplitud o más. Se pueden identificar de 2 a 5 líneas de rompientes. Las olas incidentes rompen al chocar contra la barra más externa, vuelven a formarse en el primer surco y rompen nuevamente al entrar en contacto con la barra posterior, y así de manera sucesiva.

- **Playas intermedias**

Son aquellas playas intermedias entre disipativas de alta energía y reflectivas de baja energía. Se caracteriza morfológicamente por una zona de *surf* horizontalmente segregada con barras y *ripcurrents*. Las barras pueden migrar rápidamente según la dinámica del oleaje y de los sedimentos. De esta forma se convierten en playas inherentemente inestables debido a sus constantes cambios en el tipo de rompiente y en la morfología de la zona de surf. Se clasifican a su vez en 4 tipos: barra y surco longitudinal (LBT); playa y barra rítmica (LBB); barra y *rip* transversal (TBR); y terraza de bajamar (LTT).

- **Playas reflectivas**

Son aquellas que tienen una playa y zona de saca y resaca (*swash*) relativamente estrecha y no presentan barras. Representa una condición de baja energía de oleaje entre 0 a 1m. De manera general se ubican en sectores protegidos del oleaje directo. Las playas reflectivas no presentan zona de rompiente por lo que las olas rompen directamente en la cara de playa dándole a esta una pendiente empinada.

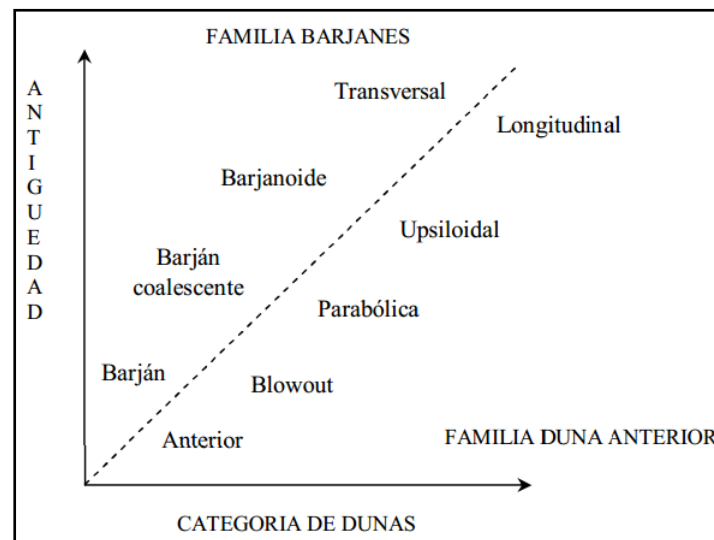
3.5 ZONA DE ROMPIENTE (ZONA DE SURF)

La zona de *surf* es la parte del *nearshore* donde las ondas incidentes rompen y los procesos de rompiente inducidos dominan el movimiento de fluidos y los procesos de transporte de sedimentos. El límite de la zona de *surf* va desde donde comienza la ruptura de la onda hasta la zona de resaca. (SHORT, 1999). La incidencia de ondas en la línea de costa genera un sistema de circulación o corrientes costeras, que pueden ser dividido en cuatro partes: transporte de masa de agua en dirección a la costa, corrientes de deriva litoral, flujos de retorno transportando masa de agua para el océano y el movimiento a lo largo de la costa de las corrientes de retorno. (CERC, 1984). El transporte de sedimentos en esta zona se realiza por arrastre, rodadura, saltos irregulares o suspensión, según los diámetros de las partículas y la energía de las olas y las corrientes. Los sedimentos se mueven hacia atrás y adelante, siguiendo la dirección predominante del flujo (GALVIN, 1968).

3.6 DUNAS

Según MARTÍNEZ (2008) las dunas litorales son formas geográficas eólicas que se desarrollan en situaciones costeras donde existe una amplia oferta de sedimento suelto, que está disponible para ser transportado tierra adentro por los vientos. SHORT & HESP (1982) en HESP (1999), encontraron que en playas disipativas, el viento es menos disturbado que en playas reflectivas debido al efecto de la menor pendiente de la playa, generando un flujo del viento efectivo para el transporte de arenas. Se reconocen diferentes tipos de dunas cuyos criterios de clasificación han sido inicialmente morfológicos y posteriormente morfogenéticos (VERATAPPEN, 1972; ARAYA-VERGARA, 1987; CARTER, 1990; HESP, 1999). De esta forma ARAYA-VERGARA (1987) las clasifica según su evolución individual o compartida hacia formas más complejas, lo que denominó secundarización, según el *continuum* dunar (Fig.4).

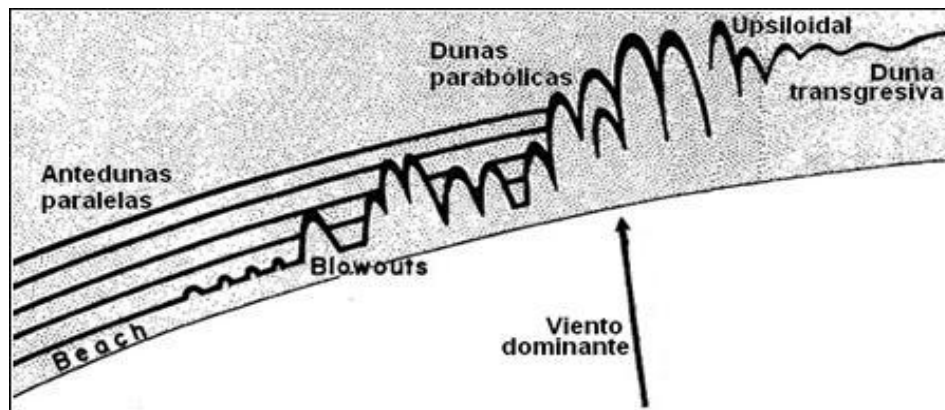
Figura 4: *Continuum* dunar.



Fuente: VELOSO (2005).

REINECK & SINGH (1986), proponen una clasificación similar basada en la orientación de las dunas con respecto al viento predominante, de esta forma las dunas orientadas perpendicularmente al viento pueden generar tipos de dunas barjanes y transversales, mientras que cuando se orientan paralelas al viento predominante se reconocen los siguientes tipos: anteriores, parabólicas, longitudinales y transgresivas (Fig.5).

Figura 5: Secuencia del *continuum* dunar.



La imagen muestra la secuencia desde las antedunas hacia la duna transgresiva. Fuente: BIRD (2009)

- **Dunas anteriores:** HESP (1999,2002) describe una duna anterior (*foredunes*) como las crestas de dunas paralelas a la costa formadas en la parte superior de la postplaya por arena eólica depositada en la vegetación, ocupando una posición en un sistema de dunas. Se han clasificado en una amplia variedad de tipos, pero en general se dividen en dos principalmente, dunas anteriores incipientes y establecidas, dentro de las cuales puede haber amplias variaciones morfológicas y ecológicas. Estas son formadas en cualquier orilla de: playa, estuarios y lagunas (ZENKOVICH 1967; GOLDSMITH 1989), y en casi cualquier clima de tropical a ártico (WONG, 1978).

- **Depresión interdunaria:** Es paralela a la duna anterior, se ubica tras de ésta y la separa del campo de dunas libres interiores, corresponden a espacios de flujo activo de sedimentos y pueden estar total o parcialmente ocupadas por una laguna litoral (CASTRO, 1985).

- **Blowout:** Son definidos de manera amplia como una depresión erosionada ya sea un barrido o una garganta dentro de una duna. COOPER 1988 en CARTER *et al.* 1990 estableció dos tipos de *blowouts*: En forma de platillo o monticulares y en forma de surco. Los primeros son más someros y tienen forma de ovoide o de disco aplanado mientras que los segundos son más profundos, angostos, con paredes erosionadas.

-**Parabólicas:** Se caracterizan por ser elongadas por el viento adquiriendo forma en U. Típicamente evolucionan de los *blowouts* y pueden formarse bajo cualquier condición asociada a éstos. La principal característica es que la vertiente de precipitación es cóncava hacia abajo, lo cual de acuerdo a REINECK & SINGH (1986), sería una influencia de la vegetación ya que estas dunas están siempre asociadas a la vegetación.

-Upsiloidal: Deriva de la duna parabólica, en la que sus flancos se alargan a tal punto que se transforman en largas y estrechas alineaciones paralelas entre sí. (AQUEVEQUE, 2008)

- Longitudinales: Son formas elongadas con domos de arena casi rectos y largos ejes orientados paralelos a la dirección del viento predominante, generalmente continuos. Están separados por áreas interdunares (REINECK & SINGH ,1986).

-Transgresiva: Son depósitos de arenas eólicas formadas a expensas del viento sobre terrenos vegetados o no vegetados. Su nombre se refiere a una alta migración de arenas libres hacia áreas interiores de la costa. Se desarrollan en muchas costas del mundo pero especialmente en aquellas de alta energía del oleaje y exposición W y S en medios áridos y semiáridos (HESP & THOM, 1990; SHORT, 1999).

-Barjanes: Son depósitos de arenas que desarrollan formas parabólicas, las extremidades (cuernos) se extienden en dirección del viento debido a que estos se mueven más rápido que el cuerpo principal. Se forman como cuerpos aislados pero pueden desarrollar formas complejas cuando coalescen (REINECK & SINGH ,1986).

-Transversales: Se desarrollan en cadenas perpendiculares a un viento dominante, de intensidad media pero constante, de manera tal que las crestas forman un ángulo recto con la dirección del viento. Representan zonas activas de aporte de masa. Forman cuerpos regularmente espaciados, separados por anchas áreas interdunares que desarrollan vegetación de tipo *nebkas* (COOPER, 1958; GLENNIE, 1970 en REINECK & SINGH, (1986).

- *Ripples* de viento

Los *ripples* de viento pueden encontrarse en todas las superficies de arena excepto en aquellas en las que tiene lugar una rápida sedimentación. Los *ripples* son la respuesta inicial de la superficie al transporte de la arena por el viento y se forman porque las superficies lisas sobre las que se produce el transporte por saltación y reptación son dinámicamente inestables. La formación y movimiento de los *ripples* de viento están fuertemente ligados a los procesos de saltación y reptación. Los *ripples* suelen formarse con sus crestas perpendiculares a la dirección del viento, aunque la pendiente de la superficie puede modificar su orientación. Como pueden formarse en cuestión de minutos, los *ripples* proveen información prácticamente instantánea de la dirección del viento y del transporte local.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar las relaciones dinámicas asociadas al litoral, playa y cordón de dunas anteriores del campo de dunas de Los Choros. Región de Coquimbo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y relacionar los aspectos estructurales, morfodinámicos y oceanográficos que operan en la ensenada Los Choros.
- Analizar el comportamiento espacio temporal de los subsistemas litorales y su representación geomorfológica.
- Realizar un análisis sedimentológico y estadístico de arenas, aplicado a la playa y dunas anteriores.

5. HIPÓTESIS

En Chile las playas, bahías y ensenadas están estrechamente ligadas a condiciones morfoestructurales, tectónicas, morfodinámicas, oceanográficas y ambientales, que controlan la dinámica del litoral cercano (ARAYA- VERGARA 1969, 1982, 1987, 1996; SOTO 2005; SOTO & ARRIAGADA 2007; SOTO et al 2015; ARRIAGADA et al 2014; MARTÍNEZ 2001, MARTÍNEZ et al 2011). El modo en que se relacionan entre sí cada uno de estas variables, modela una condición de dinámica costera particular.

De esta manera se propone que las características ambientales, estructurales y oceanográficas presentes en la ensenada, asociadas a una posición distal en la mega ensenada de Coquimbo, determinan la condición de dinámica actual de sedimentos hacia la bahía. Presentando condiciones favorables para la disponibilidad, transporte y acumulación del material sedimentario, lo cual se expresaría a través de las dunas embrionarias y dunas anteriores con patrones evolutivos hacia dunas secundarias. Si bien no hay una fuente cercana identificada, se plantea la condición actual de abastecimiento de arenas.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

1. ÁREA DE ESTUDIO

La ensenada Los Choros (Fig.6), se encuentra localizada en el litoral de la IV Región de Coquimbo, provincia del Elqui, comuna La Higuera. Sus coordenadas geográficas son 29°13' y 29°22'S y los 71°33' y 71°14'O. El área de estudio forma parte de la mega ensenada de Coquimbo, constituyendo en este sistema general la sección distal de la misma con una orientación NW-SE.

Figura 6: Área de estudio



Fuente: Elaboración propia. (Proyecto FONDECYT 1120234)

La playa de los Choros posee una extensión de 16 km, con una posición relativa transversal a los vientos del Sur- Oeste. Se encuentra delimitada físicamente por dos promontorios rocosos, por el extremo norte Punta zorros y por el sur Punta Mar Brava, al oeste limita con el océano pacifico y al este con una extensa superficie de campos dunares y barjánicos. En la parte media de la ensenada se encuentra localizada la Quebrada de los Choros.

Contexto Comunal

Desde el punto de vista climático la Región de Coquimbo es una zona de transición climática, entre las condiciones de aridez propias del desierto y la abundante humedad y vegetación que se presenta más al sur. En la franja adyacente a la costa se presenta un clima de desierto costero con nubosidad abundante, en donde la acción moderadora del océano Pacífico provoca temperaturas parejas, con un promedio que va desde los 10°C hasta los 20°C (NOVOA & LÓPEZ , 2001) .Uno de sus rasgos característicos es que la abundante humedad genera una nubosidad conocida como camanchaca.

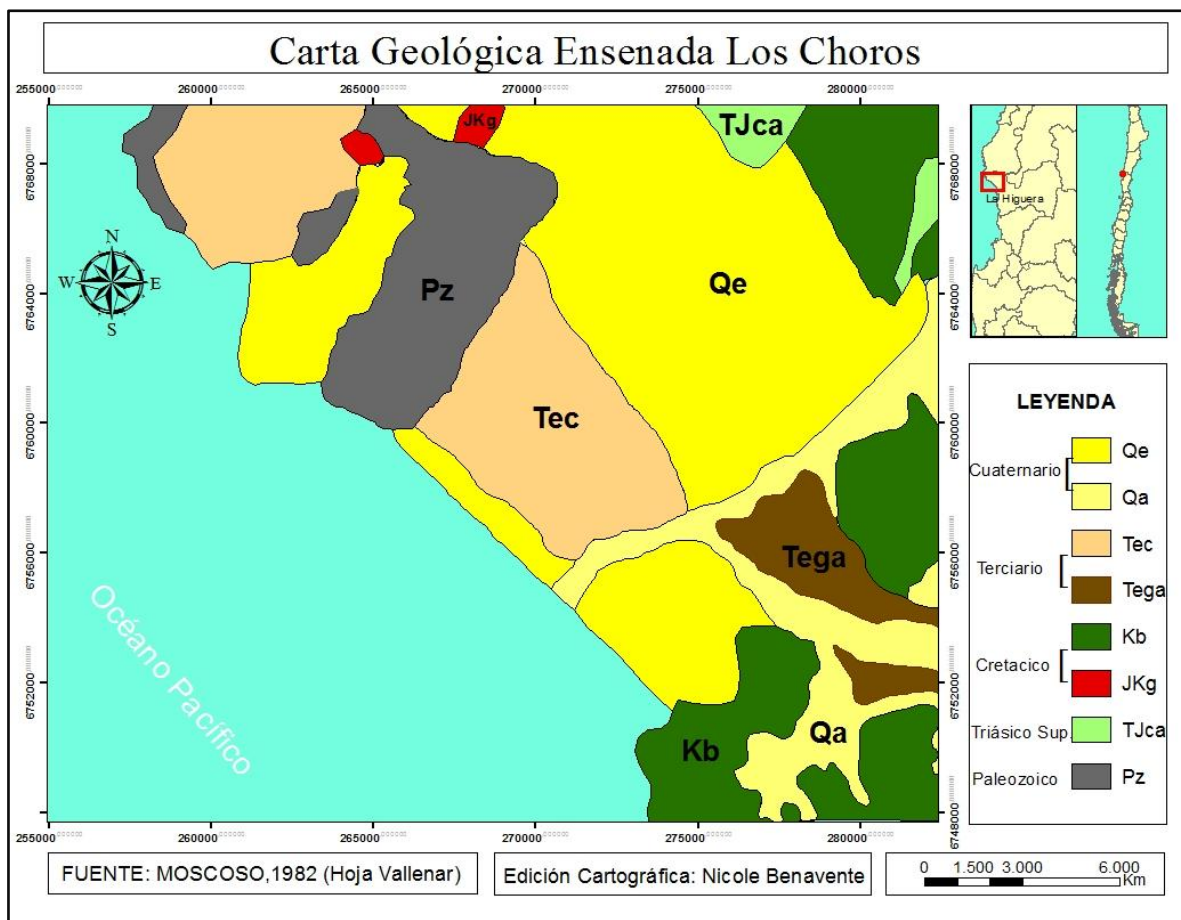
Con respecto a la hidrología la comuna de La Higuera presenta condiciones semiáridas generalizadas lo que definen ambientes mayoritariamente secos con escasa disponibilidad de recursos de agua superficiales y subterráneos, estos últimos restringidos a algunos acuíferos de importancia local. En el territorio comunal se presentan cuatro sistemas hidrográficos, el primero y más importante corresponde al sistema hidrográfico de Los Choros, el segundo la Quebrada Honda, el tercero a todo el sistema de micro cuencas costeras y finalmente el cuarto y último, al sistema del Llano de Los Choros. Todos estos sistemas (especialmente los tres primeros) corresponden a cuencas arreicas que solo presentan escurrimiento episódico en presencia de lluvias importantes (IGM, 1984).

Las asociaciones vegetales de la comuna de La Higuera presentan un marcado xerofismo en su composición. La mayor parte del territorio comunal presenta una cubierta vegetal, compuesta principalmente por asociaciones de matorrales y matorrales con suculentas, abarcando aproximadamente un 70 y 30 % del territorio comunal respectivamente. En el área de estudio se pueden identificar la formación del desierto costero de Huasco que constituye el sector sur del desierto costero, en que la vegetación tiene mayor grado de continuidad y permanencia, bajo la influencia ocasional de precipitaciones. La segunda formación presente en el área de estudio es la formación matorral estepario costero, se caracteriza por ser una formación de arbustos bajos de hojas duras, a veces reducidos, que se distribuyen sobre las grandes terrazas costeras y en las laderas de los macizos montañosos cercanos al océano. En temporadas favorables hay un

gran desarrollo de una estrata herbácea primaveral, con lo cual fisionómicamente se aproxima al desierto florido, pero normalmente hay extensas áreas de suelo descubierto. GAJARDO (1994).

La geología del área de estudio muestra en su límite norte, correspondiente al sector de punta de Choros la presencia de Metamorfitas de la costa (Pz), agrupación de rocas de mediano a bajo grado de metamorfismo, (filitas, esquistos y cuarcitas), de edad paleozoica. En su límite sur, en el sector de Punta Mar Brava se encuentra el grupo Bandurrias (Kb) rocas de origen predominantemente volcánico, conformado por andesitas con intercalaciones sedimentarias, clásticas y calcáreas marinas del cretácico inferior. (Fig.7)

Figura 7: Carta geológica, Hoja Vallenar.



Fuente: MOSCOSO, (1982)

En una extensa superficie del área de estudio se encuentra la Formación Coquimbo (Tec), la cual corresponde a un conjunto de sedimentos marinos aterrazados (areniscas, calcarenitas, coquinas y conglomerados) muy poco consolidados, que afloran en la franja costera entre los 28° y 30° Lat. S, que en su porción inferior incluye areniscas amarillas, con niveles de coquinas y, en su parte superior, areniscas amarillentas y conglomerados, con niveles carbonatados y fosilíferos. Se le asigna una edad Plioceno – Pleistoceno. La Unidad Gravas de Atacama (Tega), se dispone sobre las unidades de rocas preexistentes en la zona y disectada por las quebradas modernas. Corresponde a un conjunto de sedimentos, poco a medianamente consolidados, de origen principalmente aluvial, en el cual se incluyen conglomerados de rodados, gravas, arenas y ripios, con intercalaciones limosas de edad Miocena media a superior y, a medida que se acerca a la costa, con edades del Plioceno o incluso Pleistoceno, ya que hacia la costa engranan con sedimentos marinos pertenecientes a la Formación Coquimbo. (MOSCOSO *et al.* 1982).

Finalmente la unidad de depósitos modernos no consolidados, se distribuye por la franja litoral del área de estudio y hacia el interior por la Quebrada los Choros. Esta unidad incluye dos tipos de depósitos, los aluviales (Qa) y los eólicos (Qe) de edad cuaternaria y activos en la actualidad (Moscoso *et al.* 1982). Los primeros se encuentran constituidos por depósitos aluviales modernos (gravas, arenas y ripios), con clara estratificación, pero pobre en selección de sedimentos. Esta unidad se debe principalmente a procesos recientes en escala geológica, ocurridos con posterioridad al aterrazamiento de las Gravas de Atacama y Formación Coquimbo, correspondiendo a lo más actual y en proceso relativamente activo. Los depósitos eólicos, corresponden a extensas playas, dunas litorales y campos de dunas que se encuentran ampliamente distribuidos en el área de estudio (VILLAGRAN 2007).

2. METODOLOGÍA

La etapa inicial de la investigación consistió en la recopilación de material relacionado con dinámica eólica y costera. Posteriormente se llevó a cabo un trabajo de gabinete mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales, en las cuales se realizaron cálculos morfométricos y análisis espaciotemporales. Finalmente los resultados de la primera etapa fueron validados a través de un trabajo de campo, etapa en la cual también se recolectaron muestras sedimentológicas para su posterior análisis de laboratorio.

El primer objetivo relaciona los aspectos estructurales, oceanográficos y morfodinámicos de la ensenada. Para su realización se identificaron las siguientes variables: Morfometría, Tipo de zona de rompiente y condición global de ataque.

Para establecer los parámetros morfométricos de la línea de costa de la ensenada, se trabajó con imágenes satelitales extraídas del Software Google Earth Pro. Tomando en consideración los trabajos morfométricos realizados por ARAYA-VERGARA (1969, 1983). Se efectuaron cálculos de ángulo de desalineamiento, orientación de la línea litoral e índice de curvatura. Además se utilizó como referencia los trabajos de morfometría realizado por CHRISTOFOLETTI & GONGALVES (1980) en el litoral paulista y los de VILLAGRAN (2007) sobre cálculos de Morfométricos en el área de estudio.

En la identificación de tipo de zona de rompiente se utilizó la guía metodología sobre reconocimiento de TZR de forma subaérea de ARAYA-VERGARA (1996) adaptación hecha en base a la clasificación propuesta por WRIGHT & SHORT (1984: En SHORT 1999) (Anexo.1). Se utilizaron imágenes satelitales del Software Google Earth Pro, de los años 2002, 2007 y 2013, incluyendo una visita a terreno el año 2014.

Con el fin de establecer la condición global de ataque, se realizaron perfiles de playa aplicando la técnica de mira y horizonte de EMERY (1961) en base a la clasificación de ARAYA- VERGARA (1986) (Anexo.2). El levantamiento de perfiles de playa se realizó a través de un trazado perpendicular a la línea litoral, desde el sector de máxima resaca hasta el término del primer cordón de dunas anteriores SOTO (2005a). Las altitudes del perfil fueron geoposicionadas a través de GPS.

El segundo objetivo analiza el comportamiento espaciotemporal de los subsistemas litorales y su representación geomorfológica.

Para determinar los anchos de: Zona de rompiente, playa arenosa y cordón de dunas actuales, se realizó la fotointerpretación de 3 imágenes satelitales de los años 2002, 2007 y

2013, las cuales fueron extraídas del programa Google Earth Pro. Se generaron puntos de control a lo largo de toda la ensenada con una equidistancia de 1000 metros aproximadamente. A partir de la subdivisión de los sistemas se procedió a medir los anchos de cada variable. Los resultados obtenidos fueron graficados para su posterior análisis.

La caracterización geomorfológica del área de estudio se utilizaron fotografías aéreas e imágenes satelitales que permitieron visualizar las diferentes formas: marinas, fluviomarinas, fluviales además del cordón de playa y la evolución del cordón de dunas actuales y heredados. Para la identificación y caracterización de las dunas se utilizaron los trabajos de BIRD (1930), HESP (2002), MARTINEZ (2008) y PYE & TSOAR (1990).

Para la asociación de las variables, se aplicó el coeficiente de correlación lineal momento-producto (r) y el coeficiente de determinación (R^2). Para la asociación de más de dos variables se utilizó el coeficiente de correlación múltiple lineal. Posteriormente para determinar el grado de significación de aquellas correlaciones se determinó mediante la aplicación del test *t de Student* 95% de confiabilidad para los respectivos grados de libertad, metodología utilizada por MARTINEZ (2001) para correlacionar este tipo de variables.

El tercer objetivo se enfoca en el análisis sedimentológico de las muestras de arenas. Para determinar el contenido de carbonatos presentes en las muestras de arenas de playa y duna, se utilizó la técnica de doble pesado (TWHOFEL Y TAYLER 1941). Esta técnica considera el peso inicial de la muestra (4 gramos) a la cual se le agrega ácido clorhídrico (HCl) al 10% de su concentración para diluir los carbonatos presentes en ella, una vez terminada la efervescencia, la muestra es lavada con agua destilada y dejada secar a temperatura ambiente por 72 horas. Con el peso inicial y el peso final se procedió a calcular el porcentaje de carbonato de calcio (Anexo.3)

En el análisis estadístico granulométrico de arenas se seleccionaron 6 puntos de control a lo largo de la ensenada, los cuales fueron geoposicionados a través de un GPS. Se tomaron 3 muestras de arenas en cada punto correspondientes a la: ante-playa, alta-playa y cordón de dunas actuales. Cada muestra contenía 500 gramos de arena la cual fue secada a temperatura ambiente por 72 horas y luego tamizadas (Anexo 4 y 5). De los resultados obtenidos se realizaron curvas granulométricas para el cálculo de los siguientes parámetros estadísticos: media, desviación estándar, asimetría y curtosis (FOLK & WARD 1957).

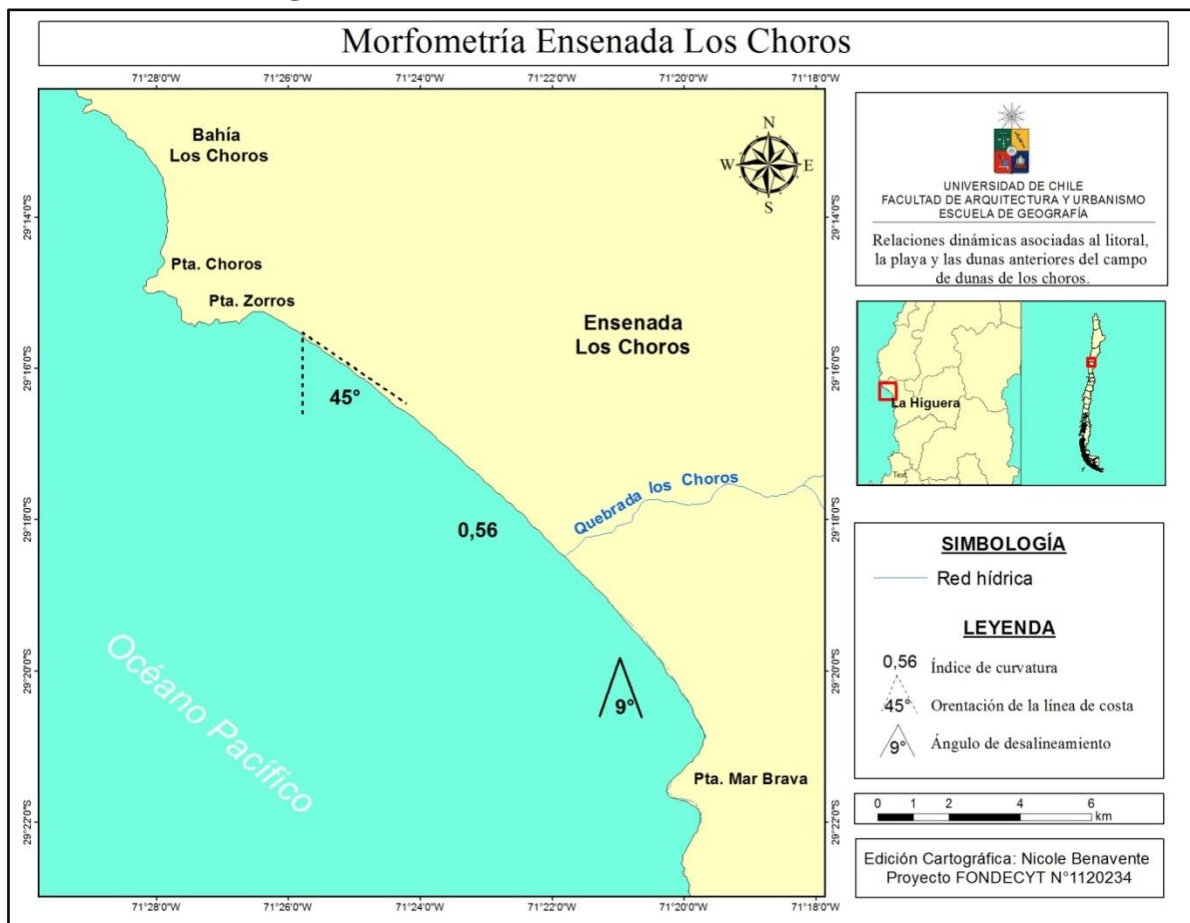
Para conocer el grado de desgaste producidos por el transporte y depositación de los sedimentos, se utilizó el procedimiento de morfoscopia binocular y se determinó visualmente el índice de redondez, tomando como referencia la escala de POWER (1953) (Anexo.6)

CAPÍTULO III: RESULTADOS

1. MORFOMETRÍA Y ORIENTACIÓN DE PLAYA

La morfometría del área de estudio da cuenta de las características estructurales que posee la línea de costa. Su orientación con respecto al norte es de 45° en sus tres secciones con dirección NW- SE, condición que deja expuesta la línea de costa al ataque y arribo de manera perpendicular tanto del viento predominante como del oleaje incidente. La ensenada presenta un desalineamiento de 9° aproximadamente con respecto a las estructuras costeras adyacentes, las cuales a diferencia de la ensenada poseen una posición relativa oblicua a la dirección del oleaje. El índice de curvatura, medido a través de la razón entre el ángulo sobreentendido de la ensenada y el valor de un radian, es de 0,56 y representa la forma casi rectilínea de la ensenada en toda su extensión (Fig.8).

Figura 8: Morfometría de la Ensenada Los Choros.

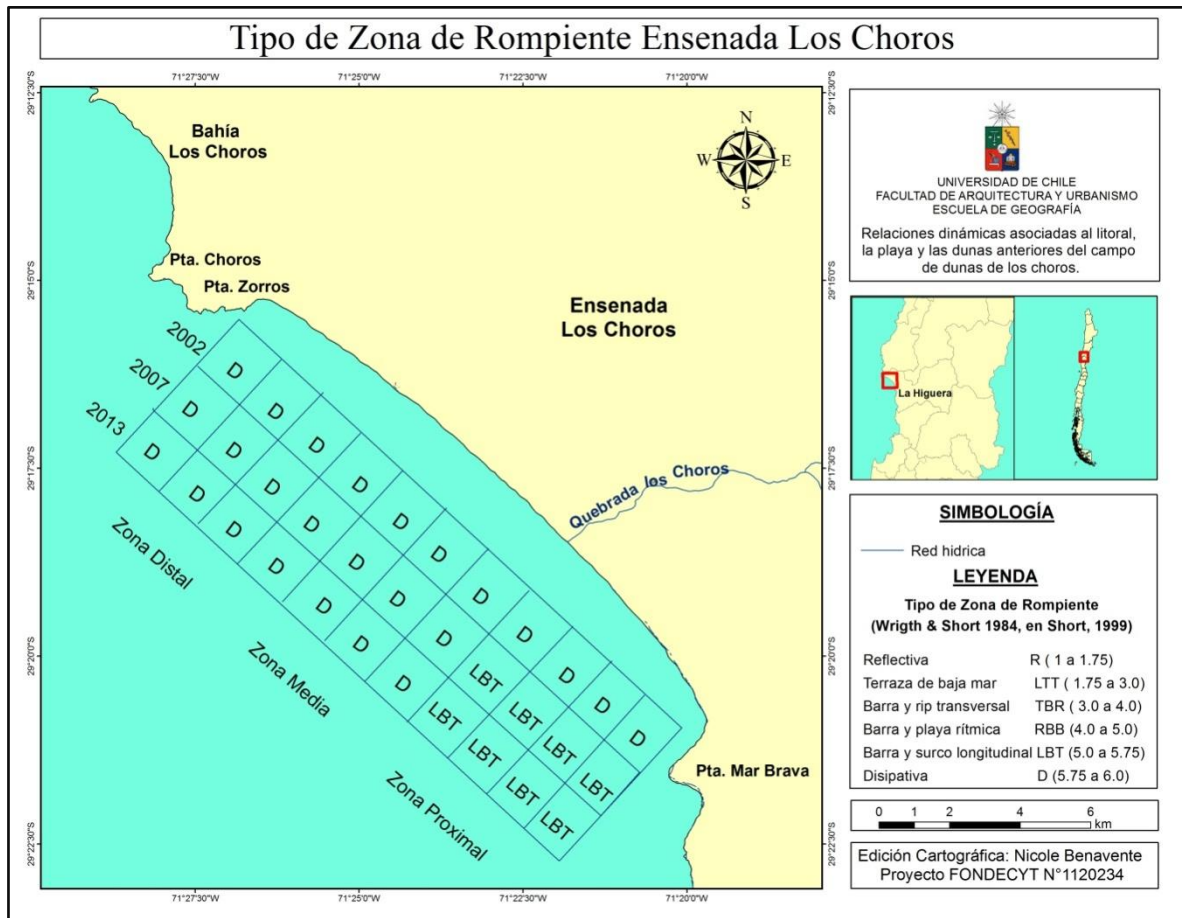


Fuente: Elaboración propia. (Proyecto FONDECYT 1120234).

2. TIPO DE ZONA DE ROMPIENTE

De acuerdo al análisis de las imágenes satelitales de los años 2002, 2007, 2013 y la visita a terreno el año 2014, se puede concluir que la Ensenada de Los Choros experimentó variaciones en los tipos de rompiente durante el periodo de análisis (Fig.9). Los resultados demuestran que la dinámica de la ensenada se puede clasificar entre los rangos intermedios y disipativos de alta energía.

Figura 9: Tipo de zona de rompiente.



Fuente: Elaboración propia. (Proyecto FONDECYT 1120234)

Para el año 2002 se presenta a lo largo de toda la ensenada rangos disipativos (D) de alta energía del oleaje. En la zona distal se pueden contar hasta 6 líneas de rompientes que disminuyen hacia la zona media y proximal de la ensenada, hasta encontrar un mínimo de 3 líneas de rompientes.

En el año 2007, la ensenada en su zona más proximal, muestra rangos intermedios de barra y surco longitudinal (LBT) con 3 líneas de rompiente, encontrando su ancho máximo en la zona media de la ensenada con 6 líneas de rompiente. Para este año se identifican en toda la ensenada *rip current* y condiciones de alta energía del oleaje.

Para el año 2013, el ancho de zona de rompiente disminuye considerablemente con respecto a los años anteriores, presentando rangos intermedios de barra y surco longitudinal con 3 líneas de rompiente en la zona proximal de la ensenada y 4 en la zona distal de la misma, en donde se encuentran rangos disipativos. En cuanto a las corrientes de retorno, (*rip current*) estas casi no se pueden identificar.

Finalmente las fotografías tomadas en mayo del 2014, demuestran de forma clara las diferencias de la energía en los distintos compartimientos de playa, expresado en la cantidad de líneas de rompientes identificables y la altura y forma de la ola cuando se aproxima al litoral cercano.

En la zona proximal (Fig.10) es posible identificar de 2 a 3 líneas de rompientes, correspondiente al tipo intermedio de barra y surco longitudinal (LBT). La energía del oleaje es considerablemente menor que en la zona media y distal, sin embargo las observaciones en terreno siguen demostrando que es una playa con alta energía.

Figura 10: Rompientes en la zona proximal de la ensenada Los Choros.



Fuente: Mayo (2104).

Proyecto FONDECYT N° 1120234

La zona media de la ensenada, presenta una condición de alta energía del oleaje, expresado en la altura de las olas, tornándose completamente disipativa. Se pueden identificar de 5 a 6 líneas de rompiente. En este tipo de playas la ruptura de la ola se

produce justo en la barra exterior, luego se rehace a su paso por el surco y vuelve a romper. La ruptura en la línea de costa es en forma de derrame (Fig.11)

Figura 11: Rompientes en la zona media de la ensenada Los Choros.



Fuente: Mayo (2104).
Proyecto FONDECYT N° 1120234

La zona distal de la ensenada, posee características similares a la zona media, es posible distinguir numerosas líneas de rompientes, se pueden contar de 4 a 5, identificables en la espuma que producen las crestas de olas al quebrar. Sin embargo existe menor altura de la ola con relación a la zona media. (Fig.12)

Figura 12: Rompientes en la zona distal de la ensenada Los Choros.



Fuente: Mayo (2104).
Proyecto FONDECYT N° 1120234

3. CONDICIÓN GLOBAL DE ATAQUE

ANÁLISIS DE PERFILES DE PLAYAS

La forma de los perfiles es resultado de complejos procesos de transporte y acumulación, en ellos subyace información de gran utilidad para el estudio de la dinámica de las costas (BERNABEU et al. 2002, ANDRADE y FERREIRA 2006).

De esta forma nos permiten evaluar el estado y los cambios que se reconocen a la largo de la ensenada, lo cual queda expresado cuantitativamente a través de la clasificación propuesta por ARAYA-VERGARA (1986). Se entiende por condición de ataque el conjunto de requerimientos necesarios para que una forma determinada de la línea litoral sea atacada por el oleaje. Se trata entonces de un umbral temporo-espacial. Se denomina condición de estado (*Zustand*) el conjunto de factores que permiten la permanencia de una forma determinada de la línea litoral.

Zona proximal

El perfil de playa correspondiente a la zona proximal de la ensenada, posee una longitud aproximada de 50 m, medido desde la zona de máxima resaca hasta el primer cordón de dunas anteriores alargadas. El ancho de playa es de 40 m, de los cuales los primeros 30 corresponden a la cara de playa. El perfil asciende de manera cóncava e inclinación moderada hasta la alta-playa. En este lugar se encuentra un depósito de rodados de tamaño medio, sección que corresponde a los últimos 10 m de playa. Los rodados son depositados en condiciones de bravezas y de marea alta (Fig.13)

Figura 13: Ensenada Los Choros, zona proximal.

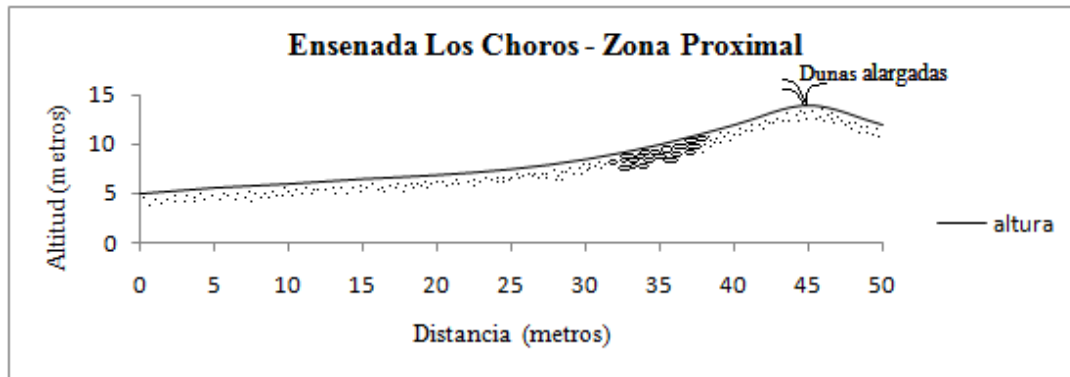


Fuente: Mayo (2014)

Proyecto FONDECYT N° 1120234.

La figura 14 muestra un perfil monosecuencial con características erosiónales. Comienza desde una altitud de 5 m en la cara de playa hasta los 14 m sobre las dunas anteriores alargadas. La condición de ataque es de (22) considerada de un nivel medio de energía según la clasificación propuesta por ARAYA- VERGARA (1986).

Figura 14: Perfil transversal de playa, zona proximal.



Perfil monosecuencialacrecional CA: (22). Fuente: Elaboración propia. Proyecto FONDECYT N° 1120234.

Las dunas anteriores alargadas, encuentran su mayor extensión en la zona proximal de la ensenada, con una altitud de 19 metros y con un desarrollo hacia el continente de 323 m de longitud (Fig.15). Se identificó además, que éstas están siendo atacadas por el oleaje, ya que se observaron muestras de lavado hasta el segundo cordón dunar. Sin embargo el abastecimiento de arenas permite la rápida reconstrucción del cordón litoral.

Figura 15: Dunas anteriores alargadas, zona proximal de la ensenada.



Fuente: Mayo (2014)
Proyecto FONDECYT N° 1120234.

Zona media

El perfil de la zona media, fue tomado en la parte norte de la Quebrada de Los Choros, con el fin de determinar los cambios geomorfológicos que la quebrada ocasiona al perfil de playa y dunas anteriores. Este se extiende por 33 m desde la zona de máxima resaca hasta el comienzo de las lagunas litorales. En la figura 16 se pueden identificar la presencia de *beach cups*, las cuales están presentes en casi toda la ensenada.

Figura 16: Ensenada Los Choros, zona media.



Fuente: Mayo (2014) Proyecto FONDECYT N° 1120234.

En los primeros metros del perfil en la zona de saca y resaca y la cara de playa se identifica una playa de rodados de tamaño grosero de hasta 40cm de largo, lo que evidencia gran energía del oleaje, poder de transporte y depositación. (Fig.17). En los primeros 30 m, el perfil asciende con una pendiente considerable y de manera cóncava hasta encontrarse con un micro acantilado de 35 cm aproximadamente, cambiando de manera abrupta su morfología, lo cual refleja el ataque a la post-playa en marea alta, luego de la berma el perfil presenta altitudes entre los 7 a 10 m, hasta encontrar una depresión dunaria que da paso a la duna transgresiva cuya altitud supera los 20 m. (Fig.18)

Según la clasificación de ARAYA-VERGARA (1986), éste es un perfil monosecuencial con características erosionales. El puntaje de condición global de ataque es de 56, considerado como alta energía (Fig.19). El perfil coincide con las características hidrodinámicas de la zona, en donde se distinguen hasta 6 líneas de rompientes, con condiciones totalmente disipativas.

Figura 17: Playa de rodados.



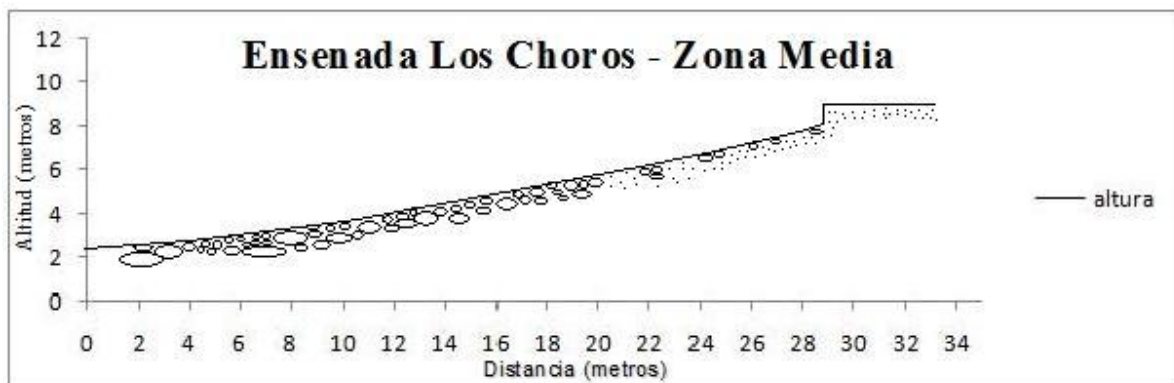
Fuente: Mayo (2014).
(Proyecto FONDECYT 1120234)

Figura 18: Microacantilado de playa, zona media de la ensenada.



Fuente: Mayo (2014).
(Proyecto FONDECYT 1120234)

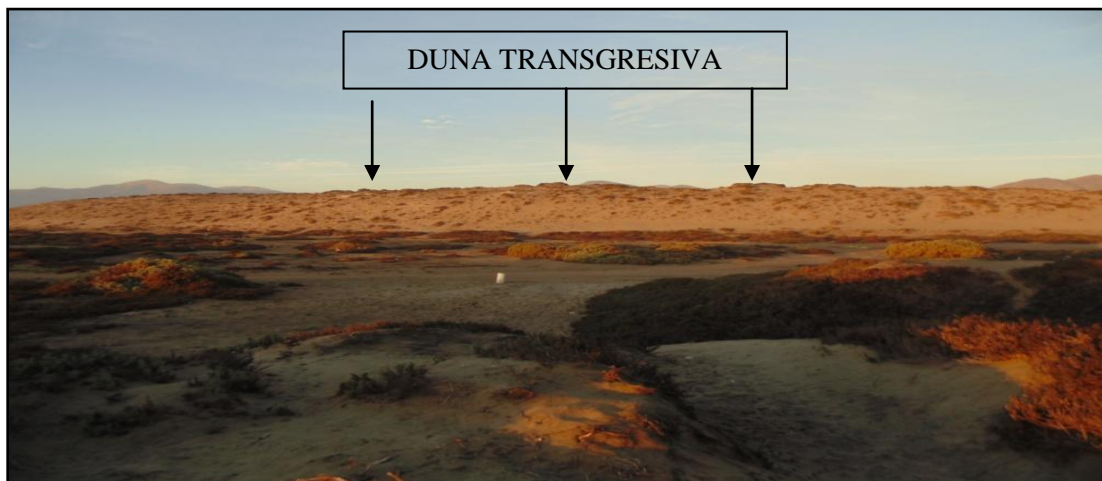
Figura 19: Perfil de playa, zona media.



Perfil monosecuencialerosional CA: (56).
Proyecto FONDECYT N° 1120234.

En esta zona, el cordón de dunas anteriores posee un patrón alargado el cual se ve interrumpido por la desembocadura de la Quebrada Los Choros y sus dos humedales, cuya área de inundación impide un desarrollo más extenso de estas formas. Se distinguen formas más discretas e incluso se pueden apreciar *nebkas* en desarrollo. El primer cordón litoral muestra indicios de ataque del oleaje, sin embargo se identifican *ripples* que demuestran la migración actual de sedimentos. Finalmente una depresión dunaria da paso a una importante duna transgresiva de 23 m de altitud (Fig. 20).

Figura 20: Duna transgresiva, zona media.



Fuente: Mayo (2014).
Proyecto FONDECYT N° 1120234

Zona Distal

El perfil de la zona distal, fue medido desde la zona de máxima resaca hasta el primer cordón de dunas anteriores. La figura 21 muestra un aumento considerable del ancho de playa, en comparación con el perfil de la zona media. Junto a las condiciones altamente disipativas que posee la playa, se evidencia un predominio de los procesos acrecionales, lo que permite deducir la existencia de un gran aporte sedimentario que supera la capacidad de erosión de la energía del oleaje.

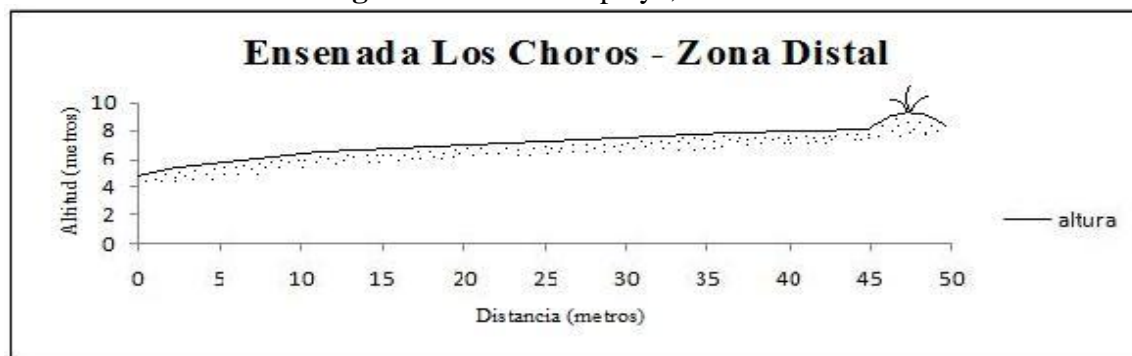
Figura 21: Ensenada Los Choros, zona distal.



Fuente: Mayo (2014) Proyecto. FONDECYT N° 1120234.

El perfil posee una extensión total de 50 m, de los cuales 45 corresponden al ancho de playa. Comienza desde los 5 m de altitud en la zona de máxima resaca, luego asciende con una pendiente suave de manera convexa hasta el primer cordón de dunas. Se observa solo una secuencia de playa, por lo tanto se clasifica como un perfil monosecucional con características acrecionales, la condición de ataque dio un resultado de (28), considerado como de media energía (Fig.22).

Figura 22: Perfil de playa, zona distal



Perfil monosecucionalCA: (28). Proyecto FONDECYT N° 1120234.

El cordón de dunas anteriores de padrón alargado, (Fig.23) se extiende por 145 m hacia el interior del continente. Las altitudes varían entre los 7 a los 10 m, las que se mantienen relativamente constantes. En zonas de deflación es común encontrar conchales, pertenecientes a antiguos bancos de arenas emergidos con restos de moluscos retrabajados por el oleaje, cuando el nivel del mar tenía un nivel superior. Junto a estos existe presencia de *ripples*, indicando la acumulación actual de arenas y la dirección del viento efectivo. (Fig.25). Posteriormente luego del cordón de duna anterior existe un cambio en el patrón de dunas, el que da paso a la duna transgresiva la que posee una altitud de 14 m. Esta se encuentra vegetada por un matorral arbustivo de mediana estatura, lo cual refleja una duna de mayor edad (Fig.26).

Figura 23: Cordón de dunas anteriores, zona distal de la ensenada.



Fuente: Mayo (2014).
Proyecto FONDECYT N° 1120234.

Figura 24: Vegetación herbácea sobre el cordón de dunas anteriores en la zona distal de la ensenada.



Fuente: Mayo (2014).
Proyecto FONDECYT N° 1120234.

Figura 25: Conchales sobre dunas anteriores en la zona distal de la ensenada.



Fuente: Mayo 2014.
Proyecto FONDECYT N° 1120234.

Figura 26: Vegetación arbustiva sobre la duna transgresiva en la zona distal de la ensenada.



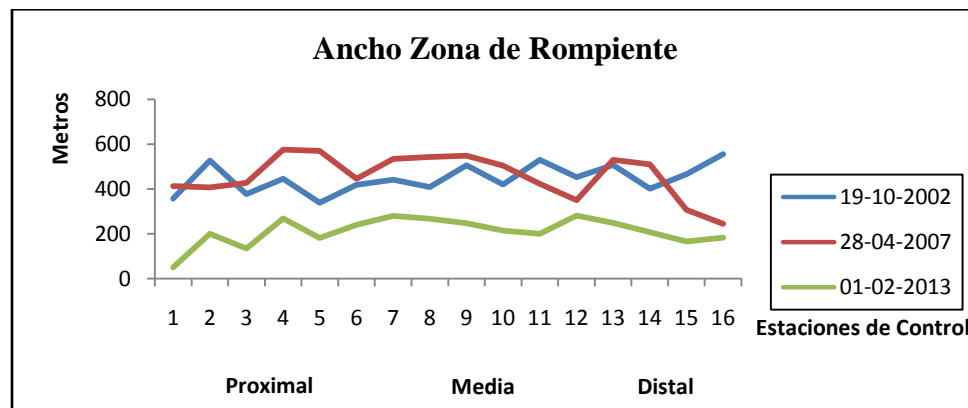
Fuente: Mayo (2014).
Proyecto FONDECYT N° 1120234.

4. ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LOS SUBSISTEMAS

4.2 ANCHOS DE ZONA DE ROMPIENTES

El ancho de zona de *surf* ha experimentado variaciones significativas a través de los años analizados. Las mediciones realizadas sobre fotografías aéreas utilizando 16 estaciones de control, muestran rangos que van desde los 50 a los 576 m respectivamente (Fig.27).

Figura 27: Ancho de rompiente, playa Los Choros.



Estaciones de control cada 1000 metros, aprox.

Fuente: Elaboración Propia (Proyecto Fondecyt 1120234).

Desde el año 2002 al 2013 es posible identificar diferencias en una misma estación de control de hasta 308 m (Tabla.1). No obstante, es preciso establecer que estas fluctuaciones no necesariamente responden a una tendencia en la disminución del ancho de rompiente a través de los años, sino más bien puede ser explicada de acuerdo a la época del año en que la fotografía aérea fue capturada en donde pueden influir factores de bravesas, aspectos climatológicos, entre otros.

En octubre del 2002, el ancho promedio de la zona de surf es de 439 m, concentrando espacialmente sus máximos valores en la zona distal de la ensenada, con un *pick* de 555 m de ancho. (Tabla.1). El ancho mínimo es de 339 m ubicado en la parte proximal de la ensenada.

En abril del 2007, las mediciones muestran que este es el año con el mayor ancho promedio, con un valor de 447 m. Los mayores valores están ubicados en la zona proximal de la ensenada teniendo su *pick* de 576 m de ancho en la estación número 4 (Tabla.1). Por

el contrario los menores anchos de rompiente están en la parte más distal de la ensenada cuyo valor mínimo es de 245 m.

Las mediciones realizadas en la fotografía de febrero del 2013, señalan que de los años observados, este obtiene el menor ancho promedio, con un valor de 211 m. En la zona media y distal de la ensenada es en donde se encuentran los valores más constantes. Para este año el menor ancho de zona de *surf* es de 50 m ubicado en la zona proximal de la ensenada y el máximo es de 282 m, en la zona distal de la misma (Tabla.1).

Tabla N° 1: Ancho de Zona de Rompiente, Ensenada Los Choros.

Estaciones de control	2002 (m)	2007 (m)	2013 (m)
1	358	413	50
2	527	407	200
3	378	428	134
4	446	576	269
5	339	571	182
6	419	446	241
7	441	535	280
8	409	543	267
9	505	549	247
10	420	505	214
11	530	424	201
12	452	350	282
13	507	530	249
14	402	511	207
15	465	308	1energ66
16	555	245	183
PROMEDIO	447	459	211

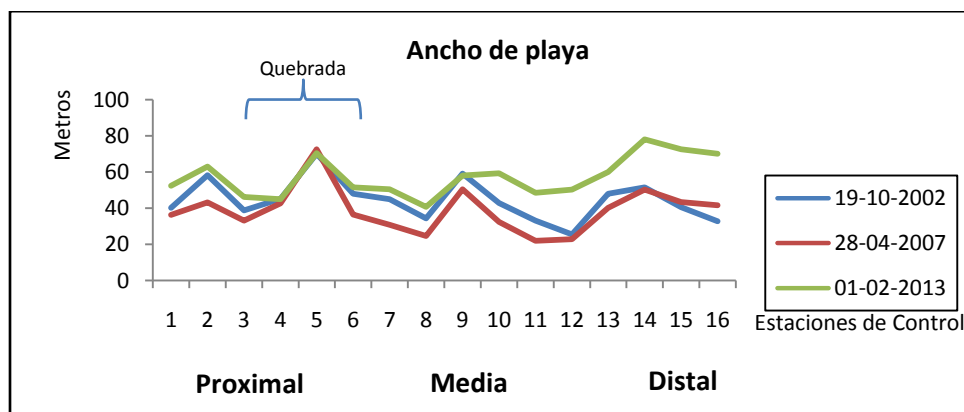
Fuente: Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas en Fotografías aéreas, formato digital. (Proyecto FONDECYT 1120234).

4.2 ANCHO DE PLAYA

En términos generales, es preciso mencionar que la configuración de la línea de costa de la ensenada Los Choros de forma transversal a los vientos del SW y su orientación respecto del arribo del oleaje, genera una concentración de energía y un abastecimiento de arenas favorable hacia el litoral.

A partir de las mediciones realizadas en fotografías aéreas de los años 2002, 2007 y 2013, utilizando 16 estaciones de control a lo largo de la ensenada, se observa que el ancho de playa ha tenido variaciones significativas. Sin embargo existen en los 3 años de estudio una tendencia a concentrar los menores valores en la zona proximal de la ensenada y los máximos, en la zona distal de esta misma. En el área de la desembocadura de la quebrada Los Choros indicada en la figura 28, se observa cómo hay un ensanchamiento de la playa que es común a los 3 años en estudio.

Figura 28: Ancho de playa. Ensenada los Choros.



Estaciones de control cada 1000 metros, aprox.

Fuente: Elaboración Propia. (Proyecto FONDECYT 1120234).

El ancho de playa en su límite más interno está determinado por la aparición de dunas anteriores. En el área de la quebrada Los Choros, el cordón de dunas se encuentra interrumpido por su desembocadura, lo que explica el ensanchamiento de la playa en las estaciones de control que coinciden con desembocadura de la quebrada (Fig.30)

La imagen de Octubre del 2002, obtuvo un ancho promedio de 44,6 m siendo este, el año en donde los valores mantuvieron mayor uniformidad a lo largo de toda la ensenada. Los valores máximos tienden a concentrarse en la zona media de la ensenada, teniendo su *peak* de 70 m en la desembocadura de la quebrada. Luego de este punto los valores se comportan de forma poco uniforme

La imagen de Abril del 2007, presenta anchos variables a lo largo de toda la ensenada, las mediciones de ese año dieron como resultado el menor promedio medido de los 3 años en estudio, con un valor de 38,9 m aproximadamente (Tabla2). El valor mínimo es de 21,9 m y el valor máximo de 72,6 m, que se encuentra en la zona media de la ensenada en el sector de quebrada Los Choros. (Fig.28)

La fotografía de Febrero del 2013, presenta el promedio mayor de los 3 años observados, con un valor de 57,3 m. (Tabla 2). Esto se explica por la temporada del año en que la fotografía fue capturada, en este momento la playa debiese tener un perfil de verano en donde exista un predominio de acumulación de materiales más que de erosión de los mismos. Los mayores anchos de playa se encuentran en la zona distal de la ensenada específicamente en los últimos 3 km, correspondientes a los puntos 14, 15 y 16 de las estaciones de control, con valores máximos de 78 m.

Tabla N° 2: Ancho de Playa, Ensenada Los Choros.

Estaciones de control	2002 (m)	2007 (m)	2013 (m)
1	40,2	36,2	52,4
2	58,2	43,23	62,9
3	38,8	33,1	46,23
4	45,2	42,6	44,9
5	70	72,6	70,46
6	48	36,4	51,4
7	44,9	30,7	50,4
8	34,4	24,6	40,7
9	59	50,5	58
10	42,9	32,4	59,2
11	33,2	21,9	48,4
12	25,6	22,79	50,2
13	48	40,1	60
14	51,5	50,2	78
15	40,5	43,36	72,5
16	32,8	41,5	70,4
PROMEDIO	44,6	38,9	57,3

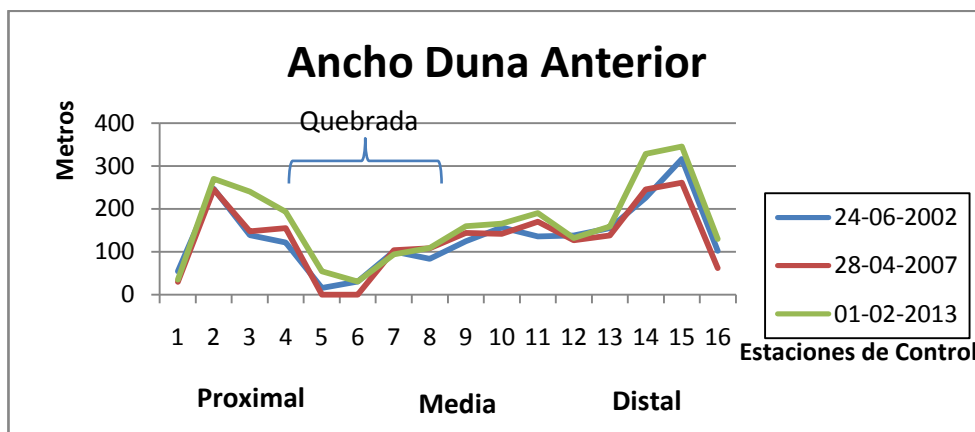
Fuente: Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas en Fotografías aéreas, formato digital. (Proyecto FONDECYT 1120234).

4.3 ANCHO DE DUNA ANTERIOR

De forma general los anchos de duna anterior varían de manera considerable a lo largo de toda la ensenada (Fig.30).Sin embargo los 3 años de observación mantienen una tendencia, concentrando sus mayores valores en la Zona Proximal y Distal del área de estudio. La excepción está en los puntos 1 y 16 (Fig. 29) en donde los valores caen de

manera drástica producto de los campos de barjanes activos que interrumpen el cordón de duna anterior. En la Zona Media los valores se comportan de manera constante constantes durante los 3 años, mientras que el sector de Quebrada Los Choros el cordón de Duna anterior tiende a desaparecer.

Figura 29: Ancho de duna anterior. Ensenada Los Choros.



Estaciones de control cada 1000 metros, aprox.

Fuente: Elaboración Propia. (Proyecto FONDECYT 1120234).

Los cálculos realizados para la imagen de febrero del 2013, reflejan que ese fue el año en donde la masa dunar obtuvo los mayores valores en casi todas las estaciones de control, lo cual queda expresado en el máximo promedio de los 3 años, con un valor de 165 m (Tabla.2). Los valores mínimos del muestreo para este año están localizados en la parte proximal de la ensenada, en la estación 1 y 6. En la estación 1 el cordón de dunas anterior se encuentra destruido, dando paso a un enorme campo de lenguas transgresivas y en la estación 6, en donde la estación coincide con la desembocadura de la Quebrada Los Choros, el cordón de dunas disminuye considerablemente (Fig. 29).

Los máximos valores están localizados en su mayoría en la parte distal de la ensenada con un *pick* de 345 m de ancho en la estación 15, para luego disminuir drásticamente en la estación 16 en donde se encuentra la legua norte transgresiva. (Tabla.2)

Para la fotografía aérea de abril del 2007, los resultados muestran que este fue el año con los menores anchos de duna anterior del periodo estudiado, con un promedio de 130 m. Sus valores mínimos están localizados en las estaciones cercanas a la desembocadura de quebrada Los Choros, lo que se muestra en la figura 3. En este punto de la ensenada, el cordón de duna anterior desaparece totalmente.

Luego de la Quebrada Los Choros, los valores comienzan a aumentar gradualmente, registrándose el *pick* de 261 m en la estación número 15. Luego caen drásticamente en la última estación de control producto de las lenguas transgresivas en el sector norte, lo mismo que sucede en el extremo sur de la ensenada en la estación número 1, en la lengua transgresiva del sector sur los cuales interrumpen el cordón de duna anterior.

Las mediciones para octubre del 2002, establecen que su comportamiento está entre los rangos intermedios de los dos años anteriormente mencionados. El valor promedio de la ensenada para este año fue de 134 m (Tabla. 2). En la Zona Proximal de la ensenada entre los puntos 2 – 4 la duna anterior comienza a deformarse lo que genera un alargamiento de su forma por lo tanto es un sector en donde hay anchos considerables, luego cae abruptamente al ser interrumpida por la desembocadura de la Quebrada. De la Zona media a la distal, el ancho comienza a aumentar hasta alcanzar su *pick* a la altura de la estación 15, con 316 m (Tabla.2).

Tabla N° 3: Ancho de Duna Anterior, Ensenada Los Choros.

Estaciones de control	2002 (m)	2007 (m)	2013 (m)
1	55	30	35,5
2	247	245	270
3	139	148	240
4	122	155	193
5	16	0	55
6	30,6	0	31
7	101	104	94
8	84	108	109
9	125	144	160
10	157	142	166
11	136	170	190
12	138	127	132
13	155	138	159
14	226	245	328
15	316	261	345
16	102	62	130
PROMEDIO	134	130	165

Fuente: Elaboración propia a partir de las mediciones realizada en fotografías aéreas, formato digital. (Proyecto FONDECYT 1120234)

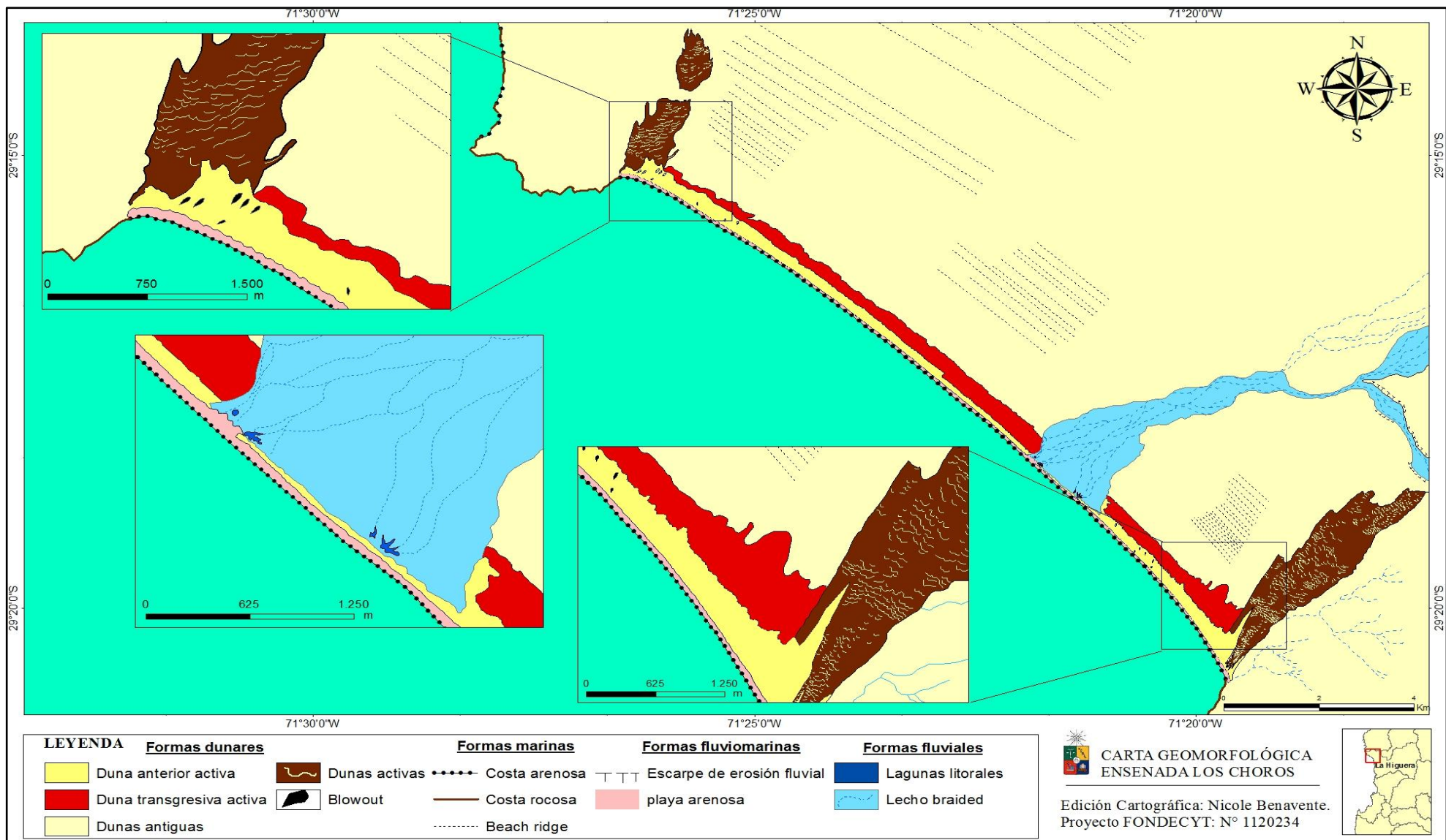


Figura 30: Carta geomorfológica ensenada Los Choros. Fuente: Elaboración propia. Proyecto FONDECYT: N°: 1120234.

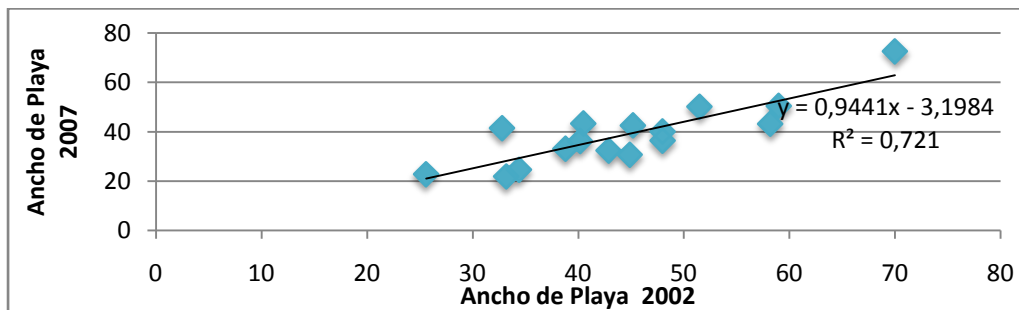
5. CORRELACIONES LINEALES

La correlación de las variables indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre estas. El valor del Coeficiente de correlación lineal de Pearson r , oscila entre -1 y $+1$, es decir de una correlación negativa perfecta a una correlación positiva perfecta. La relación entre dos variables cuantitativas queda representada mediante la línea de mejor ajuste, trazada a partir de la nube de puntos. El coeficiente de determinación R^2 es el coeficiente que indicará el porcentaje del ajuste conseguido con el modelo lineal. A mayor porcentaje mejor es el ajuste modelo para predecir el comportamiento de la variable Y . Finalmente los cuadrados residuales son las diferencias entre el valor estimado por el modelo y el verdadero valor de Y , gráficamente queda expresado en los puntos que se apartan de la recta.

Consistencias en el tiempo, ancho de playa ensenada Los Choros

La correlación lineal de la variable Ancho de Playa, da como resultado un coeficiente de correlación $r = 0,84$ lo que indica una relación fuerte y positiva a través del tiempo. Esto queda expresado a través de la nube de puntos la cual se presenta estrecha y alargada. El coeficiente de determinación r^2 indica un ajuste favorable del 72% con el modelo lineal. Las series de puntos que se desvían del modelo pertenecen geográficamente al punto que coincide con la Quebrada de Los Choros en donde el año 2007 el ancho de playa presenta un comportamiento inverso al resto de la ensenada. Otro punto que aleja del modelo es el que coincide con los campos de dunas activas y barjánicos del extremo norte de la Ensenada. (fig.31)

Figura 31: Consistencia en el tiempo, ancho de playa. Ensenada Los Choros.



Fuente: Elaboración propia. (Proyecto FONDECYT 1120234)

$r = 0,84$

Ecuación $Y = 0,9441 * X - 3,1984$

Número de puntos de datos utilizado = 16

Promedio $X = 32,8$

Promedio de $Y = 41,5$

Suma de cuadrados residual:658,3880987

Suma de cuadrados de regresión: 1702,074475

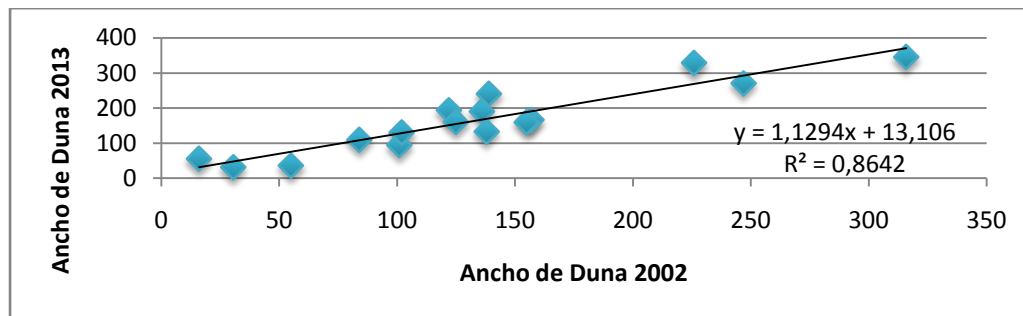
Coefficientes de determinación, R-cuadrado = 0,721076662611632 - 72%

Consistencias en el tiempo, Ancho De Duna Ensenada Los Choros

La correlación lineal tiene como resultado un coeficiente de correlación $r = 0,92$ lo que indica una correlación casi perfecta, en términos de que su valor está muy cercano a 1. El valor obtenido demuestra que existe una consistencia entre los valores de la variable a través del tiempo al igual que la variable ancho de playa, lo que tiene sentido si se considera que el ancho de masa dunar está determinado por el abastecimiento de sedimentos hacia el litoral y el traspaso de este por la playa arenosa.

La forma de la nube de puntos representa la fuerza que tiene el modelo en esta variable y el sentido indica la variación de los valores de Y con respecto a X. El coeficiente de determinación r^2 indica un ajuste favorable del 85% con el modelo lineal. Las series de puntos que se alejan del modelo corresponden a las mediciones extraídas de la zona distal de la ensenada (Fig.32). El verano del 2013 el ancho de masa dunar crece considerablemente en esta zona, diferente a lo sucedido en el año 2002 en donde la duna muestra signos de deformación y erosión, condición presumible producto de una alta condición de ataque expresado en los anchos de *surf* muestreados para ese año.

Figura 32: Consistencia en el tiempo, Ancho de Duna Ensenada Los Choros



Fuente: Elaboración propia a partir de las mediciones realizada en fotografías aéreas, formato digital. (Proyecto FONDECYT 1120234)

$r = 0,92$

Ecuación $Y = 1,1294 * X + 13,106$

Número de datos de puntos utilizado= 16

Promedio $X = 134$

Promedio $Y = 165$

Suma de cuadrados residual: 16429,01215

Suma de cuadrados de regresión: 100132,7212

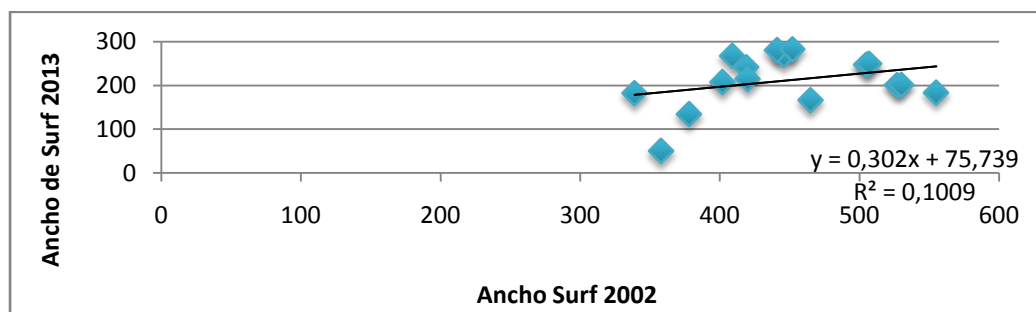
Coefficientes de determinación, R-cuadrado = 0,85905312 – 85%

Consistencias en el tiempo Ancho Zona de Surf, Ensenada Los Choros

La correlación lineal para la variable Ancho de Surf dio como resultado un coeficiente de correlación $r = 0,31$ lo que indica que existe una correlación débil. Por lo tanto esta variable no posee consistencia en el tiempo. La nube de puntos se presenta de forma circular lo que demuestra gráficamente que no existe fuerza en esta correlación. El coeficiente de determinación R^2 es del 10%, en donde los datos observados no se ajustan al modelo.

La correlación de la variable coincide con las importantes variaciones encontradas en los Anchos de *surf* durante el periodo de estudio (11 años), si bien se realizó las mediciones solo en 3 años, se observó de igual forma la variación del periodo completo, en donde la zona de Surf cambio de forma variada sin seguir un patrón determinado, estando más relacionado con la época en que fue tomada la fotografía (verano, invierno) y las condiciones climáticas y oceanográficas particulares del momento en que fue capturada la imagen satelital (fig.33).

Figura 33: Consistencia en el tiempo, Ancho De Surf Ensenada Los Choros.



Fuente: Elaboración propia a partir de las mediciones realizada en fotografías aéreas, formato digital. (Proyecto FONDECYT 1120234).

$r = 0,31$

Ecuación $Y = 0,302 * X + 75,739$

Número de datos de puntos usados:16

Promedio $X = 447$

Promedio $Y = 211$

Suma de cuadrados residual:27913,79764

Suma de cuadrados de regresión: 209,9356968

Coefficientes de determinación, R-cuadrado = 0,1009 – 10%

Modelo Global de Correlación

El modelo global de correlación tomó los datos de los 3 años en estudio 2002, 2007, 2013 y determinó como variable dependiente, el ancho de playa. El resultado fue un coeficiente de correlación múltiple de 0,46. Aquello significa una correlación positiva de carácter moderado entre las variables.

La ecuación queda expresada de la siguiente manera:

Ancho playa= 60,65 - 0,04 * Ancho Surf+0,019 * Ancho Duna-0,000454 *
Distancia

Coefficiente de Correlación Múltiple = 0,466660787

Número de datos de puntos utilizado= 48

Suma de cuadrados residual:6999,798754

Suma de cuadrados de regresión: 1948,744827

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

6. CALCIMETRÍA DE ARENAS

Los resultados obtenidos mediante la descalcificación de los sedimentos, demuestran que la principal fuente de las arenas que conforman el cordón de dunas anteriores, es proveniente de la playa, debido a la correspondencia aproximada en los porcentajes de carbonato de calcio (CaCO_3) de ambas muestras de arenas (Tabla 4 y 5).

De manera general, las arenas de duna exhiben un bajo contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), el cual varía entre 14,5y 18,9% y un promedio de 17,4% (Tabla 5). Se identifica un mayor porcentaje de carbonato de calcio en la zona media y distal de la ensenada, en donde se encuentra mayor energía del oleaje capaz de re TRABAJAR por abrasión el material calcáreo.

El 80% del material restante que compone la duna anterior es de origen terrígeno, proveniente teóricamente de la erosión diferencial de la línea de costa y la descarga de ríos. Este es transportado por la corriente litoral, para finalmente ser depositado en la playa, lugar en donde los sedimentos quedan expuestos a la actividad eólica.

Tabla N° 4: Descalcificación de las arenas de playa.

Zona	N° de muestra	Contenido de CaCO ₃ %	Otros Minerales %
Proximal	1	18,4	81,6
	2	16,2	83,8
Media	3	19,7	80,3
	4	18	82
Distal	5	20,7	79,3
	6	22,3	77,7
	Promedio	19,2	80,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de descalcificación.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

Tabla N° 5: Descalcificación de las arenas del cordón de duna anterior.

Zona	N° de muestra	Contenido de CaCO ₃ %	Otros Minerales %
Proximal	1	17,6	82,4
	2	14,5	85,5
Media	3	17,0	83,0
	4	17,8	82,3
Distal	5	18,6	81,4
	6	18,9	81,1
	Promedio	17,4	82,6

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de descalcificación.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE GRANULOMETRÍA DE ARENAS

De la confección de curvas de frecuencia granulométrica, se realizó la lectura de los siguientes percentiles y cuartiles: ϕ 5, ϕ 16, ϕ 25 (cuartil), ϕ 50 (mediana), ϕ 75 (cuartil) ϕ 84 y ϕ 95. A partir de éstos se obtuvieron los siguientes parámetros estadísticos: Media, desviación estándar, asimetría y curtosis (Tabla 6).

Tabla N° 6: Granulometría de arenas de la Ensenada Los Choros

Ubicación	Zona	N° de Muestra	Media	Desv. estándar	Asimetría	Curtosis
Ante playa	Proximal	1	1,70	0,32	0,83	0,90
		2	2,00	0,43	1,00	1,30
	Media	3	1,95	0,49	0,81	1,38
		4	2,70	0,75	0,98	0,81
	Distal	5	2,25	0,71	1,00	0,89
		6	1,50	0,85	0,96	1,10
		Promedio	2,02	0,59	0,93	1,06
Alta playa	Proximal	1	1,40	0,34	0,90	0,77
		2	2,10	0,46	1,00	1,02
	Media	3	2,40	0,62	1,00	0,82
		4	3,25	0,7	0,99	1,23
	Distal	5	3,00	0,81	0,74	0,82
		6	3,10	0,84	0,75	0,83
		Promedio	2,54	0,63	0,90	0,92
Duna	Proximal	1	1,65	0,30	0,97	0,93
		2	2,00	0,33	0,92	0,90
	Media	3	1,90	0,47	1,00	1,15
		4	2,90	0,52	0,94	0,78
	Distal	5	2,70	0,43	0,96	0,79
		6	3,00	0,55	0,91	1,39
		Promedio	2,36	0,43	0,95	0,99

Fuente: Elaboración propia a partir de las muestras de arena analizadas en laboratorio.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

7.1 MEDIA

Representa el tamaño promedio del total de los granos. A través de sus valores es que se puede explicar la naturaleza y condiciones de depósito de los sedimentos. Este aspecto se ve influenciado por parámetros como velocidad del agente de transporte, forma, composición, durabilidad y naturaleza de la resistencia de los sedimentos durante el transporte. El tamaño de grano será mayor a mayor aporte de energía a los sedimentos. De esta forma el valor de la media de los sedimentos actúa como un índice de medida de abrasión y agotamiento.

La media se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$Mz = \frac{\phi 84 + \phi 50 + \phi 16}{3}$$

Las arenas de anteplaya están entre los intervalos de 1,7 ϕ a 2,7 ϕ lo que permite clasificarlas como arenas de grano fino y arenas de grano medio según la escala de WENTWORTH, (1922). (Anexo.7). En la zona proximal los valores van desde 1,70 ϕ a 2,0 ϕ . En la zona media encontramos una playa de arena y rodados, sus valores van desde los 1,95 a los 2,7 ϕ . Para la zona distal los valores se comportan de manera más homogénea, en torno a los 2,25 ϕ y 2,5 ϕ .

Los valores de diámetro medio en arenas de altaplaya, se encuentran entre los intervalos 1,4 ϕ a 3,1 ϕ , consideradas arenas de grano fino y arenas de grano medio. La zona proximal posee el menor grano medio, con un rango variable que va desde los 1,4 a 2,10 ϕ , correspondiente a arenas finas. En la zona media y distal las arenas son de grano medio, con valores en torno a los 2,4 ϕ a 3,25 ϕ para la zona media y 3,0 ϕ a 3,10 ϕ para la distal.

Las arenas de dunas están entre los 1,65 ϕ y 3,0 ϕ es decir, arenas de grano fino a medio. Para la zona distal el rango es desde los 1,65 ϕ a los 2,0 ϕ . En la zona media, los valores van desde los 1,90 a 2,90 ϕ , mezcla de arenas de grano fino y medio. Finalmente, la zona distal posee arenas de grano medio con diámetros de 2,7 ϕ a 3,00 ϕ .

De manera general, existe una heterogeneidad en el comportamiento de la media a lo largo de la ensenada. Sin embargo, es posible distinguir el aumento del tamaño medio del grano desde la zona proximal a la distal. De esta forma, el tamaño medio de las partículas del sedimento refleja las condiciones hidrodinámicas (energéticas) que actuaron en su transporte y depositación (FOLK 1980). Generalmente, las partículas más gruesas

están asociadas a un mayor nivel de energía, en cambio, las finas se encuentran en sectores con menor hidrodinamismo.

7.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La desviación estándar nos muestra el grado de selección granulométrica (Anexo 8). La selección es más baja cuanto mayor intervalo de grados estén involucrados en la distribución granulométrica. Refleja el tipo de agente de transporte y es una medida de su grado de fluidez o viscosidad (FOLK & WARD 1957).

La selección fue calculada a través de la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

La desviación estándar de los sedimentos muestreados varía entre los 0,30 ϕ a los 0,85 ϕ , es decir sedimentos que se encuentran muy bien seleccionados a sedimentos moderadamente seleccionados.

Las arenas de anteplaya están entre los rangos de 0,32 ϕ a 0,85 ϕ . Su mejor selección se encuentra en la zona proximal y luego comienza a disminuir hacia la parte norte, zona distal de la ensenada.

La selección para arenas de altaplaya gira entorno de los 0,34 a 0,84 ϕ , posee una buena selección en sus extremos y menor en la zona media.

En las arenas de dunas, la desviación estándar posee un intervalo más homogéneo en relación a las arenas de anteplaya y altaplaya, su rango variable es de los 0,30 ϕ a los 0,55 ϕ . Son las arenas mejor seleccionadas.

De manera general, existe una buena selección de los sedimentos, esto evidencia que las intensidades de las corrientes que operan sobre los depósitos, actúan con intensidades relativamente constantes (ya sea con alta energía o baja energía). FOLK (1980), menciona que las malas selecciones se dan cuando actúan procesos dinámicos con amplias fluctuaciones.

Tabla N° 7: Designaciones para los valores de selección

Sk	Designación
<0,35	Muy bien seleccionado
0,35 a 0,50	Bien seleccionado
0,50 a 0,71	Moderadamente seleccionado
0,71 a 1,0	Mal seleccionado
2,0 a 4,0	Muy mal seleccionado
>4,0	Extremadamente mal seleccionado

Fuente: Folk & Ward (1957)

7.3 ASIMETRÍA O SIMETRÍA

La asimetría de una distribución granulométrica traduce la posición de la mediana en relación a la media aritmética (FOLK & WARD 1957). Por lo tanto un valor positivo de la asimetría indica un exceso de partículas finas. En contraste, una asimetría negativa significa un exceso de partículas gruesas.

La asimetría fue calculada a través de la siguiente fórmula:

$$Sk = \frac{\phi_{84} - \phi_{16} + 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})}$$

El parámetro de asimetría en los sedimentos, tuvo un predominio de valores positivos, es decir, las muestras incluyen un exceso de materiales finos (Tabla 8).

Las arenas de anteplaya posee asimetrías positivas, sus valores se encuentran entre los 0,81 ϕ a los 1,0 ϕ con un promedio general de 0,93 ϕ , clasificándolas como muy asimétricas en el sentido de los finos. En general existe un comportamiento homogéneo a lo largo de la ensenada.

Para las arenas de altaplaya, la asimetría presenta valores positivos en un rango variable de 0,74 ϕ a 1,0 ϕ y un promedio de 0,90 ϕ . Las asimetrías perfectas, es decir iguales a 1,0 ϕ se localizan en la zona proximal y media de la ensenada.

En las arenas de dunas, las asimetrías giran en torno a los 0,91 ϕ y 1,0 ϕ . El promedio es de 0,95 ϕ , siendo este el mayor de la ensenada. Se puede inferir la existencia de mejor asimetría en materiales que han sido transportados por el viento, debido a la adición de sedimentos finos.

Tabla N° 8: Designaciones para los valores de asimetría

SK	Designación
+1,00 a +0,30	Fuertemente asimétrica en el sentido de los finos
+0,30 a +0,10	Asimétrica en el sentido de los finos
+0,10 a -0,10	Aproximadamente simétrica
-0,10 a -0,30	Asimétrica en el sentido de los gruesos
-0,30 a -1,00	Fuertemente asimétrica en el sentido de los gruesos

Fuente: FOLK (1957)

7.4 CURTOSIS

La curtosis es una medida comparativa entre la selección en el centro de la distribución y en los extremos o colas. La distribución leptocúrtica posee mejor selección en el centro que en las colas de la distribución. La inversa sucede en la distribución platicúrtica (FOLK & WARD 1957).

La curtosis puede ser calculada través de la siguiente fórmula:

$$kg = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Los valores de curtosis para los sedimentos de la ensenada Los Choros, se encuentran entre los 0,77 ϕ a los 1,38 ϕ . Es decir distribuciones que van de platicúrticas a leptocúrticas (Tabla 9).

Los valores de curtosis para las arenas de anteplaya giran en torno a los 0,81 ϕ y 1,38 ϕ . Para las 3 zonas (proximal, media y distal) las distribuciones se comportan de manera variable entre distribuciones platicúrticas a leptocúrticas. La mayor heterogeneidad se encuentra en la zona media de la ensenada.

Las arenas de alta-playa varían entre los 0,77 ϕ a los 1,23 ϕ , clasificándolas en platicúrticas a leptocúrticas, de igual forma que las arenas de dunas en donde sus valores están contenidos entre los 0,79 ϕ a 1,39 ϕ .

Es posible determinar que los valores de curtosis están relacionados con el nivel de energía de las olas o el nivel de energía del ambiente deposicional, siendo inversamente proporcionales. A mayor energía del oleaje, los valores de curtosis disminuyen, con tendencia a distribuciones platicúrticas. En periodos de calma o baja energía, se genera un flujo unidireccional, tornando las distribuciones leptocúrticas. Estas distribuciones

corresponderán a un sedimento poco disperso, bien seleccionado con una concentración de los granos finos en la parte central de la curva. Los resultados dan cuenta de distribuciones de los dos tipos, sin embargo el 55% de las muestra posee una distribución platicúrtica.

Tabla N° 9: Designaciones de angulosidad de la curva granulométrica, cuando se aplica Kg

Kg	Designación
>0,67	Muy platicúrtica
0,67 a 0,90	Platicúrtica
0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,11 a 1,50	Leptocúrtica
1,50 a 3,00	Muy leptocúrtica
>3,00	Extremadamente leptocúrtica

Fuente: FOLK (1968).

8. MORFOSCOPIA BINOCULAR DE ARENAS

El procedimiento de morfoscopía binocular permitió establecer el grado de desgaste de las partículas de arenas, utilizando como referencia el índice de redondez propuesto por POWERS (1953) (Tabla. 10).

Los resultados expresan lo siguiente: El tamaño de los granos varía según su disposición en la ensenada, el microscopio demostró que las partículas de arena en la zona proximal, son predominantemente arenas finas de menor tamaño comparadas con las zonas media y distal. En la zona media existe una mezcla de arenas finas con rodados de tamaño grosero, representando un aumento en la hidrodinámica costera (energía del oleaje). En la zona distal las arenas son de tamaño medio, mayor que en las zonas medias y proximales.

Los análisis de forma, demuestran que el índice de redondez aumenta desde la zona proximal a distal (de sur a norte). De manera general más del 70% de las partículas de arena de la zona proximal, evidencia poco o ningún desgaste en sus aristas, lo que puede deberse a la corta distancia recorrida por las mismas desde la fuente al sitio de depositación. Encontrándose predominantemente, granos angulares y sub-angulares. La zona media de la ensenada evidencia la disminución de los granos angulares, dando paso a granos con mayor desgaste, producto del transporte y mayor energía hidrodinámica presente. Finalmente en la zona distal, los granos presentan mayores pulimientos y desgaste, encontrando predominancia de granos sub-redondeados y redondeados.

Tabla N° 10: Análisis morfoscóptico de los sedimentos de ante-playa, alta-playa y duna anterior de la Ensenada Los Choros.

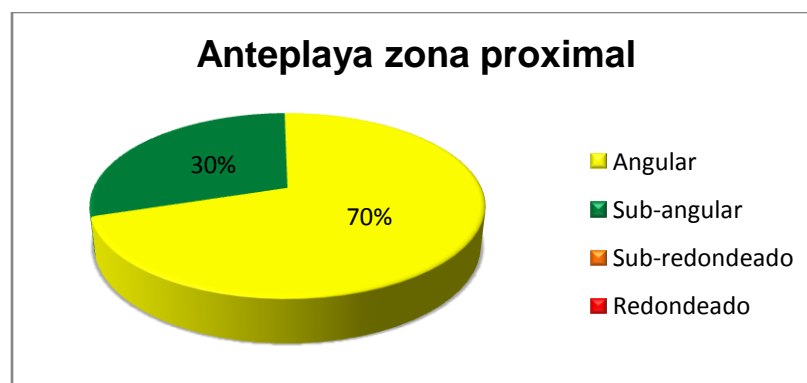
Ubicación	Zona	n° de Granos	Angular	Sub-angular	Sub-redondeados	Redondeados
Ante-playa	Proximal	179	126	53	0	0
	Media	151	50	40	35	26
	Distal	145	18	40	50	27
Alta-playa	Proximal	190	145	40	5	0
	Media	143	40	46	35	22
	Distal	154	17	20	72	45
Duna	Proximal	159	95	52	12	0
	Media	122	39	51	26	6
	Distal	104	14	21	45	24

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos analizadas en laboratorio.

8.1 ANTE-PLAYA

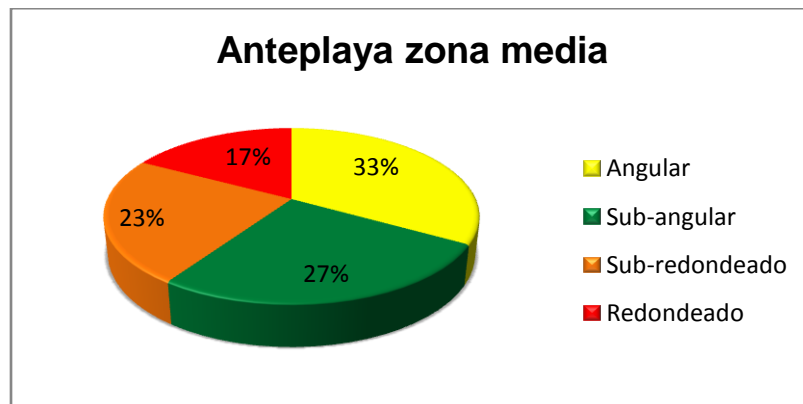
Las partículas de arenas no muestran signos de un desgaste significativo en la zona proximal de la ensenada, ya que no existe presencia de granos sub-redondeados o redondeados (Fig.34). Esto puede estar relacionado con una corta distancia recorrida por los sedimentos desde su lugar de origen. Para la zona media, aun se exhibe predominio de granos angulares, sin embargo existe un 40% de granos con señales de desgaste (Fig.35) Para la zona distal, las partículas muestran un desgaste considerable en sus aristas. El 37% de los granos analizados son sub-redondeados y el 20% totalmente redondeados. (Fig.36)

Figura 34: Índice de redondez de las partículas de arenas de anteplaya zona proximal.



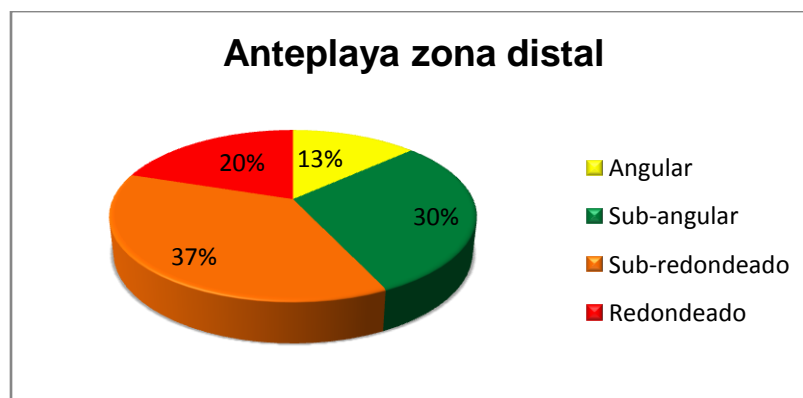
Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

Figura 35: Índice de redondez de las partículas de arenas de anteplaya zona media.



Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

Figura 36: Índice de redondez de las partículas de arenas de anteplaya zona distal.

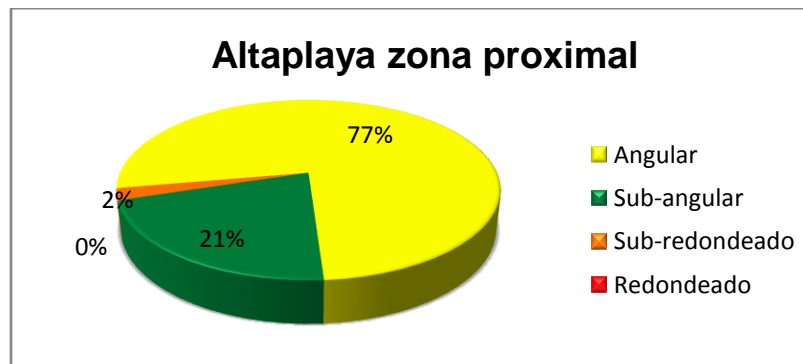


Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

8.2 ALTA-PLAYA

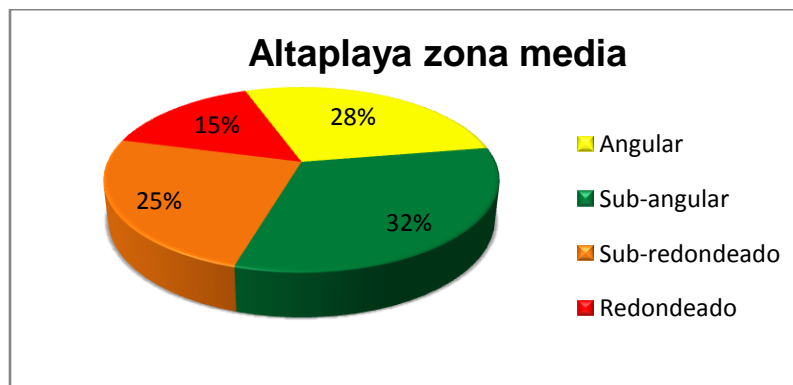
En la zona proximal de la ensenada, más del 70% de los granos de arena, no muestra indicios de desgaste alguno, presentándose formas predominantemente angulosas. (Fig. 37). La condición de los granos en la parte media, exhibe un mayor desgaste en sus aristas, con un 25% de las partículas sub-redondeadas y un 15% de ellas, redondeada. (Fig.48). En la zona distal el porcentaje de granos sin desgaste, disminuye considerablemente, predominando los granos sub-redondeados y redondeados, aproximadamente un 90 % de las partículas posee algún tipo de desgaste (Fig.39).

Figura 37: Índice de redondez de las partículas de arenas de altaplaya zona proximal.



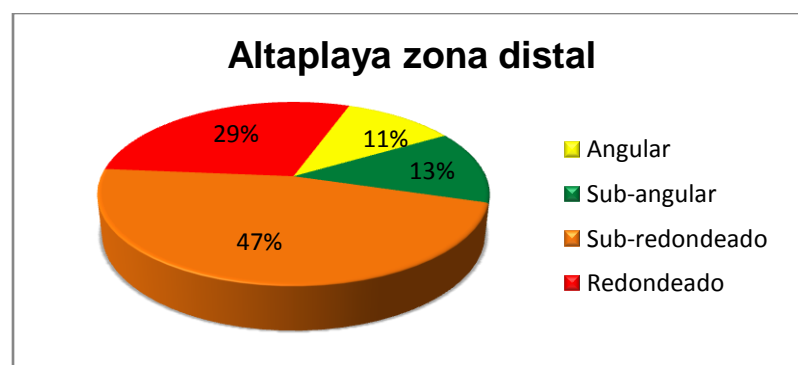
Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

Figura 38: Índice de redondez de las partículas de arenas de altaplaya zona media.



Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

Figura 39: Índice de redondez de las partículas de arenas de altaplaya zona media.

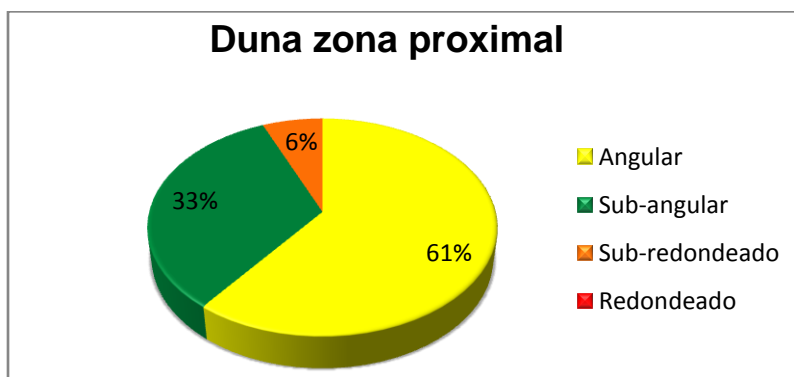


Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

8.3 DUNA

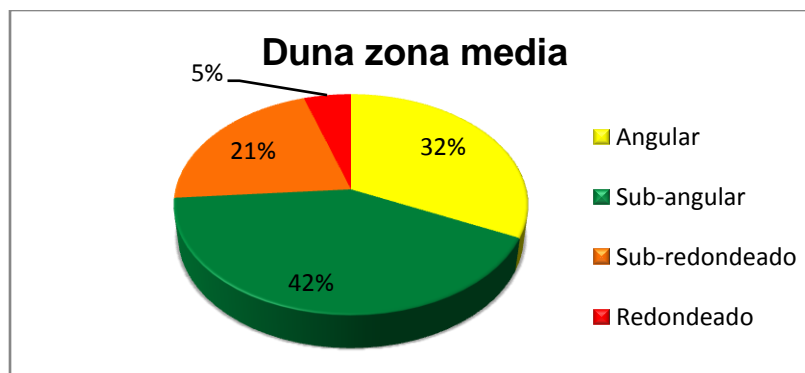
Las partículas de arenas sufren un desgaste diferencial a lo largo de la ensenada, en la zona proximal existe un predominio de los granos angulares 60% y sub-angulares 33%, lo que demuestra poco o casi ningún desgaste en sus aristas (Fig.40). En la zona media, el 42% de las partículas es sub-angular, sin embargo aparecen signos de desgaste en un 21% de granos sub-redondeados y 5 % de redondeados (Fig.41). En la zona distal se evidencia un mayor desgaste, predominando los granos sub-redondeados 43% y redondeados 23% (Fig.42).

Figura 40: Índice de las partículas de arenas de duna, zona proximal.



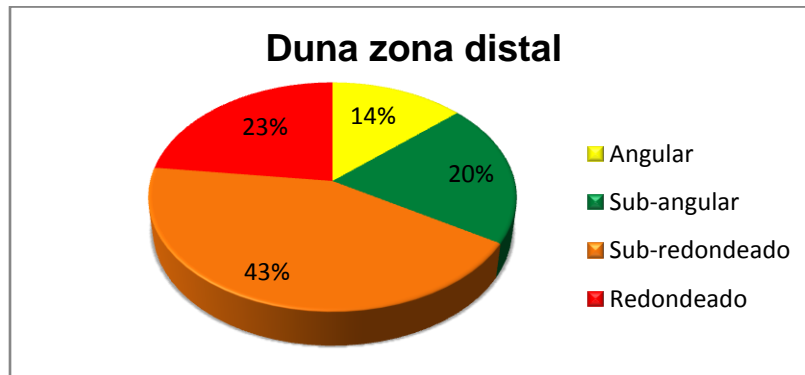
Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

Figura 41: Índice de redondez de las partículas de arenas de duna, zona media.



Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

Figura 42: Índice de redondez de las partículas de arenas de duna, zona distal.



Fuente: Elaboración propia.
(Proyecto FONDECYT 1120234).

CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

5.1 TIPO DE ZONA DE ROMPIENTE Y PERFILES DE PLAYA

Las playas poseen un gran dinamismo ya que responden fácilmente a la acción dinámica del oleaje. Es por esto que su morfología está en continuo movimiento, cambiando de forma y posición en función de los agentes externos que actúan sobre ella. Los principales agentes dinámicos que actúan en el litoral son principalmente el viento, el oleaje y las mareas. Estos suministran energía al ambiente costero que es la causante de los cambios en el perfil (GARCÍA, 2003). La orientación y forma de la ensenada exponen su línea de costa al arribo directo del oleaje incidente. De esta forma las olas pueden alcanzar la costa con gran energía, y con un alto potencial para atacar y modificar el perfil de playa.

La acción del oleaje incidente es reflejada por la zona de rompiente, siendo sus cambios una respuesta morfológica, al estado dinámico que implica el arribo constante de las olas (MUEHE, 1989 en MARTÍNEZ, 2001). Esta energía producida por la rotura de las olas es la responsable de la concentración de sedimento y el material disponible para el transporte (DEAN, 1990).

Durante el período de estudio esta zona presenta variaciones en sus anchos, pudiéndose determinar que en períodos de invierno los anchos son bastante más significativos que en los periodos de verano. Sin embargo de manera general las máximas mediciones se concentran en la zona media y distal identificándose de 5 a 6 líneas de rompiente y superando en varios puntos los 500 m de ancho.

La respuesta del perfil de playa ante la energía recibida desde la zona de rompiente, es una capacidad de la playa de ajustarse a las fuerzas a las que se ve sometida. El perfil se considera como un mecanismo natural causante de la ruptura y disipación de la energía de oleaje (GARCÍA, 2003). En playas de posición relativa transversal como lo es la ensenada de Los Choros, la energía del oleaje modifica el perfil de playa haciendo que este transfiera masa entre la playa y la zona de *surf*, formando las barras y una amplia zona de rompientes disipativas.

Los perfiles muestran características particulares en los diferentes compartimientos de la ensenada. En la zona distal por ejemplo, el ancho de playa es el mayor de toda la ensenada, asciende con una inclinación suave de manera convexa, posee características

monosecuenciales y una condición de ataque de 28, considerada de *media*. En la zona media la playa está compuesta en sus primeros metros por gravas, las que ascienden con inclinación de manera cóncava. BASCOM (1953) en GARCÍA, (2003) explica como en este tipo de playas con gravas, el retorno de la resaca es más débil generando una pendiente mayor que en playas de arena. Esto determina una zona de *surf* más estrecha, pero con el mismo poder energético, encontrándose ésta más concentrada. Esta condición genera mayores elevaciones de la berma y la susceptibilidad frente episodios de erosión, tanto para el proceso estacional como para tormentas individuales. En la zona proximal se presenta una playa de 50 m de ancho, de los cuales los 10 últimos metros corresponden a una playa de rodados. El perfil presenta características erosionales con una condición de ataque de 22, clasificada como de *media*. Los valores obtenidos concuerdan con las características hidrodinámicas que posee la zona de rompiente en este compartimiento de la ensenada.

Así la correlación entre la morfología del perfil y las condiciones hidrodinámicas, permiten determinar la influencia del oleaje sobre la forma de equilibrio del perfil, obteniendo expresiones predictivas capaces de determinar la morfología que adoptará el perfil en función de las características sedimentarias y de las condiciones de clima marítimo que afecten a la playa (BERNABEU *et al.*2001).

5.2 RELACIÓN PLAYA ARENOSA Y DUNA ANTERIOR

Las playas son un medio sedimentario controlado por la dinámica marina, pero condicionadas también por la acción de los ríos y el viento. El principal aporte continental de materiales hacia la costa se debe a las desembocaduras fluviales, mientras que la acción del viento da lugar a la presencia de dunas costeras formadas por el suministro de sedimentos desde las playas. El flujo recíproco de materiales entre las playas y dunas permite afirmar que forman parte de un mismo sistema sedimentario, y de este modo, su evolución está ligada (ALCÁNTARA-CARRIÓ et al.2005) En otras palabras la acumulación de sedimentos en la playa, condiciona la disponibilidad para los ambientes eólicos contiguos (FAVENNEC, 1997).

El cordón de playa de Los Choros mide 16 km de longitud y 57 m de ancho promedio. Su extensión indica el transporte y deposición de grandes cantidades de material sedimentario. A lo largo de la ensenada existe variación en los anchos de playa y duna anterior. Estas variaciones reflejan las diferencias en la dinámica del oleaje, el balance sedimentario y los procesos de deposición a lo largo de la ensenada. Los datos obtenidos muestran una relación entre las mayores extensiones de playa arenosa y un mayor desarrollo del cordón de dunas anteriores. La única zona que muestra una relación inversa es la correspondiente a la quebrada Los Choros, aquí la playa se ensancha y las dunas anteriores desaparecen, pero aquello es producto netamente de la intervención de la quebrada y las aéreas de inundación de los dos humedales existentes, los que impiden la formación y desarrollo de estas acumulaciones eólicas.

Conocer el balance sedimentario de una playa es fundamental desde el punto de vista del desarrollo de los sistemas dunares costeros, puesto que permiten determinar si el sistema es regresivo, está en equilibrio o es progradante. En el primer caso, el sistema dunar se verá sometido a retroceso, con una erosión progresiva de la duna anterior durante los temporales y mareas vivas, la cual no será recuperada en los períodos de buen tiempo. La duna anterior mostrará, de esta manera, fuertes pendientes del lado del mar, con derrumbes frecuentes, apareciendo en el pie de la misma, restos de vegetación arrancadas de la duna. En el segundo caso, se mantendrá una playa seca con un transporte eólico hacia las dunas, compensado por períodos de erosión en tormentas y bravezas. El desarrollo de una duna anterior con dunas embrionarias durante el período estival, suele ser destruida durante los eventos climáticos u oceanográficos erosivos. Finalmente, en el caso de balance sedimentario positivo, la continua aportación de sedimento a la playa seca combinado con el transporte eólico en la misma, va produciendo cordones paralelos de antedunas a medida que una nueva anteduna se añade del lado del mar (GALLEGO et al. 2007).

De esta manera se genera un modelo proceso-respuesta entre los sistemas playa-duna, que evolucionan mutuamente ajustados mediante el intercambio de sedimentos (SHERMAN Y BAUER 1993), en donde la playa es suministradora del campo dunar adyacente a través de la disponibilidad de un volumen excedentario arenoso y la duna se constituye en la reserva que la playa almacena para su supervivencia futura ante un cambio en sentido contrario, predominantemente erosivo (GALLEGO et al. 2007).

Las investigaciones de autores como PSUTY (1988), DAVIDSON-ARNOTT & LAW (1996) aplican conceptos de cambios en el balance de sedimentos de una playa, que interfieren en los balances de sedimentos de la duna anterior. En sus experiencias evidenciaron como a lo largo de varios kilómetros de playa se pueden identificar asociaciones espaciales y temporales de transferencias de masa a la duna anterior. Estas asociaciones quedan en evidencia al comparar las dimensiones de la playa y las dunas anteriores en los diferentes compartimientos de la ensenada. Durante el periodo de estudio la zona distal concentra los mayores anchos de playa alcanzando los 78 m y también los mayores anchos de duna anterior logrando un desarrollo de 345 m hacia el continente. En la zona media los datos muestran una disminución de los anchos de playa y duna anterior, lo cual se explica a través de la dinámica del oleaje, que es considerablemente mayor que en otros compartimientos de playa. Existe una tendencia hacia las formas erosionales del perfil de playa, disminuyendo sus anchos y aumentando su pendiente. Estas características morfodinámicas de las playas, el carácter disipativo, también condiciona el flujo eólico (SHORT y HESP, 1982) y en consecuencia la morfología de las formas dunares (HESP, 1988). PSUTY (1988) subrayó como estos procesos modelan las dimensiones de la playa y también afectan directamente la duna anterior, ya sea por remoción de sedimentos o por proporcionar sedimentos para ser transferidos a la duna anterior. La ensenada responde morfológicamente a los procesos ambientales a los que se encuentra expuesta.

En algunos puntos de la zona proximal se identifica un importante desarrollo tanto de la playa arenosa como de la duna anterior, estas pueden alcanzar los 270 m de ancho y la mayor altura de la ensenada, 19 m.s.n.m. En esta zona las dunas tienen evidencia de destrucción en el primer cordón por efecto del oleaje. BRAUN (1962) y KOMAR (1976) afirman que los ambientes eólicos también actúan como despensa sedimentaria de las playas.

5.3 ORIENTACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y EL APORTE SEDIMENTARIO

La ensenada de Los Choros posee características estructurales que orientan su línea de costa de forma NW-SE, encontrándose desalineada con respecto a sus litorales vecinos. En costas de posición relativa transversal, existe una marcada tendencia a la concentración de energía del oleaje y marcada tendencia erosiva, habiendo mayor probabilidad de depositación de sedimentos, dado que se encuentra posicionada de forma directa al oleaje incidente SOTO (1987, 2005). En concordancia FUENZALIDA (1956) determina como la posición relativa de la línea de costa y la forma de la bahía son factores de suma importancia en el abastecimiento sedimentario y el desarrollo de sistemas dunares.

Las fuentes de alimentación de masa hacia la costa consisten fundamentalmente, en ríos y cauces que en él desemboquen. Esto implica que la evolución de las costas arenosas está influenciada por la dinámica fluvial del entorno; se identifican tres posibles fuentes de abastecimiento de la ensenada, cuenca de la Quebrada Los Choros, Quebrada Hornos y cuenca del río Elqui.

Según KING (1972) la fuente del material y los procesos de depositación afectan la distribución del tamaño de los granos. Los depósitos de playa de la ensenada Los Choros, se encuentran bajo la influencia de varios procesos de transporte que actúan simultáneamente, los que determinan variaciones espaciales del sedimento, tanto longitudinal como transversalmente. Esta información es muchas veces difícil de interpretar de manera cualitativa, sin embargo los parámetros estadísticos permiten comprender los cambios en tamaño, selección y distribución de los sedimentos en los distintos compartimientos de playa.

De manera general, el cordón de playa está constituido predominantemente por arenas de tamaño fino y medio, según la escala de WENTWORTH (1922). Las variaciones longitudinales en el tamaño de los granos están relacionadas principalmente con los cambios en la energía del oleaje a lo largo de la playa. Los granos finos se ubican en la zona proximal de la ensenada y el material de mayor tamaño está asociado a zonas de mayor energía, correspondiente a la zona media y distal de la ensenada. Las diferencias en el perfil transversal se relacionan habitualmente con el concepto de perfil en equilibrio, el cual indica que cada grano del sedimento de un determinado tamaño tiende a moverse a través del perfil hasta una posición en la cual está en equilibrio con el oleaje y los flujos que actúan en este punto. Es así como los granos de arenas de ante-playa se encuentran en intervalos menores en relación con los granos de alta-playa.

En general los depósitos de arena de la ensenada están entre los rangos muy bien seleccionados a moderadamente seleccionados; la mejor selección se localiza en la zona proximal de la ensenada y las mayores diferencias se encuentran en la zona media en donde se identifica una mezcla de arenas y rodados de tamaño grosero.

La orientación y forma de la línea de costa no solo afecta la manera en que el oleaje incidente arriba hacia litoral. La dirección e intensidad del viento en relación con la orientación del límite playa- duna generará importantes unidades geomorfológicas a partir del sedimento disponible en la playa (GALLEGOS *et al.* 2007). De esta forma la orientación se convierte en un factor fundamental en el balance de masa interno y externo de las dunas litorales ARAYA-VERGARA (1986, 1996).

En la ensenada se distinguen dunas activas e inactivas, estas últimas son formas heredadas y han sido datadas del Pleistoceno-Holoceno (CEIXELL *et al.*, 2012), estas se encuentran vegetadas y no se distinguen formas particulares (SOTO, 2014). Las formas activas están representadas por *nebkas*, dunas anteriores alargadas, dunas transgresivas y parabólicas, todas pertenecientes al *continuum* de las dunas anteriores. Además se distinguen dos grandes lenguas activas en los extremos de la ensenada. La familia perteneciente al *continuum* de los barjanes ubicada en la lengua sur de la ensenada y las dunas parabólicas derivadas de la formación de *blowout* en el extremo norte de la ensenada.

La fuente fundamental de la arena de dunas costeras es el sedimento arenoso transportado por el oleaje hacia la playa, el cual está íntimamente relacionado con el balance sedimentario de la misma. (GALLEGO *et al.* 2007). Este sedimento es el que abastece actualmente a las distintas familias de dunas presentes en la Ensenada.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que uno de los factores relevantes en la dinámica costera de la ensenada Los Choros, es la configuración de su línea de costa, de orientación transversal en las distintas zonas de la ensenada, lo que hace que el oleaje y el viento predominante del SW arriben de manera perpendicular a la costa. Asociada a estas características estructurales se suma una playa predominantemente disipativa con alta energía del oleaje, a las que se asocian morfologías particulares en los perfiles de playa características de la condición dinámica del litoral, como son los permanente *beach cups* y microacantilados de playa y dunas a lo largo de la ensenada.

La combinación de estas características estructurales y oceanográficas asociado a su posición distal en la mega ensenada de Coquimbo, determinan un importante abastecimiento sedimentario de mar de fondo de materiales provenientes de la descarga de los ríos y la erosión diferencial de la línea de costa. Las mayores acumulaciones de los depósitos de playa y duna están localizadas en la zona distal de la ensenada, encontrándose una estrecha relación de equilibrio entre ambas variables, en donde el suministro de arena de playa se torna fundamental en la construcción y mantención de las dunas anteriores.

El 80% de los materiales que componen los depósitos son de origen terrígeno y estos están compuestos por arenas de grano fino a medio demostrando diferentes niveles de energía del oleaje a lo largo de la ensenada.

La consistencia estadística de las variables analizadas, como playa arenosa y duna anterior es alta y positiva en el tiempo. Estas se encuentran determinadas por el tipo de rompiente, presentando así un comportamiento regular durante el periodo de estudio.

Se concluye a través de la presente investigación que el sistema de dunas de Los Choros y amplio cordón de las dunas anteriores, se encuentra en actividad progresiva, recibiendo un importante abastecimiento sedimentario cuya respuesta morfológica se expresa a través del cordón de dunas activas y las extensas lenguas progresivas del extremo norte y sur de la ensenada. A pesar de las formas erosivas presentes en la ensenada producto de su alta condición de ataque y del oleaje disipativo de alta energía, se establece que el abastecimiento de arenas supera la capacidad erosiva del oleaje, encontrándose formas pertenecientes al continuum de las dunas anteriores y de la familia de los barjanas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCÁNTARA-CARRIÓ, J; COSTAS, S; DELGADO, I; ALEJO, I; ALONSO, I; & L. HERNÁNDEZ. (2005). Factores que controlan la interacción sedimentaria en el sistema duna-playa. pp.3 -7
- ANDRADE, F. & FERREIRA, M.A. (2006). A simple method of measuring beach profiles. *Journal of Coastal Research*. 22(4), 995-999. West Palm Beach (Florida).
- ARAYA - VERGARA, J. F. (1969) Morfometría de la curvatura de las playas entre Punta de Talca y Punta Toro (Chile Central). *Revista Informaciones Geográficas*. Universidad de Chile. pp.5.30.
- ARAYA - VERGARA, J. F. (1982). Análisis de la localización de los procesos y formas predominantes de la línea litoral de Chile: Observación Preliminar. *Revista Informaciones Geográficas*. N°29. Universidad de Chile. pp. 35-56.
- ARAYA - VERGARA, J. F. (1983). Influencias Morfogenéticas de los Desalineamientos y líneas de costa contrapuestas en el litoral de Chile central. *Revista Informaciones Geográficas*. N°30. Universidad de Chile. pp. 3-23.
- ARAYA - VERGARA, J.F. (1986). Toward a classification of beach profiles. *Journal of Coastal Research*. 2(2): pp.159-165.
- ARAYA - VERGARA, J.F. (1987). The evolution of modern coastal dune systems in Central Chile. In: Gardiner V. (Ed.): *International Geomorphology 1986 Part II*. J.Wiley& Sons Ltd., Chichester: pp.1231-1239.
- ARAYA - VERGARA, J.F. (1996) Sistema de interacción oleaje-playa frente a los ergs de Chancoy Arauco, Chile. *GayanaOceanol.*, 4 (2): pp. 159-167.
- AQUEVEQUE, C. (2008). Análisis de suelos desarrollados en dunas litorales antiguas de Chile Central, sistemas el Yali, Putú. Memoria para optar al título de Geógrafo. pp.15.
- BERNABEU A.M., MEDINA R. & C. VIDAL. (2001). Estudio morfológico del perfil de playa: modelo de perfil de equilibrio en dos tramos. *Rev.Soc.Geol.España* 14 (3-4) pp. 235.

- BERNABEU A.M., MEDINA R. & C. VIDAL. (2002). Efecto de la reflexión sobre la forma de equilibrio del perfil de playa: validación para la costa de la península Ibérica. *Rev. C. & G.*, 16-(1-4), pp.83-95.
- BIRD, E. (1930). *Coastal geomorphology: an introduction* /Eric Bird. Second edition p. cm. pp.247-258.
- BIRD, E. (1996). *Beach Management*. John Wiley & Sons, Chichester. pp281.
- CARTER, R.; HESP, P. & NORDSTROM, K. (1990). Erosional landforms in coastal dunes. In: Nordstrom, K.; Psuty, N. and R. Carter (Eds.), *Coastal Dunes: Form and Process*, chapter 11, pp 217-250.
- BRUUN, P. (1962). Sea-level rise as a cause of shore erosion. *American Society of Civil Engineers Proceedings, Journal Waterways and Harbor Division*, 88: 117-130.
- CARTER, R. (1993). *Coastal environments*.
- CASTRO, C. (1985). Reseña del estado actual de conocimiento de las dunas litorales en Chile. *Rev. Geogr. de Chile Terra Australis* 28:pp.13-32.
- CASTRO, C. & MORALES, E. (2006). *La Zona Costera. Medio Natural y Ordenación Integrada*. Instituto de Geografía (PUC)- Serie Geolibros.
- CEPAL, (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. División de recursos naturales. Pp.63
- CERC, (1984). *Coastal Engineering Research center. Shore Protection Manual*. V. 1, pp. 2.1-2.59.
- CONAF, (2002). *Libro Rojo de la Flora Nativa y de Los Sitios Prioritarios para su Conservación*. Región de Coquimbo.
- CREIXELL, T., ORTIZ, L. & C. ARÉVALO. (2012) *Geología del área Carrizalillo. El Tofo*. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico, N° 133 y 134, mapa escala 1:100.000, Santiago.

- CHRISTOFOLETTI, A. & GONGALVES, A. (1980). Estudio comparativo de las variables de la morfometría planimétrica de las playas del litoral paulista, pp 1-6
- DAVIDSON-ARNOTT, R. G. D. & LAW, M. N. (1996). Measurement and prediction of long-term sediment supply to coastal foredunes. *Journal of Coastal Research*, 12, 654-663.
- DEAN, R.G. (1990). Equilibrium Beach profiles: Characteristics and Applications. *Journal of Coastal Research* 7, pp. 53-84.
- DEAN, R. & DALYRMPLE. (2004). *Coastal Processes*. Cambridge Univ. Press. pp.475.
- DE MENEZES, J & KLEIN, A. (2000). Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. *Journal of coastal Research*, Vol. 16 (4): pp. 812.
- DTS (2008). Desarrollo turístico sostenible. Estudio básico diagnóstico y plan de desarrollo turístico, comuna de la higuera.
- EMERY, K. (1961). A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, V. 6: pp.90-93.
- FAVENNEC, J. 1997. Gestion conservatoire des dunes littorales non boisées. En: J. Favennec y P. Barrere (Eds.) Biodiversité et protection dunaire. Paris: Office Nationale des Forêts, pp. 165-171
- FLOR. 1990. Tipología de dunas eólicas. procesos de erosión- sedimentación costera y evolución litoral de la provincia de Huelva (golfo de Cádiz occidental, sur de España). pp .100
- FOLK, R. L., (1968), *Petrology of Sedimentary Rocks*: Austin, University of Texas Publication. pp. 170.
- FOLK, R.L. (1980). *Petrography of sedimentary rocks*. Austin, Texas. Hemphills. pp. 170.
- FOLK, R. L. & WARD, W.C. (1957). Brazos Rivers bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour.sediment.petro.* v.27, pp.3-27.
- GAJARDO, R. 1994. *La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica*. Ed.Universitaria.

- GALVIN, C. J. (1968). Breaker type classification of three laboratory beaches; *Journal Geophysical Research* .vol. 73, n° 12, pp. 3651 a 3659.
- GALLEGO, J. LEY VEGA, C.; & VIDAL, C. (2007). Manual de restauración de dunas costeras. Procesos físicos, pp. 36.
- GARCÍA, S. (2003). Predicción e lo cambios en el perfil de playa mediante parámetros simples. Universitat poltecnica de catalunya Minor thesis, pp3.
- 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.
- HESP, P.A., (1988). Surfzone, beach and foredune interactions on the Australian southeast coast. In: Psuty, N.P. (Ed.), *Journal of Coastal Research Special Issue*, vol. 3. C.E.R.F., Florida, pp. 15– 25.
- HESP, P. A. (1999). The beach backshore and beyond. In: Short, A.D. (Ed.), *Handbook of Beach and ShorefaceMorphodynamics*. Wiley, London, pp. 145– 170.
- HESP, P. (2002). Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics.In: *Geomorphology* 48 (2002) pp.245–268.
- HOLMES, A & D. HOLMES. (1987). *Geología Física*. Ed. Omega, S.A. Barcelona, pp.341.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MLITAR, (1984). *Geografía de Chile*. Hidrografía. Santiago.
- KOMAR, P.D. (1976). *Beach processes and sedimentation*. New Jersey: Prentice-Hall, 429 pp.
- KOMAR, P. (1998). *Beach Processes and Sedimentation*. Second Edition. Prentice Hall Inc., New Jersey-USA. pp.544.
- MARTINEZ, C. (2001). El efecto de ensenada en los procesos litorales de las ensenadas de Valparaíso, Algarrobo y Cartagena, Chile Central .Tesis (magister en geografía)--Universidad de Chile: p. 148-152.

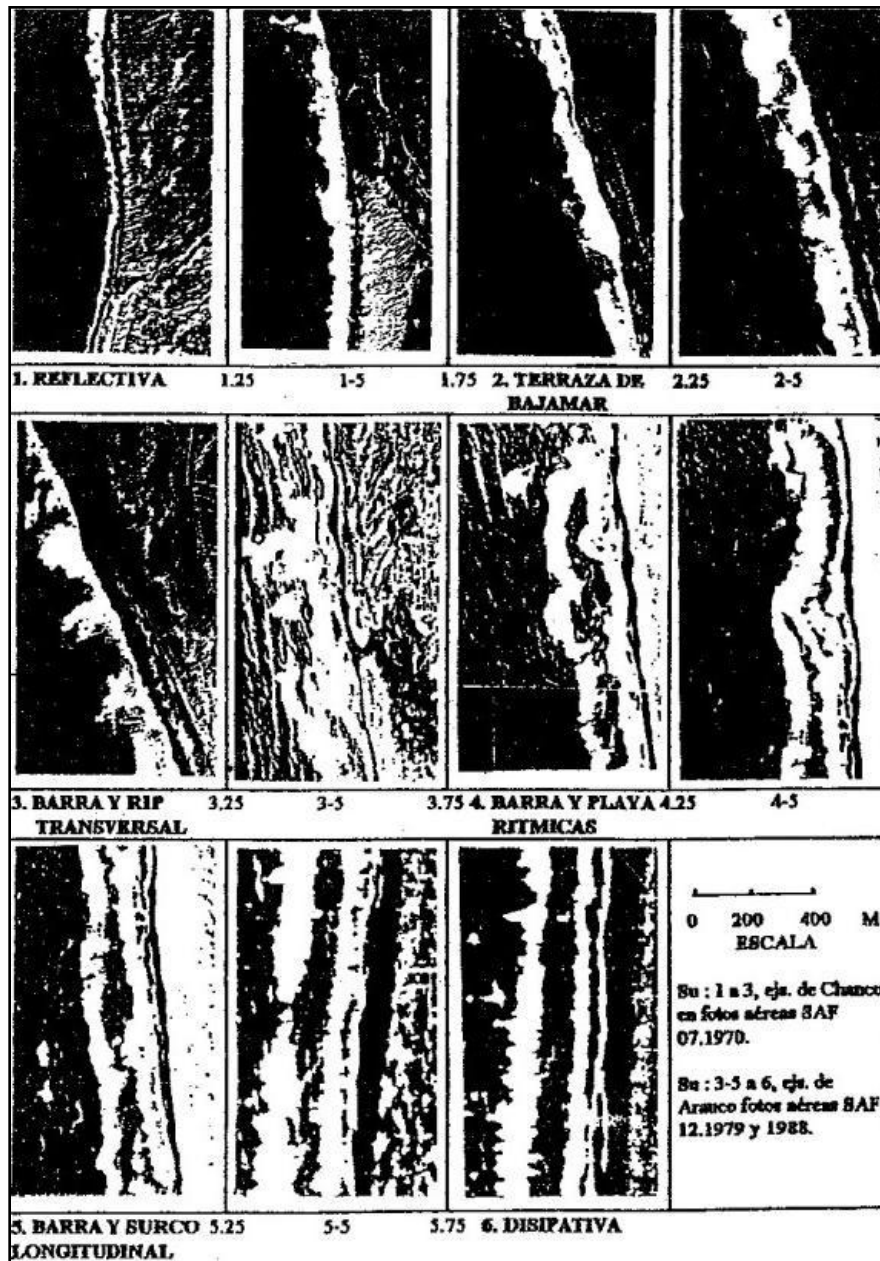
- MCLACHLAN, A. (1980). The definition of sandy beaches in relation to exposure: a simple rating system. *S. Afr. J. Sci.* 76: pp.137-138.
- MORENO - CASASOLA, P. (1982) Ecología de la vegetación de dunas costeras: factores físicos *Biótica* 7 .pp.577-602.
- MOSCOSO, R. NASI, C. & SALINAS, P.(1982). Hoja de Vallenar y parte norte de La Serena. Escala 1:250.000.
- NEVES, M. M. (2008) .Classificação e Caracterização dos Tipos de Orla do Município de Cabedelo-PB. In: *Anais do II SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA DO NORDESTE:sustentabilidade e meio ambiente no nordeste brasileiro.* João Pessoa-PB.pp.13-15.
- NOVOA, J. LÓPEZ, D. (2001). Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2001) 2: 13 – 28.
- PASKOFF, R. (1983). La erosión de las playas. *Revista geográfica de Valparaíso.* 14:pp.31-40.
- PASKOFF, R. (2005). Faulted Coasts. In: Schwartz, M. [ed.] *Encyclopedia of Coastal Science.* Encyclopedia of Earth Science Series. Springer: 463-466.
- POWERS, C. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles, *Journal of Sedimentary Petrology*, no. 23, pp. 117-119.
- PSUTY, N.P. (Ed), 1988. Dune/Beach Interaction. *J. Coastal Res. Special Issue N° 3*, 1-136. CERF, Charlottesville, Virginia.
- PYE, K. & TSOAR, H. (1990). *Aeolian Sand and Sand Dunes*, Unwin Hyman, London.
- REINECK, H. & I. SINGH. (1986). *Depositional Sedimentary Environment.* Springer-Verlag, pp.551.
- SÁNCHEZ -ARCILLA, A. & JIMÉNEZ, J. (1994). Ingeniería de playas (I): conceptos de morfología costera. *Rev. Ingeniería del Agua*, (1)2: pp.97-114.
- SHEPARD, F. & E. LAFONDA. (1940). Sand movement along the Scripps Institution Pier. *American Journal of Science*, 238:pp. 272-284.

- SHERMAN, D.J. & BAUER, B.O. 1993. Dynamics of beach dune systems. *Progress in Physical Geography* 17:413-447.
- SHORT, A. & P. HESP. (1982). Wave, beach and dune interactions in Southeastern Australia. *Marine Geology*, 48:pp.259-284.
- SHORT, A. (1984). Beach and Nearshore Facies: Southeast Australia. *Marine Geology*, 60: pp.261-282.
- SHORT, A. (1987). A note on the control of beach type and change, with S.E. Australian Examples. *Journal of Coastal Research* 3 (3): pp.387-395
- SHORT, A. (1999a). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Ed. Andrew Short, Wiley.
- SHORT, A. 1999. Wave-Dominated Beaches. In: Short, A. [ed.] *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*
- SOTO, M. (2005). Aspectos morfo dinámicos de ensenadas desalineadas Del litoral de Chile central, Pichilemu y Caleta Los Piures. *Revista de Geografía Norte Grande*, N° 33: pp73-87. Santiago.
- SOTO M. & J. ARRIAGADA. (2007). Características dinámicas de ensenadas estructurales de Chile central. Maitencillo-Cachagua y Papudo, Región de Valparaíso. *Rev. Geogr. Norte Grande* 38:99-112.
- SONU, C. & J. VAN BEEK. (1971). Systematic beach changes on the Outer Banks, North Carolina. *Journal of Geology*, 79:pp. 416-425.
- SONU, C. (1972). Field observation of nearshore circulation and meandering currents. *Journal of Geophysical Research*, 77: pp.3232-3247.
- SONU, C. (1973). Three dimensional beach changes. *Journal of Geology*, 81: pp.42-64.
- TWENHOFEL, W. & S. TYLER (1941), *Methods of study of sediments*, McGraw Hill Book Company, New York, pp. 182-183.
- VELOSO, B. (2005). Estructura y dinámica del sistema dunar de Longotoma. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Santiago.pp.25.

- VERSTAPPEN, H. (1972). On dune types, families and sequences in areas of unidirectional winds. Hans Poser Festschrift, Göttinger Geogr. Abh, 60: 341-353.
- VILLAGRAN, C. (2007). Dinámica costera en el sistema de bahías comprendidas entre Ensenada Los Choros y Bahía Tongoy, Región de Coquimbo. Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile.
- WENTWORTH, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. J. Geol., 30: pp.377-392.
- WONG, P.P., (1978). The herbaceous formation and its geomorphic role, East Coast, Peninsula Malaysia. Malayan Nature Journal 32, pp. 129– 141.
- WRIGHT, L.; CHAPPELL, J.; THOM, B.; BRADSHAW, M. & COWELL, P. (1979). Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. Mar. Geol., 32: pp.105-140.
- WRIGHT, L. & A. SHORT. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Mar. Geol., 56: pp.93-118.
- ZEKOVICH, V.P. (1967). Processes of Coastal Development. Oliver and Boyd, London pp.738.

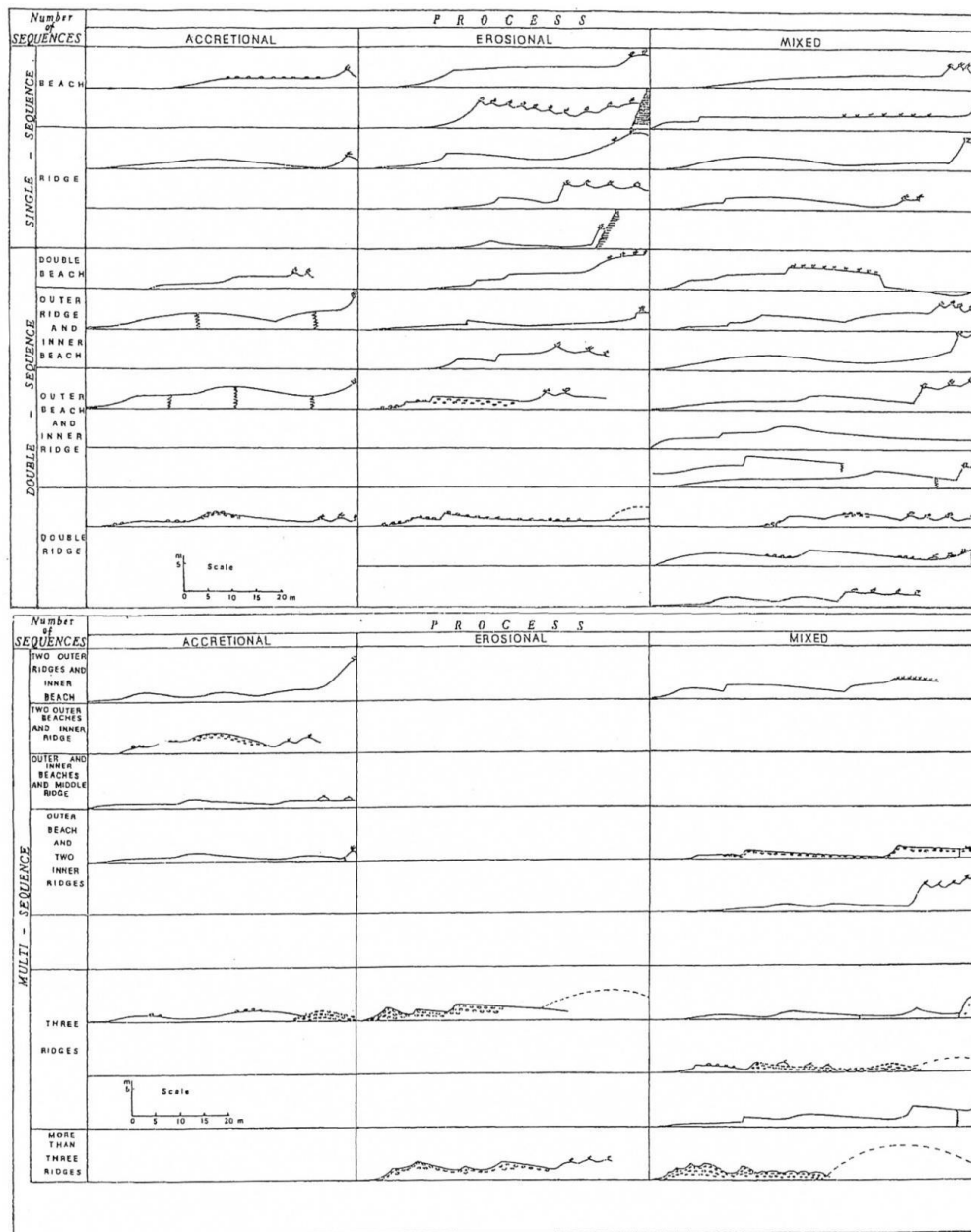
ANEXOS

Anexo. 1 Guía para la fotointerpretación de tipos de zona de rompiente.



Fuente: ARAYA-VERGARA (1986).

Anexo 2. Clasificación de perfiles de playa.



Fuente: ARAYA- VERGARA(1986).

Anexo 3. Efervescencia de la muestra de arena al reaccionar con ácido clorhídrico al 10% de concentración.



Fuente: Proyecto FONDECYT 1120234.

Anexo 4. Balanza de precisión con 50 gramos de muestra



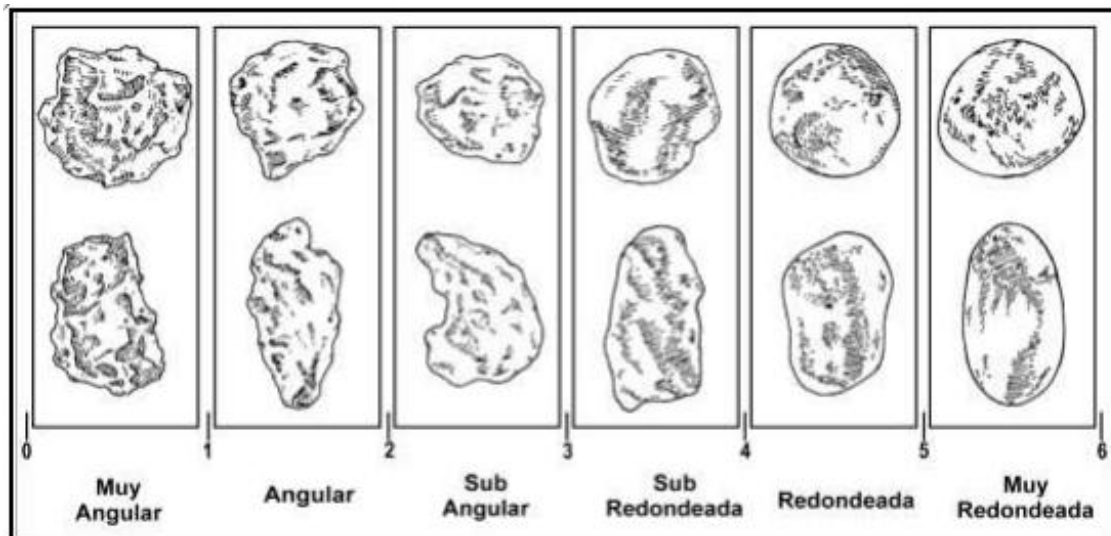
Fuente: Proyecto FONDECYT 1120234.

Anexo 5. Tamizadora



Fuente: Proyecto FONDECYT 1120234.

Anexo 6. Formas de granos de arena



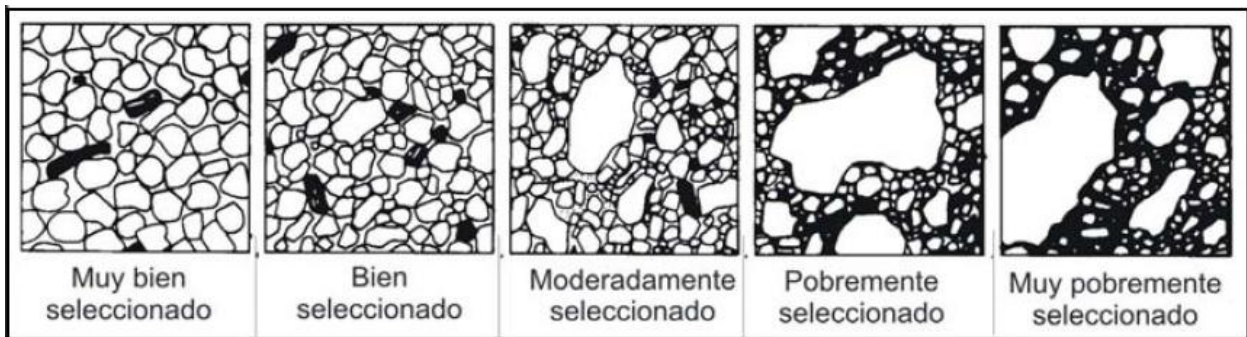
Fuente: POWERS (1953), modificado en STEFAN,C., 2007-2011. World atlas of sands ARAYA VERGARA s/f.

Anexo 7. Clasificación granulométrica de las rocas clásticas.

		mm	ϕ
		↑	↑
PSEFITAS	Aglomerado	— 1024 —	-10
		— 512 —	-9
	— 256 —	-8	
	Grava	Gruesa — 128 —	-7
		— 64 —	-6
		Mediana — 32 —	-5
	Sábulo	— 16 —	-4
Fina — 8 —		-3	
	— 4 —	-2	
PSAMITAS	Muy Gruesa	— 2 —	-1
		— 1 —	0
	Arena	Gruesa — 0,5 —	1
		Mediana — 0,25 —	2
		Fina — 0,125 —	3
		Muy Fina — 0,062 —	4
PELITAS	Limo	Grueso — 0,031 —	5
		Fino — 0,015 —	6
	Arcilla	— 0,0078 —	7
		— 0,0039 —	8
	— 0,0020 —	9	
		↓	↓

Fuente: UDDEN-WENTWORT, (1922)

Anexo 8. Visualización de la selección granulométrica, Imágenes de selección de areniscas.



Fuente: COMPTON (1962).