



DINÁMICA COSTERA Y ANÁLISIS DEL RIESGO
GEOLÓGICO ASOCIADO EN LA DESEMBOCADURA
DEL RÍO NEGRO, PROVINCIAS DE BUENOS AIRES Y
RÍO NEGRO



Trabajo Final de Licenciatura
Iván Pablo Vergara Dal Pont
Director: Alberto Tomás Caselli
2015

ÍNDICE

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivos	6
1.2 Ubicación del área de estudio	6
1.3 Población y economía local	8
1.4 Metodología empleada	9
2. ANTECEDENTES	11
3. MARCO GEOLÓGICO	14
3.1 Síntesis estratigráfica	14
3.1.1 Formación Río Negro	14
3.1.2 Formación Tehuelche	15
3.1.3 Formación San Antonio	15
3.1.4 Sedimentos actuales	16
4. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO	17
4.1 Clima	17
4.2 Oleaje y deriva litoral asociada	17
4.3 Marea	17
4.4 Cambio absoluto del nivel del mar	18
4.5 Características Generales del río Negro	18
4.5.1 Geomorfología fluvial del curso inferior	
4.5.2 Caudal líquido y sólido	

5.	ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO	23
5.1	Ambiente costero	23
5.2	Geomorfología	24
5.2.1	Geoformas continentales	
5.2.2	Geoformas costeras	
5.2.3	Geoformas eólicas	
5.2.4	Geoformas fluviales	
6.	GEOMORFOLOGÍA EVOLUTIVA	34
6.1	Acantilados rionegrinos	36
6.1.1	Características litológicas y geotécnicas	
6.1.2	Factores del retroceso	
6.1.3	Mecanismos de retroceso	
6.1.4	Velocidades de retroceso	
6.2	Evolución de la costa	41
6.2.1	Costa bonaerense	
6.2.2	Costa rionegrina	
6.3	Campo de dunas	57
7.	MORFOMETRÍA DE PLAYAS	59
7.1	Descripción de los perfiles de playa	60
7.2	Variaciones del ancho de la playa supramareal en el tiempo	65
8.	ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS	68
8.1	Caracterización estadística de los subambientes sedimentarios	76
8.2	Confrontación de los subambientes sedimentarios	79

9. MODELO CONCEPTUAL SOBRE LA DINÁMICA COSTERA EN BALNEARIO EL CÓNDOR	80
9.1 Costa acantilada	80
9.2 Playa rionegrina	80
9.3 Bancos de la desembocadura y playa bonaerense	81
10. IMPACTOS ANTRÓPICOS	86
10.1 Acantilados rionegrinos	86
10.2 Balneario El Cóndor	87
10.3 Desembocadura del río Negro	88
10.4 Poblado en costa bonaerense	89
11. RIESGO GEOLÓGICO	90
11.1 Costa acantilada	90
11.2 Balneario El Cóndor	92
11.3 Villa 7 de Marzo	93
12. CONCLUSIONES	95
13. BIBLIOGRAFÍA	98

1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Final de Licenciatura se desarrolla en el área costera de la desembocadura del río Negro.

La realización de este Trabajo Final nace del pedido de asesoramiento de la Municipalidad de Viedma a la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) para entender la dinámica costera en Balneario El Cóndor y realizar el ordenamiento territorial para un mejor uso del suelo.

El pedido de asesoramiento debe su origen a eventos de sudestada y de mareas extraordinarias acaecidos en diciembre de 2013 y enero 2014, los cuales destruyeron obras en el poblado ocasionando grandes pérdidas económicas al municipio de Viedma (Fig. 1.1).



Figura 1.1: Fotografía tomada después de ambos eventos de sudestada, donde se puede advertir como el oleaje destruyó la defensa costera.

1.1 Objetivos

Considerando los párrafos previos, este Trabajo Final se plantea como objetivo la comprensión de la dinámica costera actual y su evolución en Balneario El Cóndor, con el fin de poder proponer medidas estructurales y no estructurales adecuadas que reduzcan el riesgo geológico existente.

La zona estudiada presenta un alto grado de complejidad debido a que interaccionan procesos atmosféricos (viento, precipitaciones), marinos (oleaje, mareas) y fluviales por la desembocadura del río Negro. Estos fenómenos se ven a su vez afectados por factores naturales y antrópicos como: variabilidad climática, ascenso del nivel del mar, construcción de poblados, bajadas y rutas, cambios en el régimen sólido y líquido del río por la construcción de represas en sus afluentes (ríos Neuquén y Limay), entre otros.

Por lo tanto, es necesario un estudio integral de la dinámica costera para determinar el modo de evolución costera y, a partir de la comprensión del comportamiento de estos sistemas, plantear una solución a la problemáticas identificadas.

1.2 Ubicación del área de estudio

La zona estudiada en el presente Trabajo se encuentra en el noroeste de la provincia de Río Negro y en el sur de la provincia de Buenos Aires, perteneciendo a los partidos de Patagones y Viedma, respectivamente (Fig. 1.2). En particular se encuentra entre los paralelos $41^{\circ}3'48''\text{S}$ - $40^{\circ}59'53''\text{S}$ y los meridianos $62^{\circ}51'4''\text{O}$ - $62^{\circ}42'58''\text{O}$ abarcando 12,5 km de costa, incluyendo la totalidad de la desembocadura del río Negro (Fig. 1.3).

El pueblo rionegrino Balneario El Cóndor, el cual está dentro del área estudiada, se halla a 30 km al SSE de la ciudad de Viedma y se conecta con ella a través de la Ruta Provincial N° 1 que recorre la costa rionegrina hasta la ciudad de San Antonio Este (Fig. 1.2). En la ribera bonaerense en cambio existe una pequeña localidad de aproximadamente treinta casas llamada Villa 7 de Marzo.

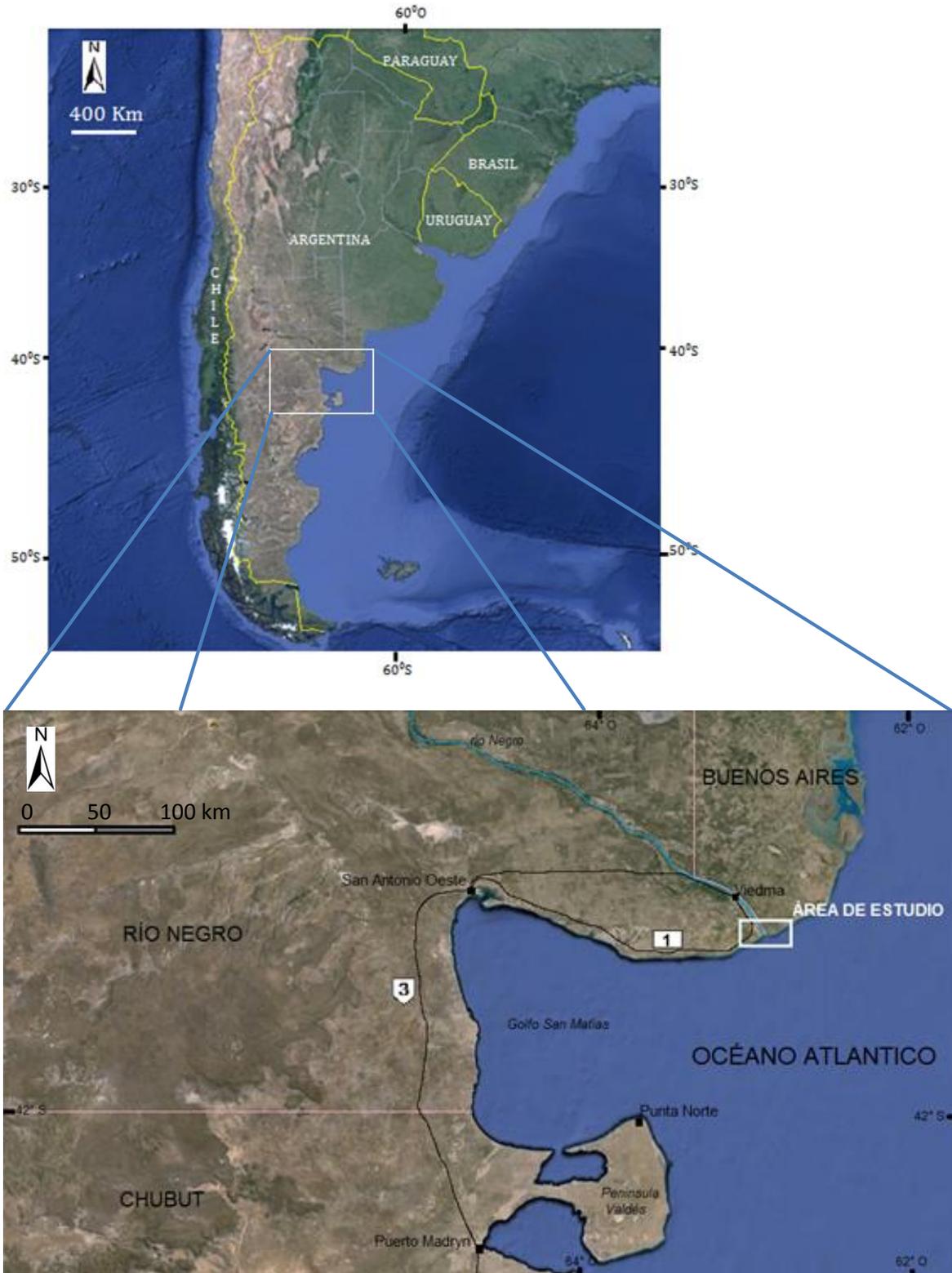


Figura 1.2: Mapa que ilustra la posición en Argentina del área de estudio.



Figura 1.3: Imagen satelital del área de estudio.

1.3 Población y economía local

Balneario El Cónдор fue fundado alrededor del 1915 y es la localidad más norteña del litoral marítimo rionegrino. Hoy en día el pueblo debe su sustento al turismo natural y deportivo; la actividad agropecuaria ocupa una posición menos relevante dentro de la economía del pueblo, mientras que la pesca no está industrializada y tiene un fin de tipo deportivo.

Al ser la playa la mayor atracción turística del pueblo, la población temporal en la estación estiva es mucho mayor respecto a la permanente (Del Río *et al.* 2004), la cual no supera los 1.000 habitantes (INDEC, Censo 2010).

Sea en el caso de la población permanente como en el de la estiva, se observa una tendencia positiva (Tablas 1.1 y 1.2); este hecho se traduce en una mayor vulnerabilidad y una necesaria mayor atención a la hora de planificar futuros loteos en la localidad.

AÑOS	1991	2001	2010
POBLACIÓN	138	418	746

Tabla 1.1: Población de Balneario El Cóndor para diferentes años (INDEC, Censo 1991, 2001 y 2010).

PERIODO		1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003
POBLACIÓN ESTIVA	Diciembre	s/d	s/d	258	s/d
	Enero	1765	5545	2067	7461
	Febrero	947	1566	949	4089

Tabla 1.2: Población estiva de Balneario El Cóndor para inicios del 2000 (Del Río *et al.* 2004). s/d: sin datos.

1.4 Metodología empleada

Para poder alcanzar los objetivos propuestos se realizó en primera instancia una recopilación exhaustiva de los antecedentes geológicos, geográficos y demográficos de la zona como así también de las aledañas. Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica en revistas científicas, libros e internet, y se efectuaron entrevistas a lugareños acerca de las variaciones naturales del área.

Posteriormente se adquirieron fotos aéreas del SEGEMAR del 1959 y del 30/12/1986, modelos digitales del terreno (DEM's, por sus siglas en inglés) e imágenes satelitales del 1999, 2004, 2011 y 2013 del programa *Google Earth* y del sitio web: <http://glcf.umd.edu/>. La confrontación entre las representaciones gráficas del terreno de diversas edades, permitió observar los cambios geomorfológicos naturales o impulsados por el hombre que se hayan producidos en la zona de estudio a lo largo del tiempo.

Las imágenes satelitales obtenidas desde el programa *Google Earth* fueron descargadas en forma de mosaico a través del programa *Universal Maps 6.9*. A su vez, el mosaico confeccionado y las fotos aéreas fueron georeferenciados manualmente en el programa *Global Mapper 9.0*. Como último paso de este trabajo de gabinete, se procedió a

cargar los archivos obtenidos en el programa *Arc Gis 9*; el mismo es un sistema de información geográfica que nos permitió mapear y tomar medidas de líneas y áreas.

Sucesivamente, se efectuaron dos viajes de campo de una duración de aproximadamente una semana cada uno, donde:

1- Se constató lo leído en la recopilación bibliográfica y lo interpretado a través de imágenes satelitales y fotografías aéreas.

2- Se tomaron perfiles topográficos con el sistema de posicionamiento global diferencial (*Differential GPS*) con la salvedad de realizarlos exactamente en los mismos lugares donde habían sido tomados en 1986 por Colado *et al.* (1986). Los perfiles efectuados nos permitieron conocer la evolución de la playa a lo largo de 27 años y poder así inferir si la misma se encuentra en un estado acrecional, erosivo o estable. Es importante remarcar que semejante periodo de registro de datos nos posibilita descartar cualquier variación de tipo estacional o por eventos de tormenta, y nos permite de estar seguros que nos encontramos frente a cambios crónicos en el ambiente.

3- Se recogieron muestras del sedimento superficial de los distintos subambientes de la playa, sobre las trazas de los perfiles topográficos relevados en la campaña. Posteriormente se tamizaron las muestras y con cada una se procedió a realizar la curva granulométrica y el histograma, se calcularon los parámetros estadísticos y se las clasificó granulométricamente.

2. ANTECEDENTES

Si bien numerosos investigadores han visitado estos parajes desde mediados del siglo XIX (D'Orbigny 1842; Darwin 1846; Doering 1882), las observaciones realizadas se refirieron principalmente a la geología de los acantilados y fue recién en la década de 1980 cuando surgen trabajos que involucran la temática litoral y geomorfológica.

Colado *et al.* (1986) realizan un trabajo con la finalidad específica de definir y evaluar el comportamiento dinámico del complejo sistema de la desembocadura del río Negro. Este estudio surgió de la necesidad de conocer la dinámica sedimentaria de la zona de la desembocadura del río, como base para la realización de un puerto que no llegó a concretarse.

En el trabajo, a partir de sucesivas cartografías que se inician en 1936 se estableció:

- la existencia de una estabilidad dinámica de los bancos.
- una tendencia acrecional en sentido SE del Banco Miguel (Fig. 2.1).
- una significativa movilidad perpendicular a la costa bonaerense con sentido reversible del Banco de La Hoya (Fig. 2.1).
- un desplazamiento del extremo distal del canal principal en sentido antihorario.

También se calculó una deriva litoral a la altura de Balneario El Cóndor de 900.000 m³/año, y por último, en base a la comparación entre perfiles topográficos se determinó que para el litoral marino del sector rionegrino, al cabo de un año de observaciones se depositaron 1.990.000 m³ de sedimentos; mientras que en la margen bonaerense se depositaron 30.900 m³ entre Punta Chata y Punta Redonda y se erosionaron 99.600 m³ entre Punta Redonda y el extremo E del Banco de La Hoya.

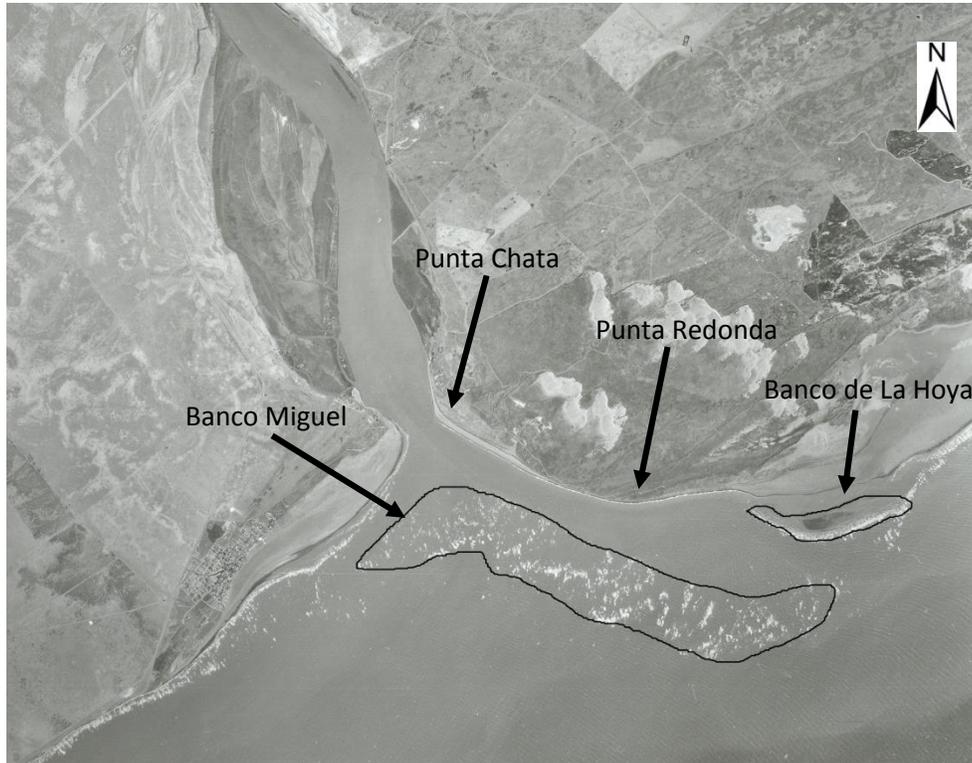


Figura 2.1: Fotografía aérea realizada dos meses después del estudio realizado por Colado *et al.* (1986).

En 1991, Del Río *et al.* definen la desembocadura del río Negro como un delta de mesomareas de reflujó y establecen un comportamiento secular de los bancos, analizando los aspectos de la dinámica de la boca del río. Además exponen que el desarrollo de los bancos exteriores es consecuencia de la alteración de la deriva litoral por efecto de la descarga hidrodinámica fluvial antes que de aporte sedimentario fluvial.

Kokot y Codignotto (2003), realizaron estudios sobre la vulnerabilidad de la costa de Río Negro ante fenómenos globales de elevación del nivel del mar de largo plazo. Las variables utilizadas en el modelo fueron: altitud (m), cambio del nivel del mar (mm/año), tipo de roca (geología), geoformas (geomorfología), desplazamiento de la línea de costa (m/año), máxima altura de ola en un año (m) y rango de marea (m).

En el tramo costero que nos ocupa, consideran que existe una vulnerabilidad muy alta para el estuario del río Negro, una media para el poblado Balneario El Cóndor y una baja para el área de los acantilados rionegrinos.

Isla y Bértola (2003) analizaron la tipología de las playas entre Bahía Blanca y Balneario El Cóndor como zona de transición entre los ambientes típicos de micromareas del sur de la provincia de Buenos Aires y los de macromareas de la costa nordpatagónica. Sobre las bases de perfiles de playa, caracterización sedimentológica y parámetros físicos de las olas, definieron a la playa de Balneario El Cóndor como de tipo reflejante en base a la clasificación de Wright y Short (1984).

Más recientemente, del Río *et al.* (2004) determinaron la velocidad de retroceso de la línea de costa comprendida entre Punta Mejillón y el Faro de Río Negro. En el área de estudio calcularon velocidades de retroceso de 1,16 m/año para la zona del Faro y de 1,12 m/año para la bajada Picoto (Fig. 1.3).

También Schillizzi *et al.* (2004), efectuaron un aporte significativo para la comprensión de los procesos actuantes en la retracción de los acantilados rionegrinos. Estos autores determinaron que en el área de estudio los acantilados se retraen a través de desagregación o remoción simple y caídas. A su vez dividen los factores que ocasionan el retroceso en condicionantes (composición litológica y debilidades estructurales) y disparadores (dinámica marina, hidráulica continental y humectación-desección).

Por último, Cortizo *et al.* (2012) estudiaron la dinámica de la barrera medanosa e islas de barrera de Patagones. Para las dunas existentes en la zona reconocieron morfologías de tipo barjanoides y parabólicas. También calcularon una migración hacia el NE-ENE y velocidades de entre de 5 y 9 m/año entre 1973 y 2005.

3. MARCO GEOLÓGICO

En la zona de estudio se encuentran únicamente rocas neógenas pertenecientes a la cuenca del Colorado. Esta cubierta sedimentaria se ubica en el sector sur de la provincia de Buenos Aires y noreste de la provincia de Río Negro, tiene forma elongada en sentido este-oeste y sus tres cuartas partes de su superficie se halla sobre la plataforma continental argentina (Zambrano 1972). Es considerada una cuenca de origen aulacogénico asociada con la apertura del Océano Atlántico y formada en el Cretácico por procesos de sin-rift y SAG (hundimiento térmico) (Urien y Zambrano 1996).

La columna estratigráfica aflorante comprende sedimentitas desde el Tortoniano (Mioceno tardío) hasta el Holoceno, las cuales se formaron en un contexto tectónico de margen pasivo. La estratigrafía de la región se sintetiza en el cuadro 3.1 y se describe a continuación.

3.1 Síntesis estratigráfica

3.1.1 Formación Río Negro (Andreis, 1965)

En las adyacencias del Faro Río Negro y conformando el acantilado costero, se encuentran las rocas más antiguas de la zona con una edad de 11 Ma (Mioceno superior). Estas rocas pertenecen a la Formación Río Negro que se divide en tres miembros, de los cuales solo afloran en el área de estudio los miembros Medio y Superior.

El Miembro Medio de la Formación Río Negro conforma la base de los acantilados rionegrinos y está constituido por una sucesión de bancos horizontales de areniscas con intercalación de pelitas de color verde, que presentan fósiles de bivalvos, equinodermos y crustáceos (Farinati *et al.* 1981). El miembro en cuestión se formó en un ambiente marino poco profundo, cuando una transgresión atlántica invadió el continente sudamericano (Zavala *et al.* 2005).

El Miembro Superior de esta unidad se apoya en contacto neto sobre las sedimentitas del miembro Medio y está compuesto por una alternancia de areniscas grises-azuladas y arcilitas rojas, que hacia la sección superior presenta niveles blanquecinos de tobas y paleosuelos con fósiles de megamamíferos como *Macrauchenia* y *Megaterio* (Zavala *et al.* 2005).

Este Miembro, representa una regresión marina atlántica con depósitos continentales. Las areniscas han sido interpretadas como depósitos de dunas mientras que las pelitas como depósitos de interdunas húmedas, es decir, un subambiente de pequeñas lagunas que separaban las dunas (Zavala *et al.* 2005). La datación de las tobas por trazas de fisión dio una edad de 4.41 ± 0.5 Ma indicando una edad correspondiente al Plioceno inferior (Alberdi *et al.* 1997).

3.1.2 Formación Tehuelche (Sepúlveda, 1983)

Aflorando en las porciones cuspidales de los acantilados rionegrinos y en los sectores altos de las bardas del río Negro se encuentra la Formación Tehuelche, o también conocida informalmente como Rodados Tehuelches o Patagónicos. En este sector, esta formación del Pleistoceno superior tiene una edad mayor a 24.500 años AP, se apoya a través de una superficie erosiva sobre la Formación Río Negro, su potencia máxima es de 2 metros y se conforma de conglomerados de clastos oscuros con alto grado de redondez que se encuentran cementados por carbonato de calcio (Schillizzi *et al.* 2009). Según estos autores los clastos son de origen volcánico, principalmente de composición ácida y subordinadamente de composición intermedia-básica.

Esta unidad corresponde a un depósito de ambiente fluvial y su matriz arenosa, tendría su origen en la erosión de los niveles superiores de la Formación Río Negro (Schillizzi *et al.* 2009).

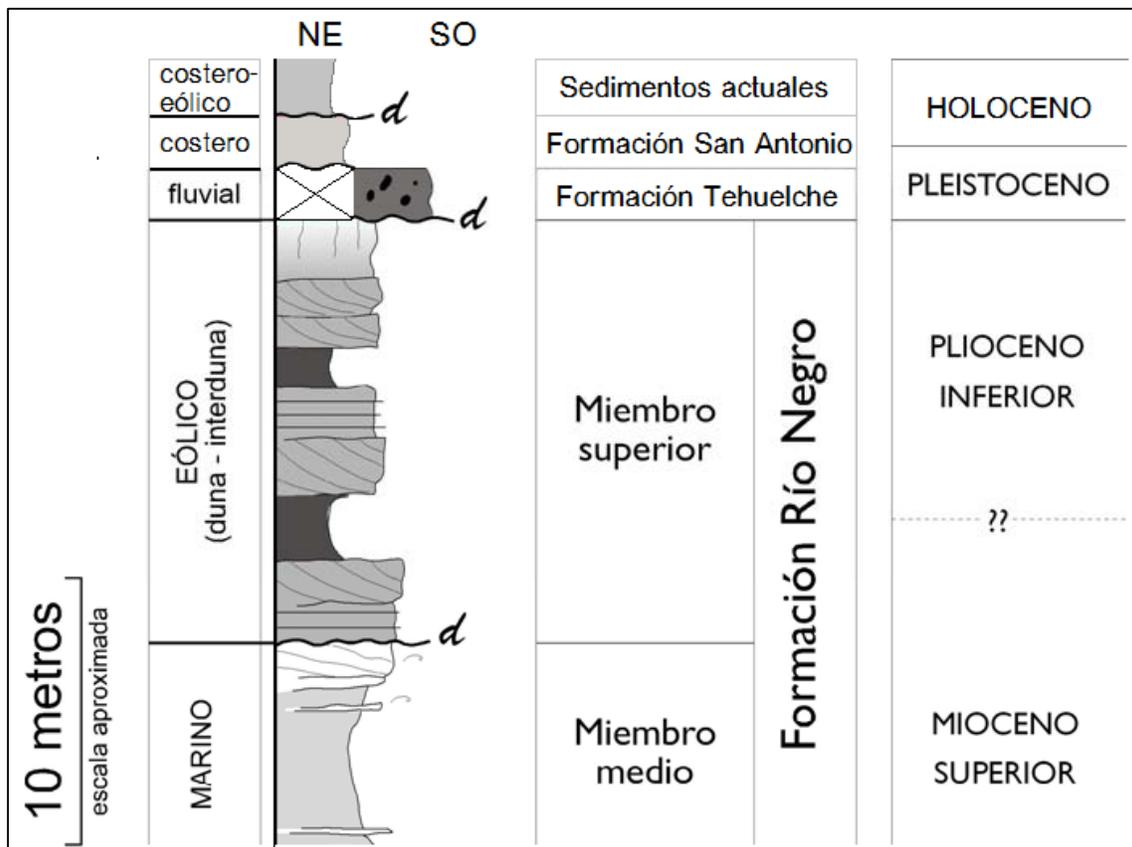
3.1.3 Formación San Antonio (Angulo *et al.* 1978)

Luego del último máximo glacial (20.000 años AP) el mar comenzó a ascender en la costa argentina hasta 6500-4000 años AP cuando alcanza la máxima transgresión (Codignotto *et al.* 1992). Este periodo transgresivo se manifiesta en el sector de estudio con la Formación San Antonio constituida por coquinas, gravas arenosas y arenas con valvas de moluscos; la misma tiene un contacto basal con la Formación Río Negro por discordancia erosiva y se encuentra aflorando en ambos márgenes de la desembocadura del río Negro, aunque con mayor desarrollo en el margen izquierda.

3.1.4 Sedimentos actuales

Posteriormente a la máxima transgresión holocénica, inicia una regresión que llega hasta 250 años AP (Kokot *et al.* 2003) la cual retrabaja parcialmente la Formación San Antonio y forma sobre ella cordones litorales producto del avance de la línea de costa, y dunas resultado de la continentalización.

Los sedimentos actuales en el área de estudio, se conforman de depósitos eólicos de arena de mediana a fina y buena selección, y depósitos marinos de arenas y gravas con bioclastos de moluscos marinos.



Cuadro 3.1: Cuadro estratigráfico del área modificado de Zavala *et al.* (2005).

4. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO

4.1 Clima

La zona estudiada presenta un clima de tipo BSk (semiárido frío) según la clasificación de Köppen (1936). La temperatura media anual es de 13,4 °C, mientras que la mínima media anual es de 8 °C y la máxima media anual de 18,6 °C; a su vez la precipitación media anual es de 310,3 mm (Departamento Provincial de Agua 2011).

Respecto al viento, el 38% de la veces proviene desde direcciones que se encuentran entre NO y NNE, el 28% desde direcciones que se encuentra entre el OSO y SSO y el 10% entre el SSE y ESE; el restante 24% de la frecuencia se encuentra distribuido de modo no uniforme. La velocidad media anual del viento es de 14,4 km/h (Departamento Provincial de Agua 2011), mientras que las velocidades máximas tienen direcciones S y SO, siendo el promedio para estas de 24 a 30 km/h. (Cortizo e Isla. 2012).

4.2 Oleaje y deriva litoral asociada

El oleaje presenta una altura media de 0,67 m, una altura máxima de 1,28 m y un período que varía entre 5 y 17 s (Lanfredini 1986). La proveniencia dominante del oleaje es SO y provoca por consecuencia una deriva litoral hacia el NE de 900.000 m³/año de sedimentos con una velocidad aproximada de 50 m/año. El caudal sólido transportado por la deriva fue calculado por Lanfredini (1986); la velocidad a su vez fue inferida por Isla y Bertola (2003) a través del desplazamiento de las barras de *swash* ubicadas en la desembocadura del río Negro.

4.3 Marea

En la zona de estudio el rango mareal medio es de 3,35 m (mesomareal), aunque en los eventos de sicigia equinoccial alcanza los 4,15 m. Las mareas son de régimen semidiurno, las velocidades van de 3,7 a 9,3 km/h y las direcciones que son reversibles, provienen del SO y NE (Lanfredini 1986).

Los efectos de la marea en el área de estudio son de gran relevancia y se dividen en:

- 1- Condicionamiento de la morfodinámica de la playa al provocar la oscilación recurrente de los procesos hidrodinámicos.

2- Dinámica protagonista en la formación de las barras mareales en la desembocadura del río al condicionar el transporte y depositación de los sedimentos.

3- Dinámica formadora de la llanura mareal que se encuentra en el interior de la boca del río Negro.

La onda de marea se traslada aguas arriba amortiguándose hasta hacerse nula a aproximadamente 70 km de la desembocadura; esto se debe a que es afectada por el caudal aportado por el río y la geometría y profundidad del lecho de éste. Es importante remarcar que la distancia recorrida y la amplitud alcanzada por la onda de marea, disminuyen cuanto mayor es el caudal líquido del río (D'Onofrio *et al.* 2010).

Las amplitudes de las componentes semidiurnas, disminuyen un 11,5% en el tramo Desembocadura - Kilómetro 18, mientras que lo hacen un 50% en el tramo Kilómetro 18 - Carmen de Patagones (30 km). A su vez las ondas semidiurnas recorren en promedio el primer tramo en 19 min. y el segundo en 40 min. (D'Onofrio *et al.* 2010).

4.4 Cambio absoluto del nivel del mar

El IPCC (2007, Panel Internacional de Cambio Climático) prevé que entre el 2007 y 2100, el nivel del mar absoluto se elevará en un máximo de 60 cm con tendencia a la aceleración debido al calentamiento de los océanos y la fusión de los glaciares. Sin embargo los modelos semi-empíricos más desfavorables prevén un aumento de hasta 1,80 cm (Vermeer y Rahmstorf 2009).

Según Kokot y Codignotto (2003), el área de estudio presenta actualmente un aumento relativo del nivel del mar de 0,1 a 2 mm/año, menor a los $3,3 \pm 0,4$ mm/año (Ablain *et. al* 2009) correspondientes al cambio del nivel del mar absoluto actual donde no se considera la tectónica local. En el trabajo de Kokot y Codignotto, los autores definen como una zona de muy alta vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar a la desembocadura del río Negro, de media vulnerabilidad al área de Balneario El Cóndor y de baja a la zona de los acantilados.

4.5 Características generales del río Negro

El río Negro nace a partir de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén (Fig. 4.1), y posee el mayor caudal líquido de la Patagonia, con una media de $834,32 \text{ m}^3/\text{s}$ para el

periodo 1927-2013 (datos suministrados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos). Es un río alóctono, de 635 km de longitud y de tipo perdedor o influente (Tabla 4.1). El régimen hídrico del río es pluvial invernal y nival primaveral, mientras que el estiaje ocurre en la estación de otoño.

ESTACIÓN DE MONITOREO	DISTANCIA A LA NACIENTE (km)	PERIODO DE MEDICIÓN (años)	CAUDAL MEDIO ANUAL (m ³ /s)
PASO CORDOVA	40	1927-1967	1006,62
PRIMERA ANGOSTURA	530	1927-1967	917,78

Tabla 4.1: Caudales medios anuales mensurados en distintas estaciones de monitoreo; al ser el caudal de la estación Primera Angostura menor que el de Paso Cordova el río es influente (ver Fig. 4.1 para las ubicaciones de las estaciones).

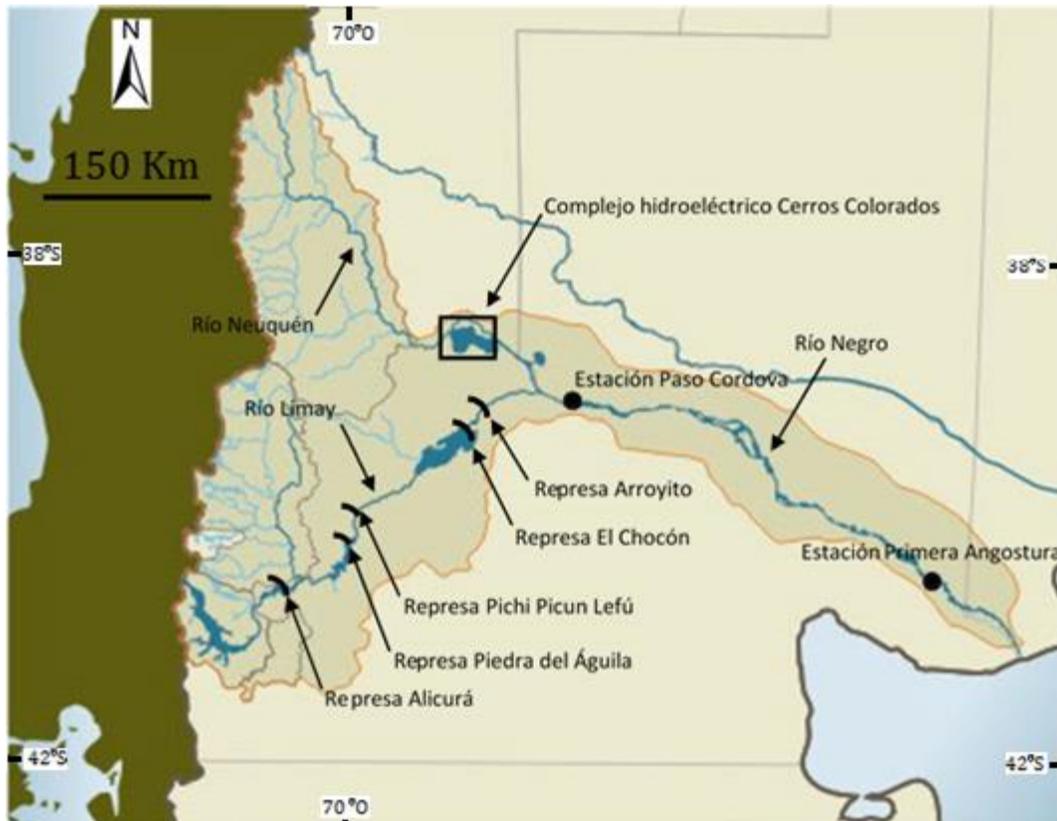


Figura 4.1: Mapa modificado de la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Se pueden observar los límites de la cuenca hidrográfica y las diferentes represas y complejos hidroeléctricos existentes.

4.5.1 Geomorfología fluvial del curso inferior

En su curso inferior el río corre recostado sobre la margen izquierda del valle que él mismo excavó (Fig. 4.2). Aguas arriba del km 55, el río es de tipo meandriforme como lo evidencian los abundantes meandros abandonados (Fig. 4.2). Antes de que estabilizaran los albardones de los meandros en la década del 1930 con el fin de evitar los anegamientos, eran comunes los desbordes en tiempos de crecida, los cuales alimentaban aguas abajo a la Laguna del Juncal (Agencia periodística Patagónica 2014). Actualmente esta laguna se ha secado como consecuencia de la pérdida de su fuente de recarga.

Entre el km 55 y hasta el km 30 (ciudades de Viedma y Carmen de Patagones) el río Negro pasa a ser de tipo anastomosado, en efecto se pueden apreciar múltiples canales sinuosos que son más angostos que las barras estables y subaéreas que atraviesan (Fig. 4.2). Aguas abajo del km 30, el curso de agua adquiere una forma rectilínea de baja sinuosidad y las islas estables son más escasas y pequeñas (Fig. 4.2).

Por último, desde el km 7 y hasta el km 1,5, se encuentra una gran llanura mareal situada a ambos márgenes del río, cuya máxima expresión se alcanza en la denominada Isla Villarino (Fig. 4.2). Esta planicie de marea se encuentra atravesada por canales de marea en todas las direcciones, presenta en superficie una composición predominantemente pelítica y una vegetación pionera de tipo halófila. La cuota máxima es de 2,5 m por lo cual queda totalmente cubierta durante sudestadas y/o fuertes crecidas del río sumada a pleamares.

Por medio del estudio geomorfológico y del conocimiento de la energía de cada dinámica actuante, se estima que la redistribución de los sedimentos en la desembocadura se deba principalmente al efecto de las mareas, en segundo lugar al oleaje y su corriente litoral asociada y por último al río.

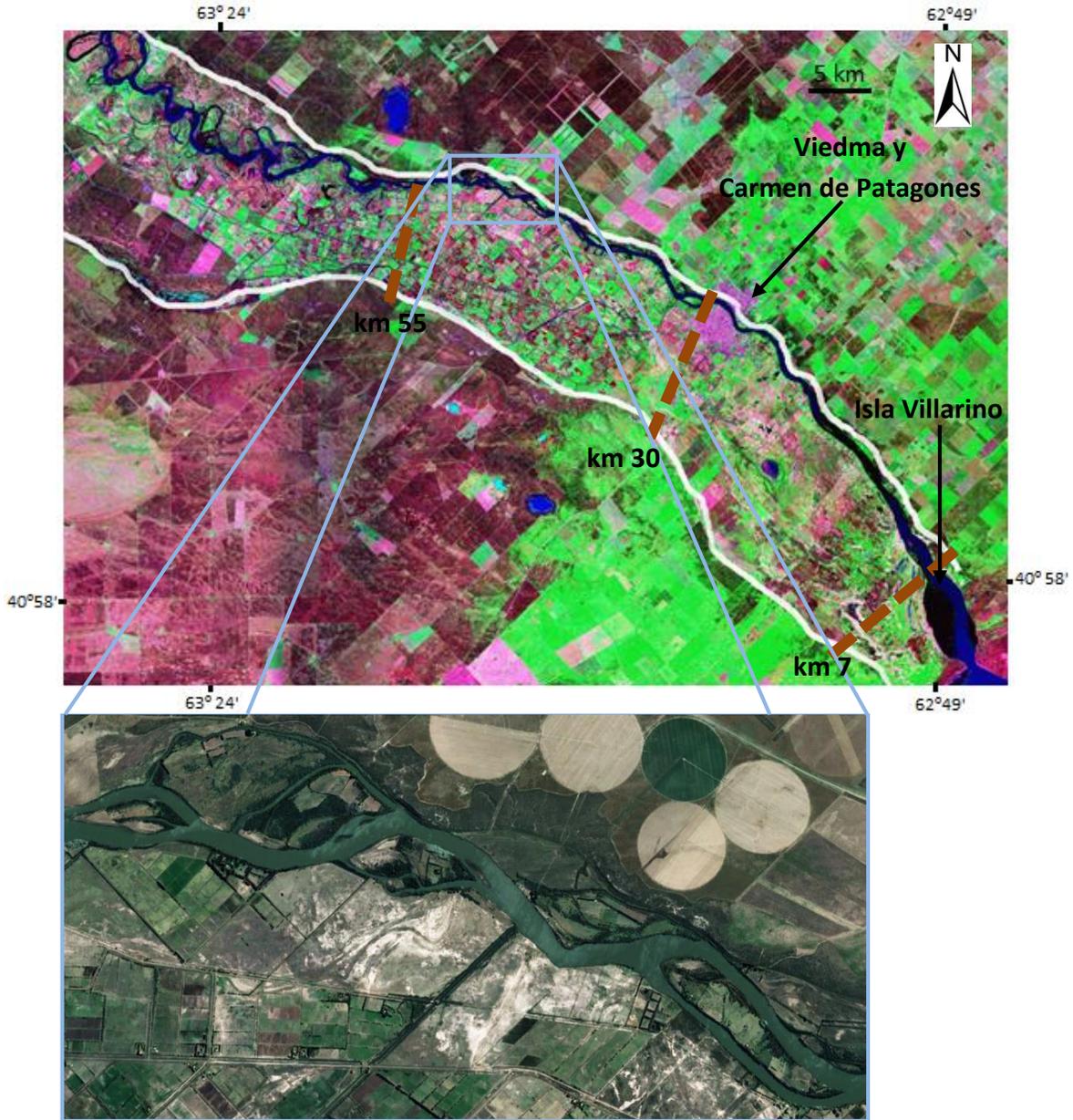


Figura 4.2: Imagen satelital del curso inferior del río Negro donde se divide el cauce fluvial con líneas discontinuas negras por los cambios geomorfológicos y se marca con líneas blancas los límites del valle. Además hay un detalle del cauce fluvial con hábito anastomosado.

4.5.2 Caudal líquido y sólido

El caudal sólido del río Negro disminuyó severamente por los diques que se erigieron a lo largo del siglo pasado en sus dos únicos afluentes. En el río Neuquén se construyó en 1978 el Complejo hidroeléctrico Cerros Colorados conformado por los diques: Portezuelo Grande, Loma de la Lata, Planicie Banderita y El Chañar (Fig. 4.1). Por su parte, en el río

Limay se edificaron las siguientes represas: El Chocón (en 1972), Arroyito (en 1979), Alicurá (en 1983), Piedra del Águila (en 1993) y Pichi Picun Lefú (en 1999) (Fig. 4.1).

A su vez, en los registros de medición del caudal líquido también se observa una tendencia negativa desde el 1927 al 2013 (Fig. 4.3). Este último hecho, podría deberse a causas naturales y antrópicas que hayan afectado por separado o en conjunto. Estas serían:

1- Menores precipitaciones por variabilidad climática en la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro.

2- Mayor evaporación del agua de los ríos por los embalses artificiales que aumentaron el tiempo de permanencia del agua en el continente.

3- La forestación artificial en el valle del río Negro a partir del siglo XX, que aumentó considerablemente la extracción del agua para el riego de los cultivos. Una parte volverá en un lapso de tiempo al río si es que se utilizó dentro de la cuenca, pero otra parte escapará de esta última por la evapotranspiración del terreno cultivado.

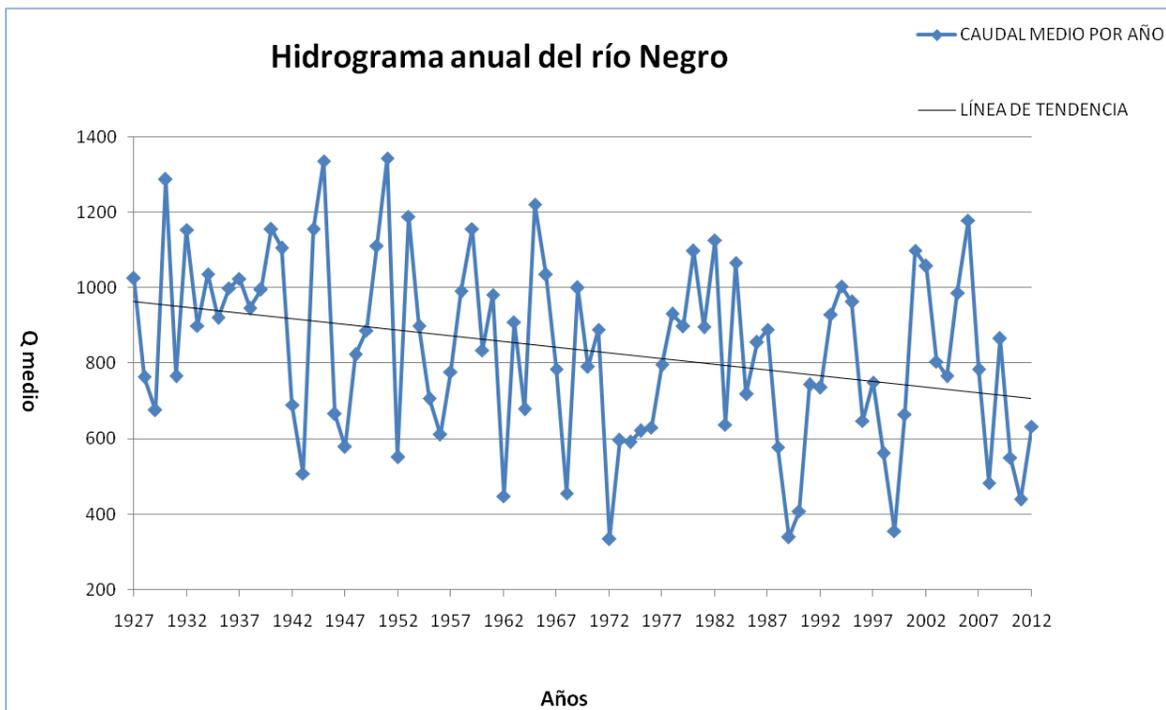


Figura 4.3: Diagrama realizado con los valores de caudal medio mensual tomados en la estación Primera Angostura (a 105 km de la desembocadura) por la Subsecretaría de Recursos Hídricos. Cada punto indica el caudal medio del año hidrológico; el registro comienza el 1/04/1927 (mes donde se produce el estiaje en el año hidrológico). A través del ajuste lineal se puede observar una tendencia a la disminución del caudal en el tiempo.

5. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

5.1 Introducción

La playa es un depósito de material arenoso o gravoso no consolidado formado por dinámicas fundamentalmente marinas (Gutiérrez Elorza 2008). Su límite inferior es la zona en la cual no se detectan cambios apreciables en los movimientos del fondo sedimentario y coincide con la zona de rompiente en baja marea; su límite superior en cambio es la línea hasta donde llegan las mayores olas de tormenta. Desde el límite inferior hasta donde llega la bajamar media se ubica la playa submareal (*shoreface*), desde la bajamar media hasta la pleamar media se encuentra la playa intermareal (*foreshore*) y desde este último punto hasta donde llegan las mayores olas de tormenta se ubica la playa supramareal (*backshore*), la cual queda sumergida únicamente durante eventos de tormenta o pleamares de sicigias (Gutiérrez Elorza 2008) (Fig. 5.1).

El límite superior del subambiente intermareal para playas reflectivas que no estén en condiciones erosivas está dado por la berma, esta geoforma es una plataforma de horizontal a ligeramente inclinada tierra adentro, que está compuesta por sedimentos depositados por el oleaje y se encuentra adyacente al frente de playa (Rodríguez *et al.* 2008). El límite superior del subambiente supramareal es conocido como línea de costa (*coastline*) y está conformado en condiciones naturales por el inicio de acantilados, médanos activos o inactivos vegetados (Kokot *et al.* 2011).

La costa (*coast*) es una faja de tierra de ancho variable (pueden ser varios kilómetros) que se extiende desde la línea de costa hasta donde aparecen los rasgos morfológicos no costeros (Kokot *et al.* 2011), en el presente Trabajo Final se optó por definir su límite hacia el continente como límite de costa.

Las playas se dividen por el rango mareal al cual se encuentran y por el parámetro “ \mathcal{U} ” denominado usualmente como velocidad de decantación adimensional (*dimensionless fall velocity*) (Wright y Short 1984). Este parámetro surge de relacionar la altura de la ola en la rompiente (m) con la velocidad de decantación de la granulometría media de la playa intermareal (m/s) y el período de la ola (s). Dependiendo del valor obtenido de “ \mathcal{U} ” la playas se dividen en reflectivas, intermedias y disipativas, existiendo un espectro continuo

entre cada clasificación. Las playas disipativas se caracterizan por poseer una zona de rompiente ancha, granulometrías finas, una disipación de la energía del oleaje progresiva a lo largo del perfil y una pendiente baja. En cambio las playas reflectivas presentan características contrarias a las anteriores (Mártinez 2010).

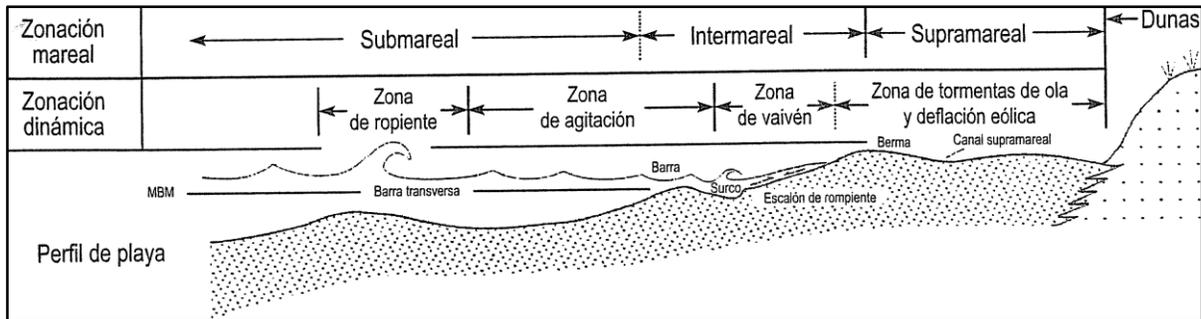


Figura 5.1: Imagen tomada de Gutiérrez Elorza (2008). Zonación morfológica y dinámica de una playa mareal, en un perfil transversal.

5.2 Geomorfología

En el presente Trabajo Final se confeccionó un mapa geomorfológico el cual se realizó sobre una fotografía aérea del año 1959 y se representa a escala 1:50.000 (Fig. 5.2).

Las características más notorias de las morfologías mapeadas se exponen a continuación.

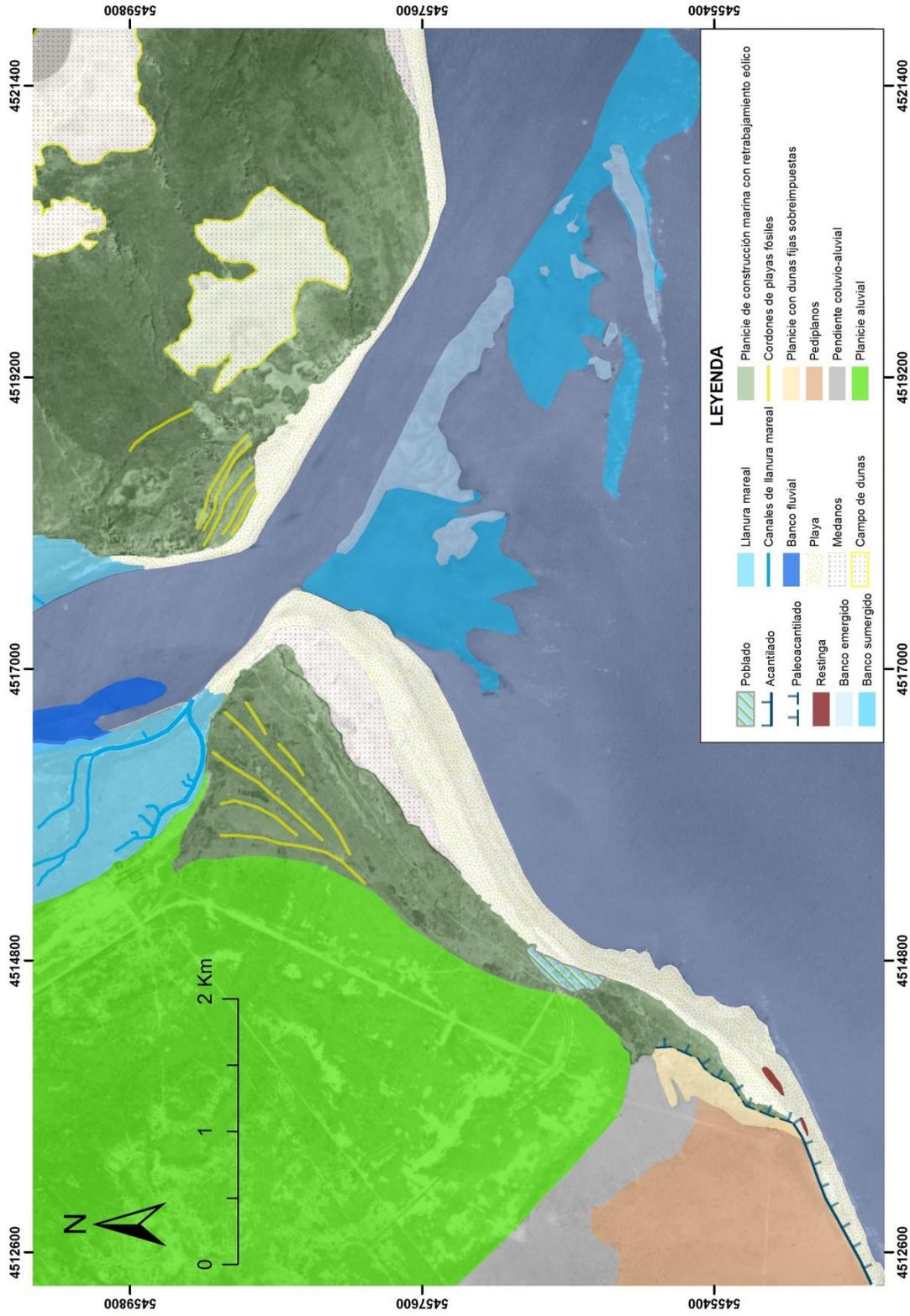


Figura 5.2: Mapa geomorfológico del área de estudio. Se empleó el sistema de coordenadas UTM-WGS84.

5.2.1 Geformas continentales

Pendiente coluvio-aluvional: Suave pendiente de aproximadamente $3,83^{\circ}$, correspondiente a la ladera de la margen derecha del río Negro.

Pediplanos: Fueron elaborados en la región sobre la Formación Río Negro y poseen una cobertura detrítica de escasos metros de espesor (Formación Tehuelche).

Planicie con dunas fijas sobreimpuestas: Terreno perteneciente a los pediplanos pero que se encuentra cubierto por dunas fijas. Estos depósitos eólicos provienen de la playa y se formaron por rampas de dunas que treparon el paleoacantilado.

5.2.2 Geformas costeras

Acantilado: Es una ladera abrupta que limita la costa, por consiguiente forma una zona de transición bastante neta entre el continente y el mar (Emery y Kuhn, 1982). Se encuentra atacada por el oleaje, motivo por el cual presenta morfologías erosivas. En el área de estudio se encuentra en el sector SO y está labrado en la Formación Río Negro y secundariamente por la Formación Tehuelche.

Paleoacantilado: Acantilado que no está actualmente influenciado por las dinámicas marinas por su posición espacial. Se origina cuando, bajo un nivel del mar constante o descendente en el tiempo, el acantilado retrocede por erosión hasta una cierta posición en la que el oleaje deja de afectarlo.

En el área estudiada continua al acantilado activo, posee la misma geología que este y se encuentra parcialmente cubierto por dunas fijas (Fig. 5.3).

Restinga: Plataforma rocosa formada a partir de la erosión del acantilado y que corresponde a la Formación Río Negro. Se encuentra en el litoral adyacente al Faro de Río Negro y queda expuesta en marea baja (Fig. 5.4).

Playa: En el área de estudio es de tipo reflectiva (Isla y Bértola 2003) y se encuentra a lo largo de toda la costa marina aunque su mayor expresión se ubica en el sector NE de la costa rionegrina. En la zona de la desembocadura del río Negro limita lateralmente con la llanura mareal.

El subambiente de playa intermareal suele presentar canales intermareales y berma en su límite superior (Fig. 5.5). El subambiente de playa supramareal suele estar cubierto por mantos arenosos y su límite superior está dado por la defensa costera en la zona de

Balneario El Cóndor y por médanos activos o inactivos vegetados en el NE de la costa rionegrina y en toda la costa bonaerense (Fig. 5.6).

Llanura mareal y canales mareales: Geoforma costera formada por la dinámica mareal y con sedimentos pelíticos provenientes del río Negro. En las partes más elevadas presenta vegetación pionera de tipo halófila (Fig. 5.7).

Bancos intermareales: Barras ubicadas en la desembocadura del río Negro que se ven influenciadas por la corriente litoral y el flujo y reflujo mareal, están formadas por arena fina y presentan ondulas gigantes (*gigant ripples*) (Colado *et al.* 1986). Estos bancos se forman por sedimentos provenientes de los acantilados y secundariamente del río, su origen se debe a un retardo de la deriva litoral como consecuencia de la descarga del río Negro que interrumpe la corriente litoral al tener una dirección perpendicular a esta última (Del Río *et al.* 1991).

Planicie de construcción marina con retrabajamiento eólico: Planicie formada a partir de dinámicas costeras desde la última transgresión iniciada 20.000 años AP y finalizada 6500-4000 años AP. Está constituida por la Formación San Antonio y sedimentos más jóvenes correspondientes a cordones de playa fósil y dunas activas y fijas.

Cordones de playa fósil: Depósitos costeros formados bajo estado acrecional y compuestos por material clástico arenoso o gravoso con o sin bioclastos. Se encuentran paralelos o sub-paralelos a la lineación de la paleocosta y cada depósito representa un pulso de avance de la línea de costa (Codignotto 1997). En el área de estudio presentan una granulometría arenosa y se formaron durante la regresión marina holocena (Fig. 5.8).



Figura 5.3: Fotografía aérea donde se individualizan el acantilado rionegrino y el paleoacantilado con rampas de arena y vegetado.



Figura 5.4: Restinga en las adyacencias del faro producto del retroceso del acantilado.



Figura 5.5: Fotografía de la playa intermareal rionegrina realizada desde la berma. Se puede observar un canal intemareal.



Figura 5.6: Playa supramareal rionegrina cubierta por mantos de arena.



Figura 5.7: Panorámica de la llanura mareal en la desembocadura del río Negro.

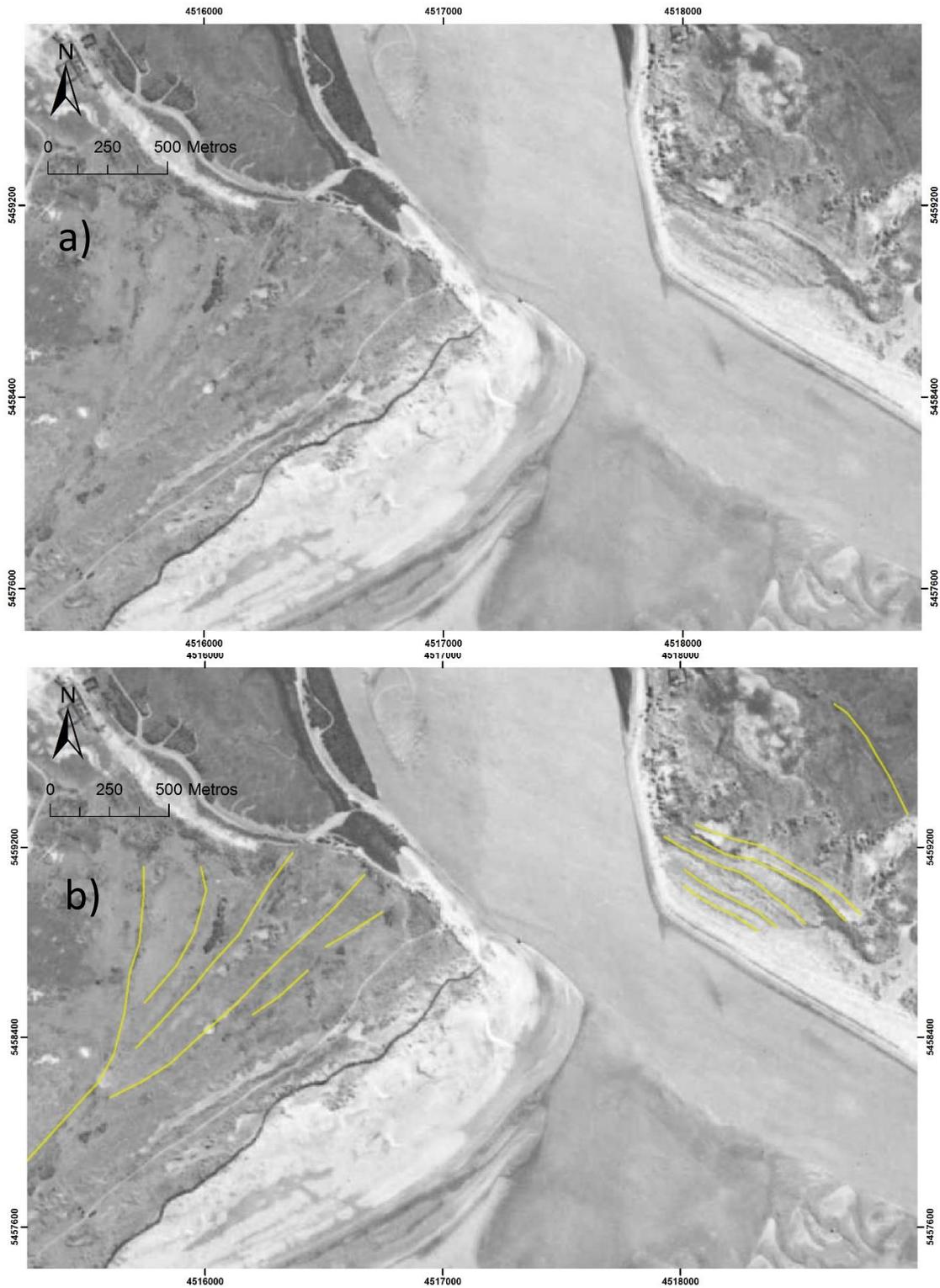


Figura 5.8: a) Fotografía aérea del año 1959. b) Interpretación donde se destacan los cordones de playas fósiles.

5.2.3 Geoformas eólicas

Campo de dunas: Depósitos arenosos activos desconectados del sistema de playa.

Se encuentran en Carmen de Patagones y pertenecen a una barrera medanosa que se extiende por 91 km desde la desembocadura del río Negro hasta el sur de la isla Jabalí, desarrollando un máximo de 4,5 km de ancho (Cortizo *et al.* 2012).

Esta barrera se originó posteriormente a la máxima transgresión marina finalizada hace aproximadamente 6500-4000 años AP, la cual proveyó a través de la formación de una planicie costera, un importante volumen de sedimentos para que el viento retrabajase (Cortizo *et al.* 2012). En el sector de estudio, que abarca apenas el extremo oeste de esta barrera, Cortizo *et al.* (2012) reconocen morfologías de tipo barjanoides y secundariamente parabólicas.

Médanos: Los médanos o dunas litorales son depósitos constituidos por arenas provenientes de la playa que se forman por encima del nivel de marea alta (Nordstrom *et al.* 1990). A diferencia de las dunas continentales, al estar conectados con la playa están sometidos a la acción esporádica de las olas de tormenta.

En el área de estudio los médanos se encuentran tanto en la costa rionegrina como en la bonaerense y presentan límites con alta movilidad por la potencial acción de tormentas que los degradan y la vegetación que tiende a fijarlos (Fig. 5.9).



Figura 5.9: Médanos rionegrinos próximos a la desembocadura del río Negro.

5.2.4 Geofomas fluviales

Banco fluvial: Barra fluvial de tipo longitudinal y formada por acreción vertical que, al estar próxima a la desembocadura del río, recibe una fuerte influencia mareal. Posee una composición granulométrica de tipo arenosa y no se encuentra vegetado al quedar sumergido con cada pleamar.

Planicie aluvial: Llanura formada en el valle del río Negro y limitada por las laderas de la misma. En la zona estudiada la llanura de inundación o planicie aluvial se ubica en la margen derecha del río y tiene un ancho de aproximadamente 10 km.

6. GEOMORFOLOGÍA EVOLUTIVA

Utilizando como base el mapa geomorfológico confeccionado a partir de la fotografía aérea del año 1959 (capítulo 5.2), se elaboró un mapa geomorfológico evolutivo superponiendo a las geoformas presentes sus variaciones espaciales mapeables para los años 1986 y 2011 (Fig. 6.1). A su vez también se graficó el crecimiento de las áreas pobladas, para comprender de este modo sobre que terreno se edificaron.

Con el fin de darle un marco evolutivo a las geoformas existentes, para este mapa se optó por llamar postplaya a los sectores de playa supramareal de los cuales se sabe por superposición de imágenes que se vegetaron a lo largo del tiempo, pasando a un ambiente continental. A su vez se decidió de trazar la línea de costa por delante del postplaya ya que aunque pertenezca a la playa supramareal, con el transcurso tiempo se fue continentalizando y dejando de ser afectado por las dinámicas puramente marinas.

Los desplazamientos de los bancos presentes en la desembocadura del río Negro no fueron mapeados ya que debido a su grado de complejidad se decidió tratar el tema en un capítulo aparte.

A continuación se discutirá acerca de las geoformas que han mostrado cambios temporales entre los años 1959 y 2011.

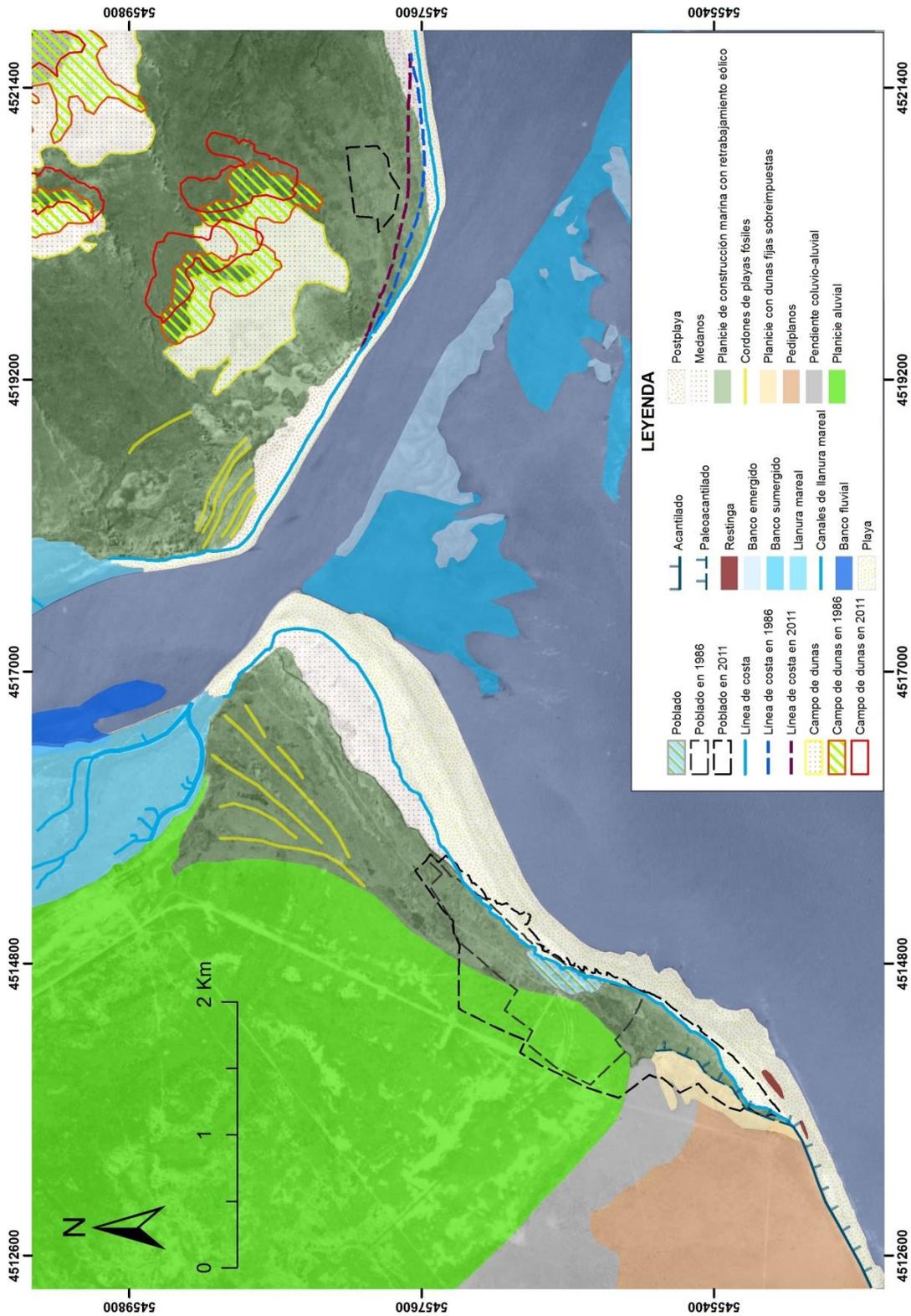


Figura 6.1: Mapa geomorfológico evolutivo del área de estudio. Se representa a escala 1:50.000.

6.1 Acantilados rionegrinos

El área de estudio abarca apenas una reducida parte de los acantilados rionegrinos, los cuales se extienden desde la playa de la localidad Balneario El Cóndor hasta Punta Mejillones de modo casi interrumpido.

6.1.1 Características litológicas y geotécnicas

Los acantilados en cuestión tienen una altura media que varía entre 30 y 37 m y se componen de rocas sedimentarias pertenecientes principalmente a la Formación Río Negro y secundariamente, y en la parte superior a la Formación Tehuelche.

Las características geotécnicas más importantes de estos acantilados son:

1- Drástica anisotropía de permeabilidad entre las areniscas y arcillitas del Miembro Medio de la Formación Río Negro; esta se advierte en el techo de los estratos arcillosos por niveles de acuíferos que escurren por la superficie del acantilado (Del Río *et al.* 2004).

2- Presencia de tres tipos de diaclasas: una horizontal por estratificación natural y dos verticales, una de ellas perpendicular a la superficie del acantilado y la otra paralela. Esta disposición de las debilidades genera la potencial formación de bloques voluminosos (Del Río *et al.* 2004).

6.1.2 Factores del retroceso

El origen del retroceso costero en el sector de estudio es esencialmente natural aunque a pequeña escala, las obras para la realización de la bajada Picoto favorecen el proceso.

Dentro de las causas naturales encontramos:

- Abrasión: es el proceso principal y es producto del impacto de las partículas que lleva el oleaje en la base del acantilado. Su magnitud es función de: 1) energía del oleaje (altura y periodo). 2) cantidad de material abrasivo en movimiento por las olas en el sistema playa-acantilado. 3) playa anterior que absorba parte la energía de las olas. 4) características geotécnicas de la roca en cuestión. 5) tiempo de impacto del oleaje contra el acantilado (depende del nivel medio del mar y del rango mareal de la zona). 6) distancia a la cual rompe la ola del acantilado (la mayor liberación de

energía por parte del oleaje se efectúa en la rotura). 7) tendencia del nivel del mar a largo plazo.

- Deflación: produce erosión diferencial al afectar los estratos menos consolidados (Del Río *et al.* 2004).

- Humectación-deseccación marina y continental: en los frentes con alto contenido de material pelítico, los vientos provenientes del mar humedecen la superficie del acantilado, provocando la pérdida de cohesión de los niveles por micro procesos de contracción-expansión debidos a la cristalización y solución de la sales (Schillizzi *et al.* 2004).

- Meteorización biológica: es producto de la nidificación de los loros barranqueros en los estratos más lábiles (Fig. 6.2).



Figura 6.2: Fotografía que muestra la erosión por parte de los loros barranqueros sobre el acantilado

6.1.3 Mecanismos de retroceso

El retroceso del acantilado se realiza a través de desagregación o remoción simple y caídas (Schillizzi *et al.* 2004; Diario Comarca 2015).

En el primer caso se trata de material fino (de arcillas a arenas) producto del rocío o “*spray* marino”, deflación, meteorización biológica y abrasión del oleaje. En el segundo modo con el cual se manifiesta el retroceso, el volumen del material es del tamaño de bloques y el factor desencadenante es la abrasión marina al pie del acantilado (Fig. 6.3). La abrasión marina suele formar nichos basales especialmente en las areniscas del Miembro Medio de la Formación Río Negro, desestabilizando la roca suprayacente.



Figura 6.3: Fotografía al pie del acantilado que permite apreciar los bloques caídos desde el mismo.

6.1.4 Velocidades de retroceso

Sin considerar las geoformas que indican el estado activo de los acantilados como las restingas, nichos basales y/o los depósitos de caída de bloques a la base de los mismos; en el presente Trabajo, se obtuvieron datos cuantitativos del retroceso costero. A través de la superposición de una imagen satelital del 2011 y fotografías aéreas del 1959 y del 1986, se obtuvieron velocidades de retroceso para el área de estudio, las cuales fueron comparadas a su vez con las obtenidas por Del Río *et al.* (2004) (Tabla 6.1 y fig. 6.4).

Ubicación de medidas	Trabajos realizados	Periodo	Diferencia entre líneas de costas (m)	Velocidad de Retroceso (m/año)	
Faro de Río Negro	Presente trabajo	1959-1986	19,02	0,7	0,62
		1986-2011	13,6	0,54	
	Del Río <i>et al.</i> (2004)	1934-1958	19,50	0,81	1,16
		1958-1970	25,00	2,06	
		1970-2003	35,75	1,08	
	Bajada Picoto	Presente trabajo	1959-1986	14,34	0,53
1986-2011			25,83	1,03	
Del Río <i>et al.</i> (2004)		1958-1970	7,00	0,58	1,12
		1970-1998	38,00	1,36	

Tabla 6.1: Distancias, periodos y velocidades de retroceso de línea de costa calculados en este Trabajo Final y en Del Río *et al.* (2004), para las zonas del Faro de Río Negro y bajada Picoto.

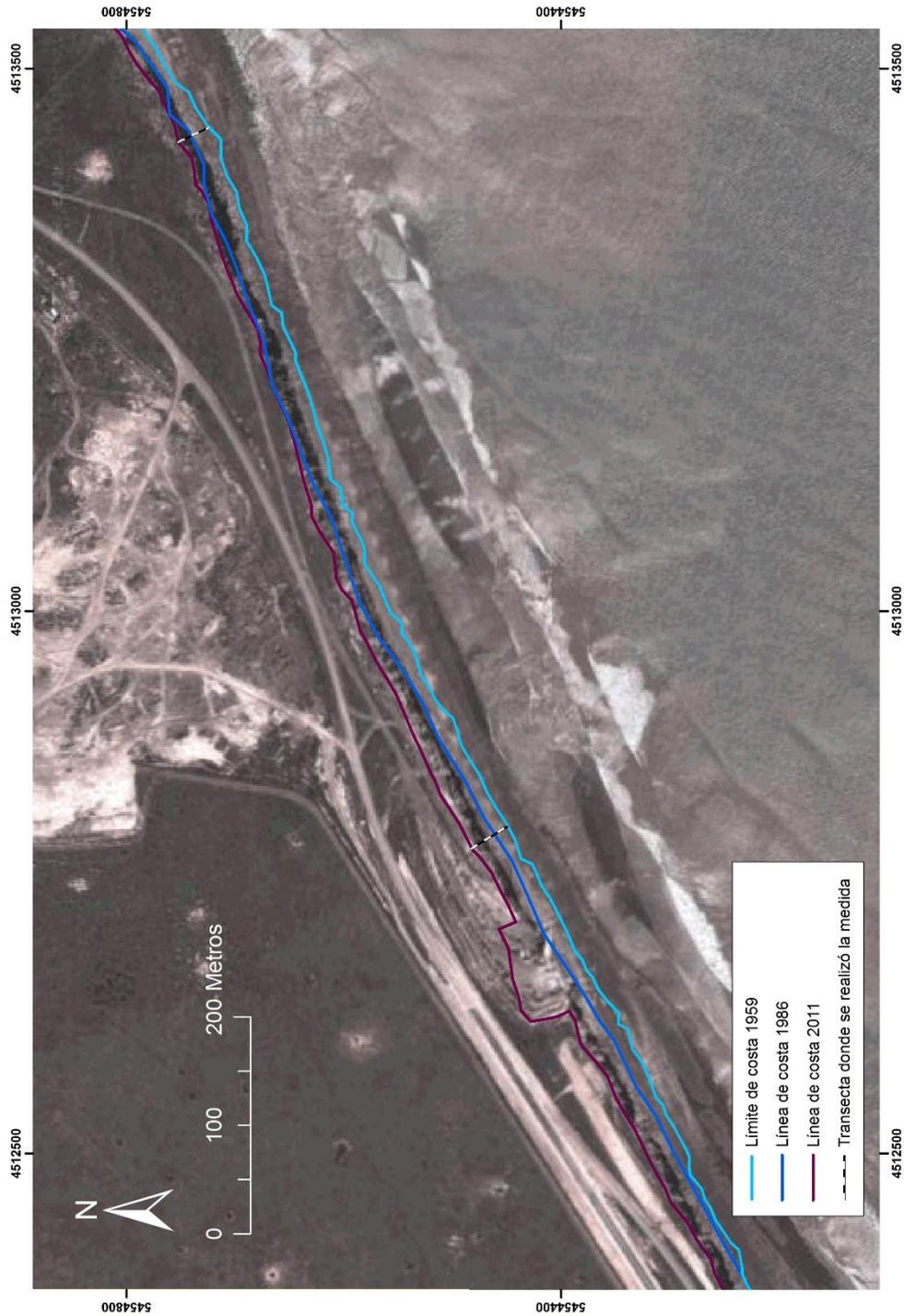


Figura 6.4: Líneas de costa para los años 1959, 1986 y 2011, se logra apreciar el retroceso que sufre la zona en la actualidad.

6.2 Evolución de la costa

A fin de graficar las variaciones a lo largo del tiempo de las geformas costeras en el sitio de estudio, se realizó una recopilación bibliográfica y un análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas tomadas en distintos años. Para la costa rionegrina también se utilizaron los datos morfométricos y geomorfológicos tomados en los viajes de campo; lamentablemente por cuestiones de logística no se pudo acceder a la costa bonaerense.

Para simplificar la descripción de los cambios observados, se decidió dividir la costa en varias áreas limitadas por los perfiles efectuados, coincidentes con los levantados por Colado *et al.* (1986) (Fig. 6.5). Estos últimos perfiles brindaron en su momento información acerca de la morfometría y extensión total de la playa, puesto que fueron levantados seis veces durante un año, de un modo equitativo en el tiempo y siempre en condiciones de bajamarea (Colado *et al.* 1986).

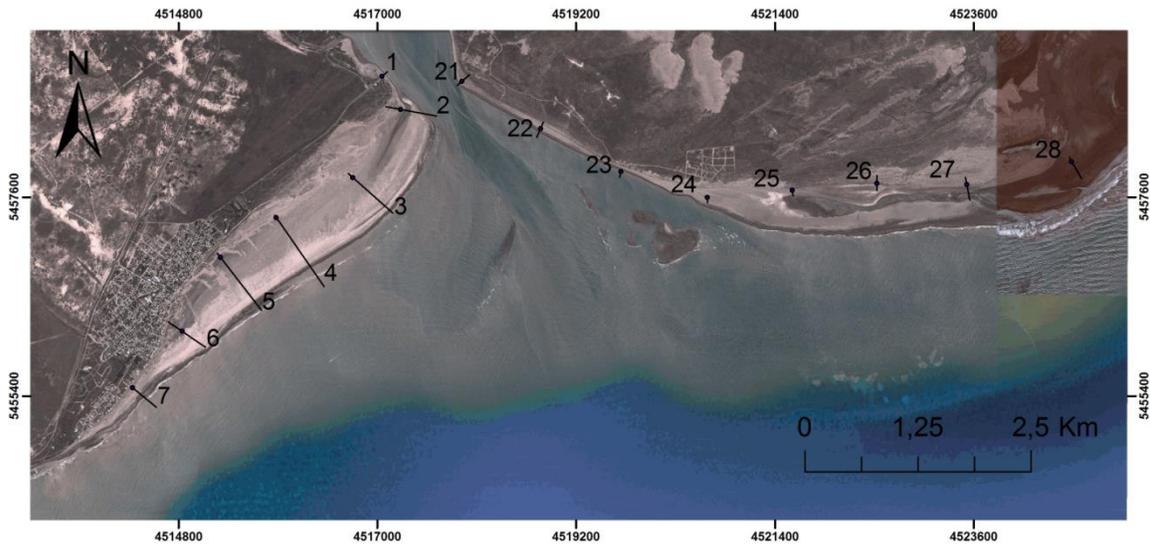


Figura 6.5: Ubicación en una imagen satelital del año 2011 de los perfiles levantados por Colado *et al* (1986).

6.2.1 Costa bonaerense

Inicio de la llanura mareal-perfil 21: Pequeño avance de la línea de costa entre 1959 y 1986 al vegetarse parte de la playa supramareal. Entre 1986 y 2011 no se observa ningún cambio relevante (Fig. 6.6).

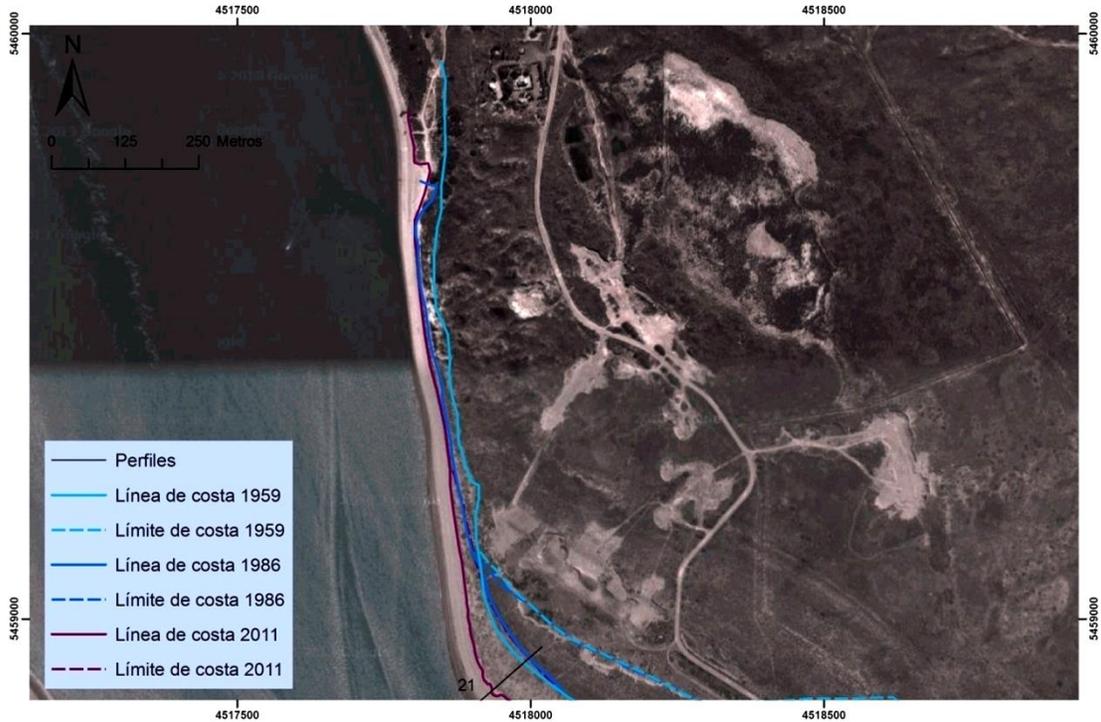


Figura 6.6: Imagen satelital del 2011 donde se volcaron las líneas de costa entre el inicio de la llanura mareal y el perfil 21, de 1959, 1986 y 2011.

Perfil 21-perfil 22: Entre estos perfiles se observa una continua reducción del sub-ambiente de postplaya que se va paulatinamente vegetando y por lo tanto continentalizando (Fig. 6.7).

Con respecto a la línea costa, se observa una relativa estabilidad entre 1959 y 1986, y un avance entre 1986 y 2011.

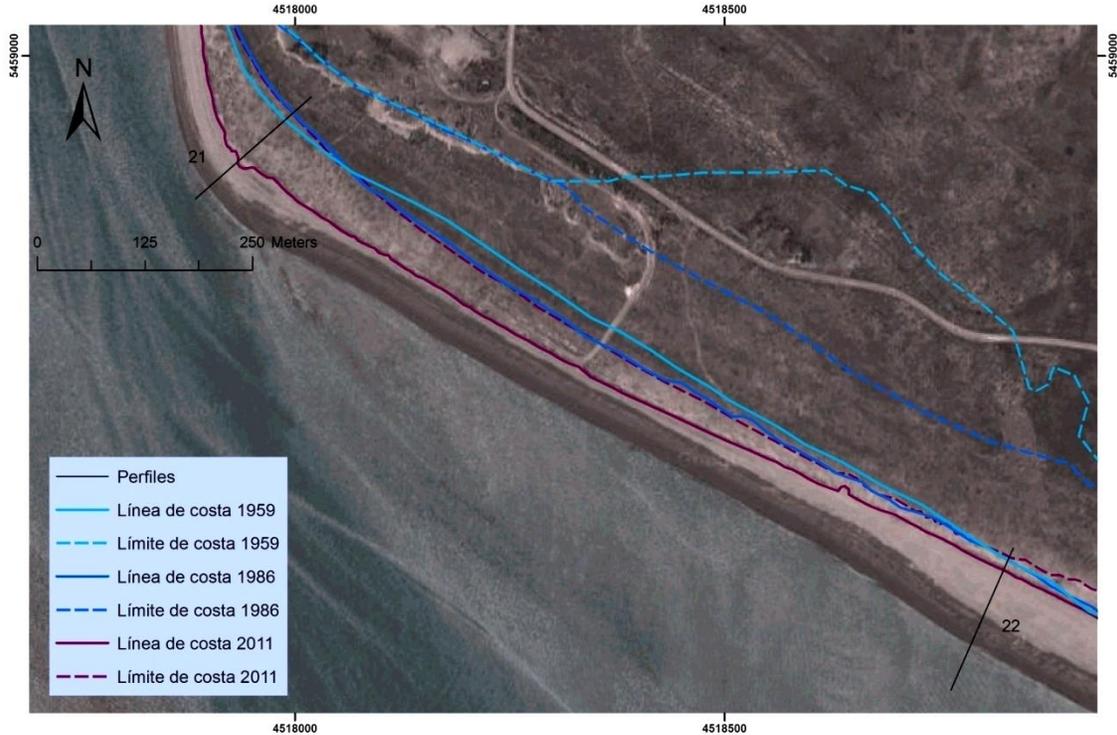


Figura 6.7: Imagen satelital del 2011 donde se volcaron las líneas de costa entre el perfil 21 y 22, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 22-perfil 23: También en este sector el subambiente de postplaya sufre una continua disminución de tamaño (Fig. 6.8). Es interesante observar como terrenos que habían sido ya vegetados antes del 1959 o entre 1986 y 2011, se reactivan por los médanos de tipo *blow-out* que se aprecian en la imagen satelital del 2011.

Con respecto a la línea de costa, el área entre los perfiles 22 y 23 parece ser una zona de transición entre una playa en acreción y otra en erosión. En la mitad más cercana al perfil 22 la línea de costa es estable, mientras que en el tramo más cercano al perfil 23 se observa un fenómeno erosivo.

Colado *et al.* (1986) grafican en el perfil 23 un microacantilado labrado sobre médanos holocenos vegetados, de 3-3,5 m de altura y el cual se extiende desde Punta Chata a Punta Redonda.

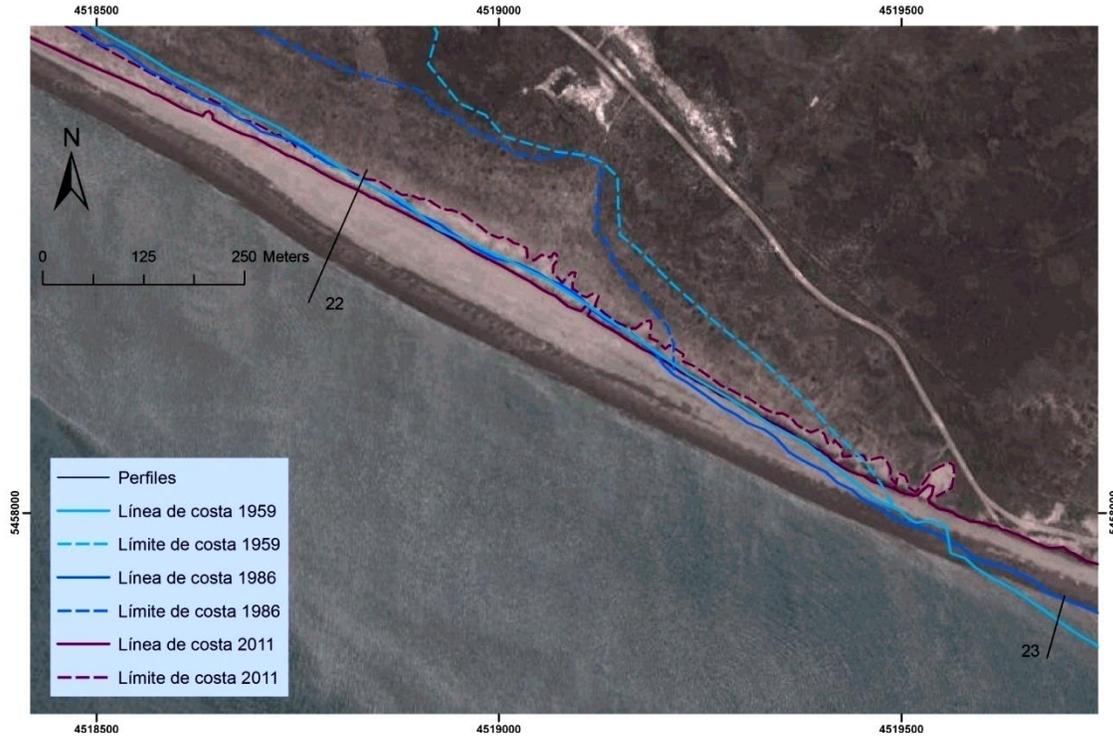


Figura 6.8: Imagen satelital del 2011 donde se volcaron las líneas de costa entre el perfil 22 y 23, de 1959, 1986 y 2011.

Perfil 23-perfil24: En este sector de la playa existió un franco y continuo retroceso de la línea de costa por la erosión del microacantilado, el cual tenía una altura de 3 m en el perfil 24 para el 1986 (Tabla 6.2). Es curioso observar que en este perfil aunque haya retrocedido el microacantilado (o la línea de costa), el ancho total de la playa aumenta 59,7 m entre 1986 y 2011 (Fig. 6.9). Este aumento podría deberse a un fenómeno acrecional que inició en un momento entre 1986 y 2011 posterior al proceso erosivo del microacantilado. Además, de haber existido la acreción esta se tuvo que deber al amalgamiento del Banco de La Hoya al continente y/o por la deriva litoral proveniente desde el SO.

Cerca del perfil 24, en el año 1959 aún no existía el fenómeno erosivo ya que no hay microacantilado sino que postplaya; esto se puede observar en la figura 6.9 donde para este año se traza sea la línea de costa que el límite de costa, indicando así que había presencia de médanos o en esta caso postplaya.

El fuerte retroceso del microacantilado entre el 1959 y el 2011, produjo riesgo por erosión costera en el área de estudio. A través de las fotografías antiguas se observó que

entre 1959 y 1986 se construye una costanera de ripio en el litoral bonaerense, la cual desaparece en la imagen satelital del 2011 al haber sido totalmente “arrasada” por el mar (Fig. 6.9).

Periodo	Diferencia entre líneas de costas (m)	Velocidad de Retroceso (m/año)	
		1959-30/12/1986	30/12/1986- 10/2011
1959-30/12/1986	122,25	4,53	4,05
30/12/1986- 10/2011	92,34	3,69	

Tabla 6.2: Periodos, distancias y velocidades de retroceso de línea de costa, calculados en el presente Trabajo Final para el microacantilado de la margen izquierda de la desembocadura del río Negro. A diferencia de los acantilados rionegrinos, estos no están consolidados y por lo tanto la erosión de los mismos es más veloz.

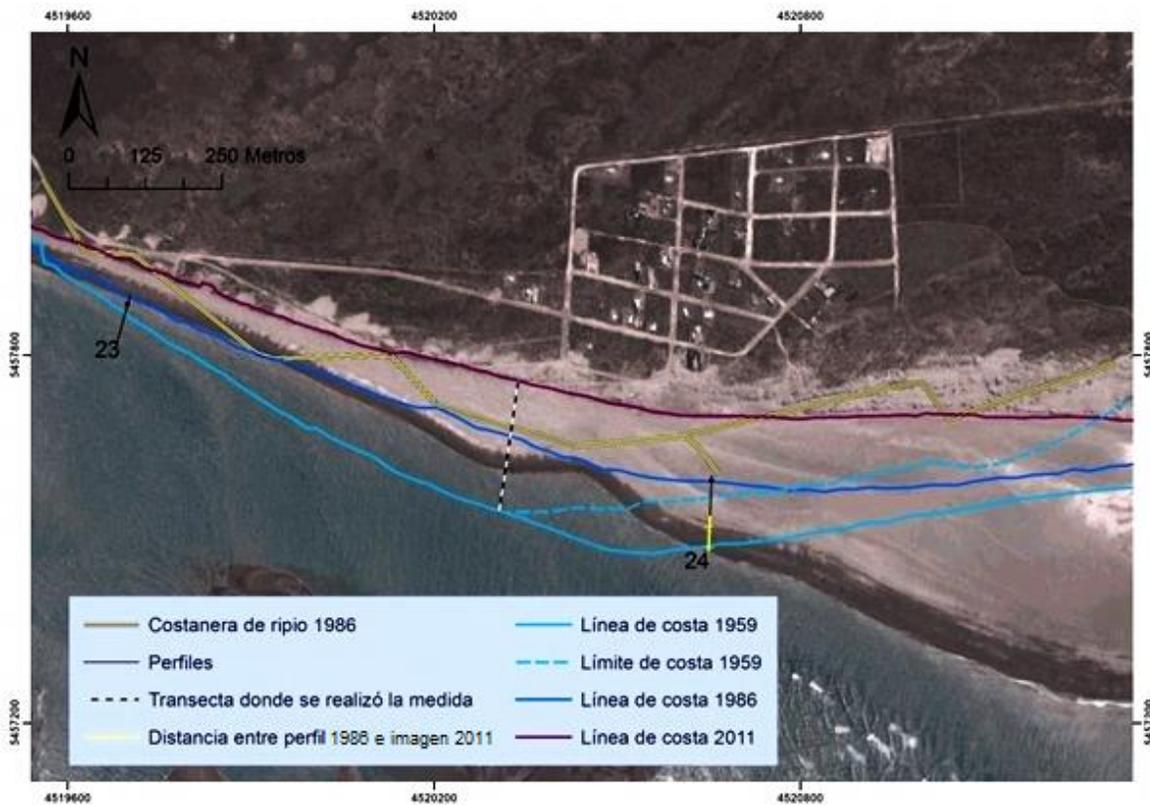


Figura 6.9: Imagen satelital del 2011 donde se volcaron las líneas de costa entre el perfil 23 y 24, de 1959,1986 y 2011. También se ilustra como la costanera de ripio existente en 1986 fue destruida por la retracción de la línea de costa.

Perfil 24-perfil 25: Aquí también se observa un continuo y claro retroceso de la línea de costa (Fig. 6.10). En el perfil 25, al igual que en el 24, aunque haya retrocedido el microacantilado (1,7 m de altura en 1986), el ancho total de la playa aumentó de 647,97 m entre el 12/1986 y el 19/09/2004, año de una imagen satelital realizada durante bajamarea y extraída de *Google Earth*.

En este caso el ensanchamiento se debe sin duda a una acreción que debió ser producida por el amalgamiento del Banco de La Hoya; como el evento tuvo que ser más bien repentino, carece de sentido calcular la velocidad de avance.

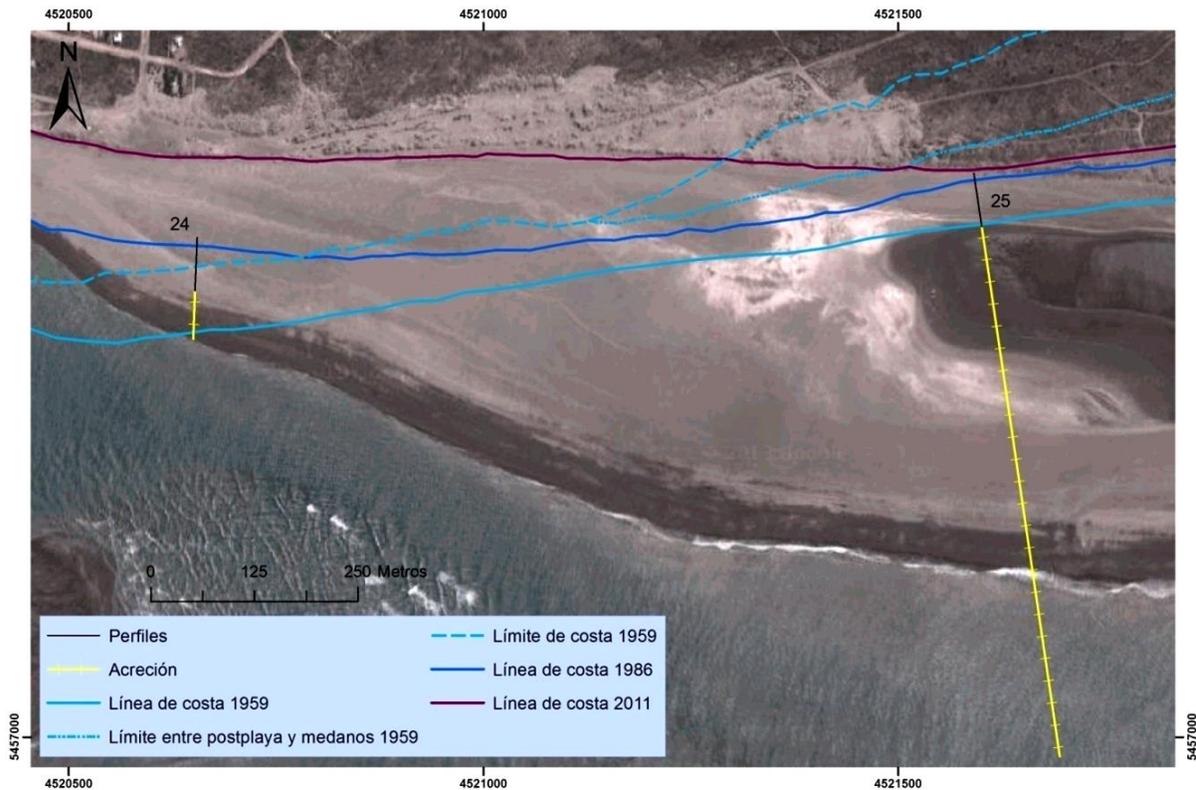


Figura 6.10: Imagen satelital del 2011 donde se volcaron las líneas de costa entre el perfil 24 y 25, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 25-perfil 26: Para el periodo 1959-1986 se observa un retroceso de la línea de costa a lo largo de la mitad más cercana al perfil 25 (Fig. 6.11).

Para el periodo 1986-2011 se ve una estabilidad de la línea de costa a lo largo de todo el sector. En el perfil 26, donde en 1986 no se evidenciaba más la escarpa erosiva, también aumenta el ancho de la playa por el Banco de La Hoya; en este caso el incremento es de 762,97 m para el periodo 12/1986-19/09/2004.

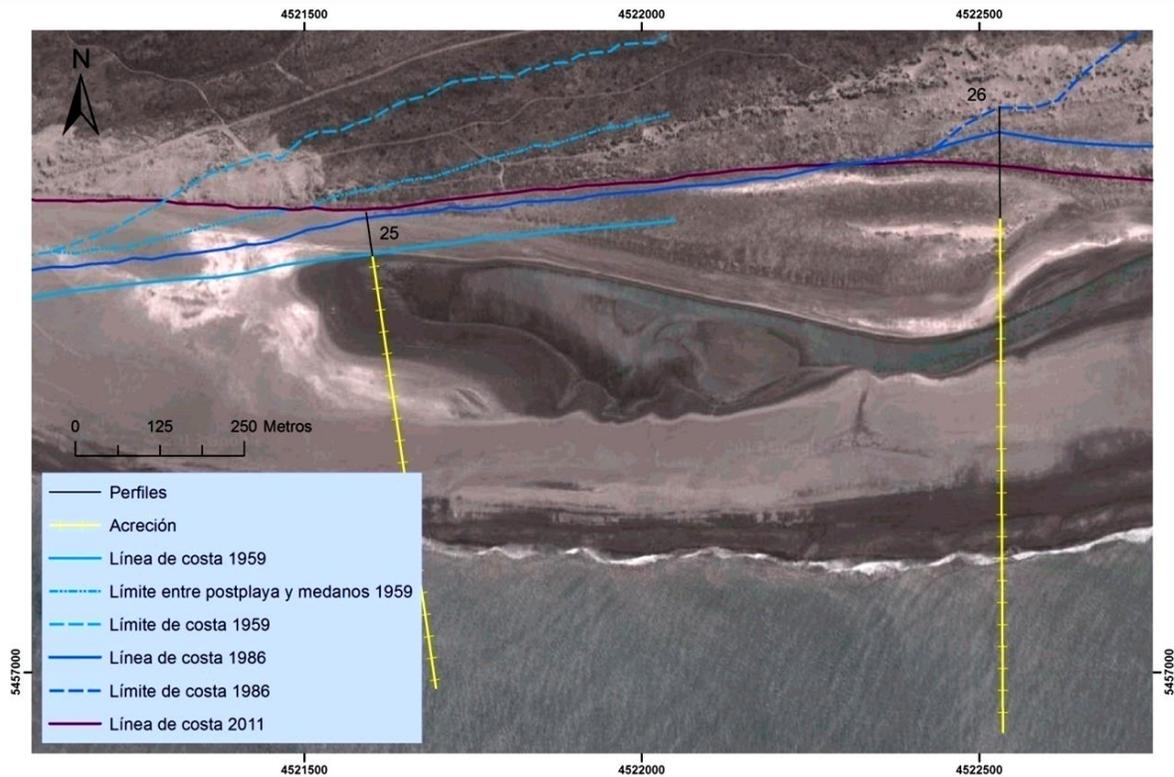


Figura 6.11: Imagen satelital del 2011 donde se volcaron las líneas de costa entre el perfil 25 y 26, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 26-perfil 27-perfil 28: Desde el perfil 26 al 28 se observa un avance de la línea de costa para el periodo 1986-2011 (Fig. 6.12). A su vez se calculó un aumento en el ancho de la playa para el periodo 11/1986-19/09/2004 de 486,44 m para el perfil 27 y de 165,82 m para el perfil 28. También en estos casos la causa es la unión del Banco de La Hoya.

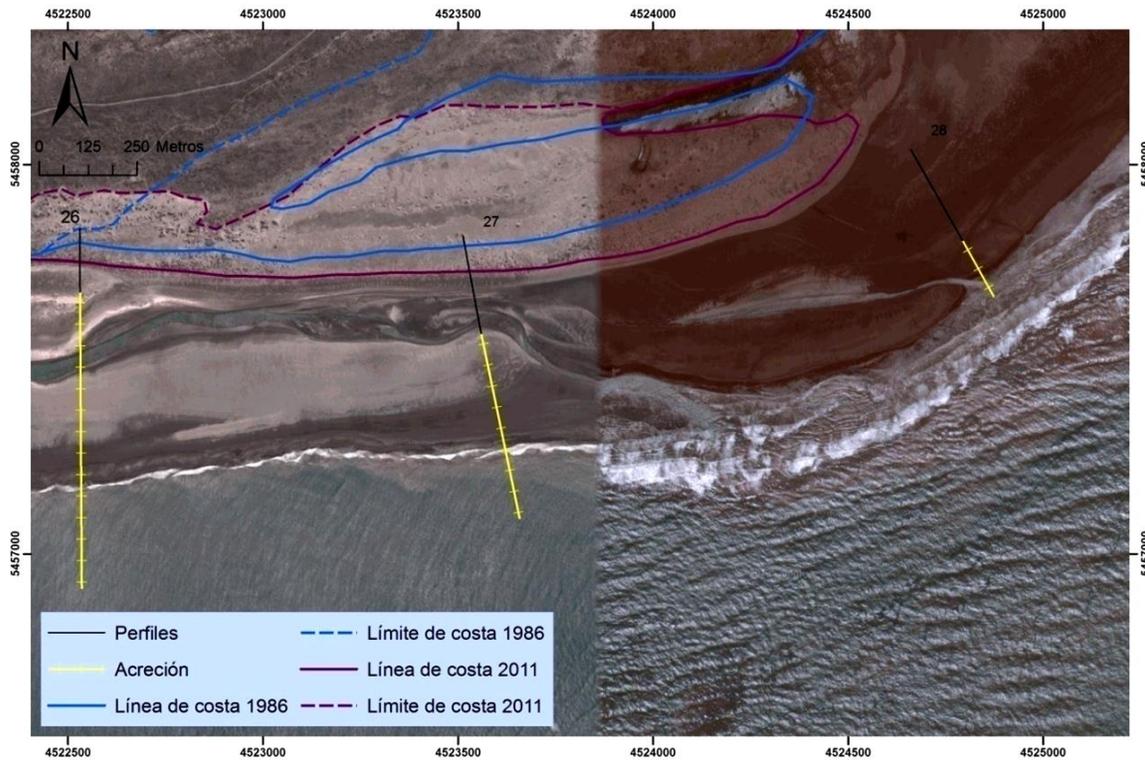


Figura 6.12: Imagen satelital del 2011 donde se volcaron las líneas de costa entre el perfil 26, 27 y 28, de 1986 y 2011.

6.2.2 Costa rionegrina

Inicio llanura mareal-Perfil 1: Entre el perfil número 1 y el comienzo de la llanura mareal se observan dos cambios geomorfológicos importantes, uno es la disminución de la llanura mareal entre 1959 y 1986 y el otro es un aumento continuo de los médanos (Fig. 6.13). Con respecto a la línea de costa, esta no sufrió ningún cambio relevante, sin embargo parece observarse una leve tendencia a la acreción.

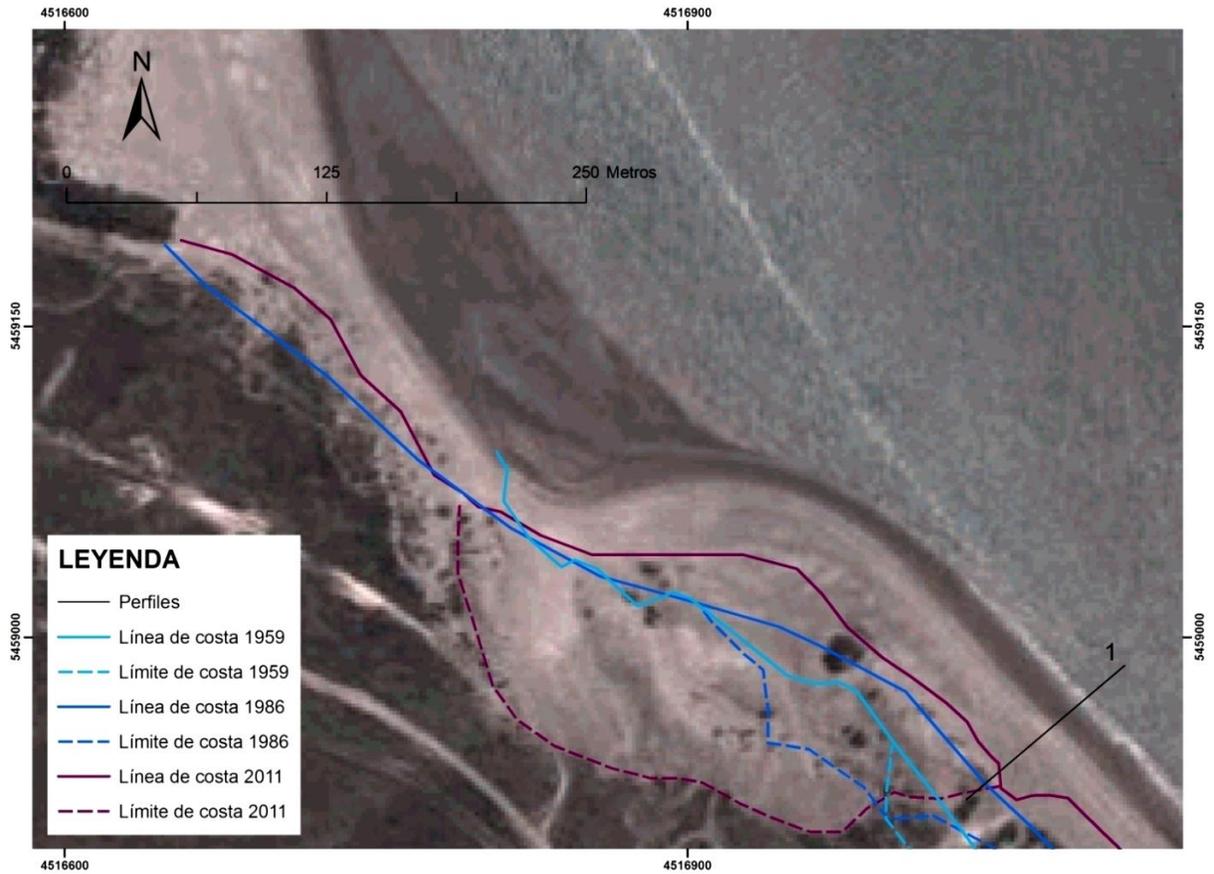


Figura 6.13: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa rionegrinas entre el inicio de la llanura mareal y el perfil 1, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 1-perfil 2: Para el área existente entre estos dos perfiles no se observa ningún patrón crónico de avance o retroceso de la línea de costa. El área medanosa a su vez, desde 1959 al 2011 sufre una reducción en la mitad más cercana al perfil 1 y un aumento en la segunda mitad (Fig. 6.14).

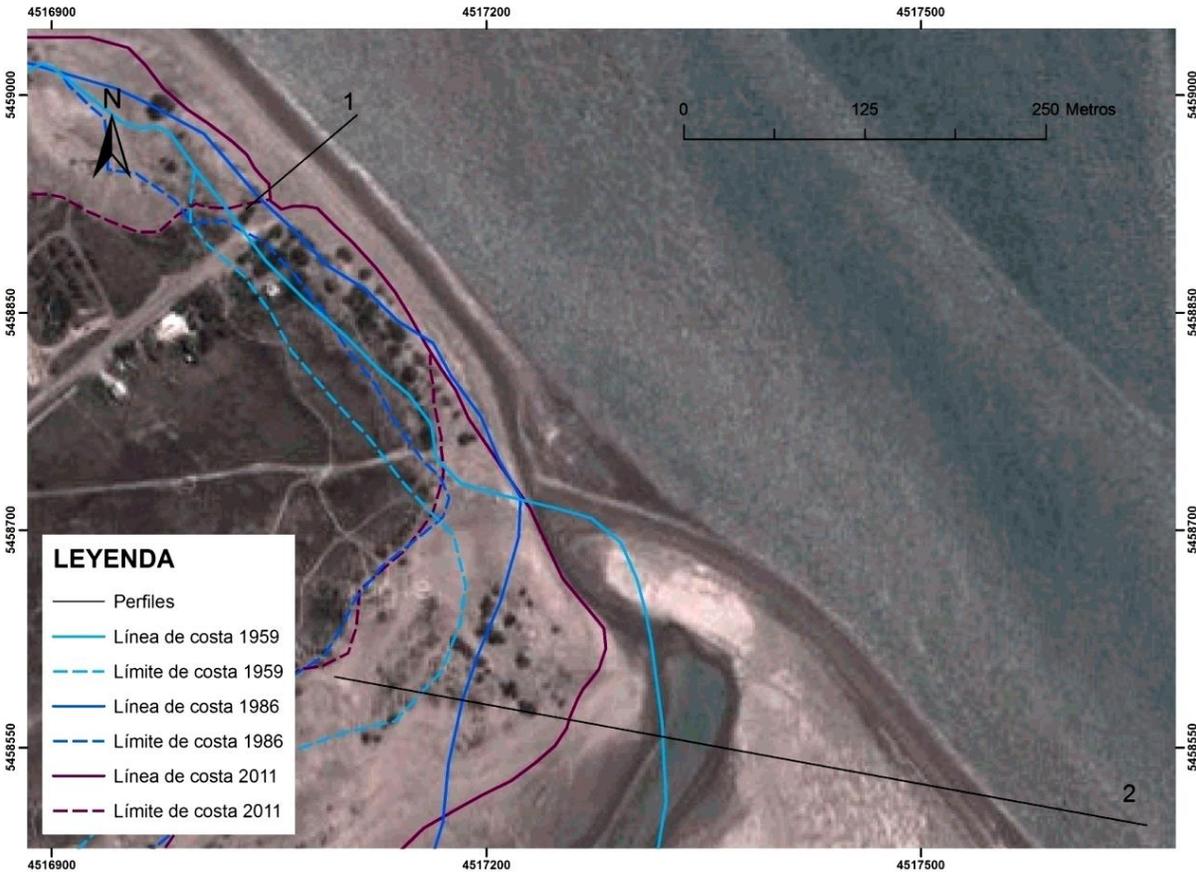


Figura 6.14: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa rionegrinas entre el perfil 1 y 2, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 2-perfil 3: Entre estos perfiles se observa que la línea de costa (inicio de médanos) retrocede hacia el continente entre 1959 y 1986 y por el contrario entre 1986 y 2011 se desplaza erráticamente sin tomar una tendencia fija (Fig. 6.15). Un rasgo geomorfológico importante que aparece entre 1986 y 2011 en el ambiente de playa supramareal, es un canal que entra desde la desembocadura del río con una dirección NE-SO.

Un dato importante aunque no signifique por si solo un estado de acreción de la playa, es la comparación de las distancias hacia el mar que alcanzan los perfiles de 1986 y el área emergida durante baja marea en una imagen satelital del 19/09/2004. De esta comparación se observa que el punto emergido más lejano al continente del 2004 supera por 344,93 m al del perfil 3 de 1986.

Con respecto a los médanos, los mismos sufren un pequeño aumento entre 1986 y 2011.

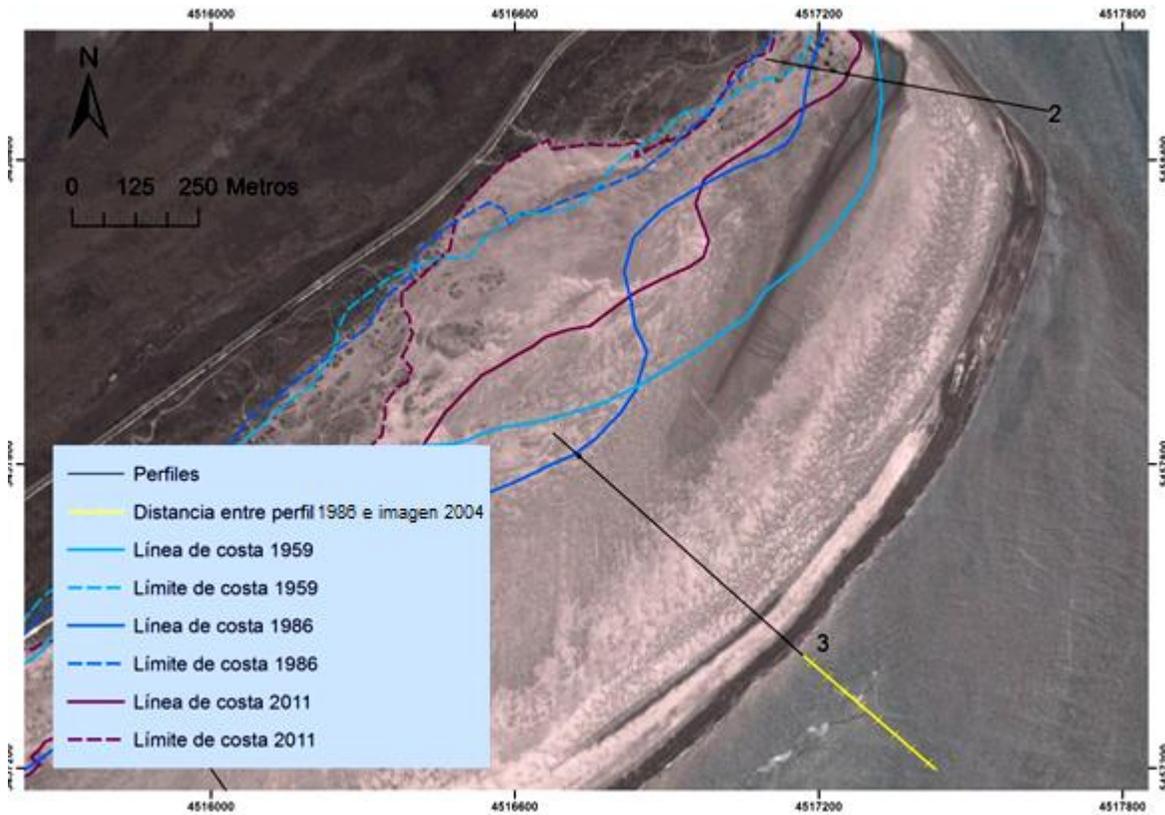


Figura 6.15: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa rionegrinas entre el perfil 2 y 3, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 3-perfil 4: Se evidencia un avance de la línea de costa entre 1959 y 1986; en la figura 6.16 se observa como en la fotografía aérea de 1959 el agua en pleamar superó en 183 m la línea de costa del 86'. Para el periodo 1986-2011 se observa un retroceso de la línea de costa menor al avance producido en el periodo anterior (Fig. 6.17); este hecho contrario al avance del período precedente pudo deberse a la circulación de vehículos por el médano lo que genera efectos deflacionarios por ruptura de la vegetación. A partir de la confrontación de la imagen del 2004 con el perfil 4 de 1986, observamos que el punto emergido de la imagen supera en 157,3 m al punto final del perfil.

Haciendo referencia al campo de médanos costeros, este sufre una disminución de área entre 1986 y 2011 por vegetación.

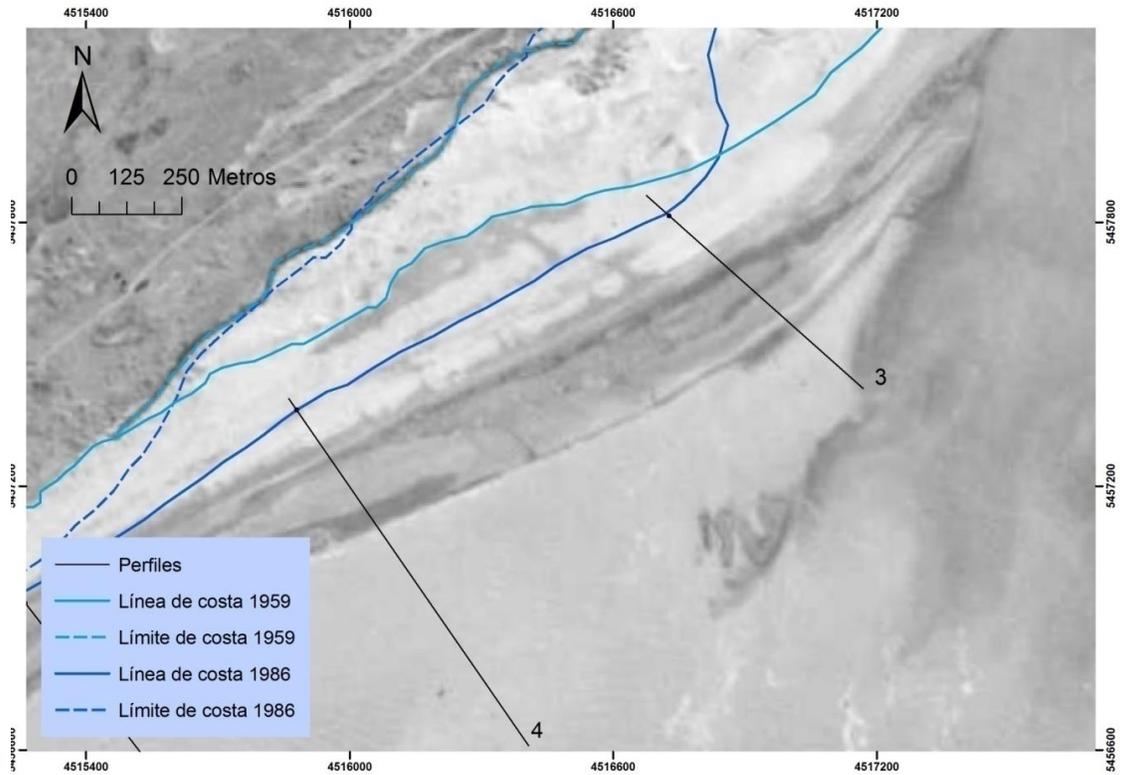


Figura 6.16: Fotografía aérea de 1959 donde se aprecia que el pleamar superó en 183 m la línea de costa del 1986.

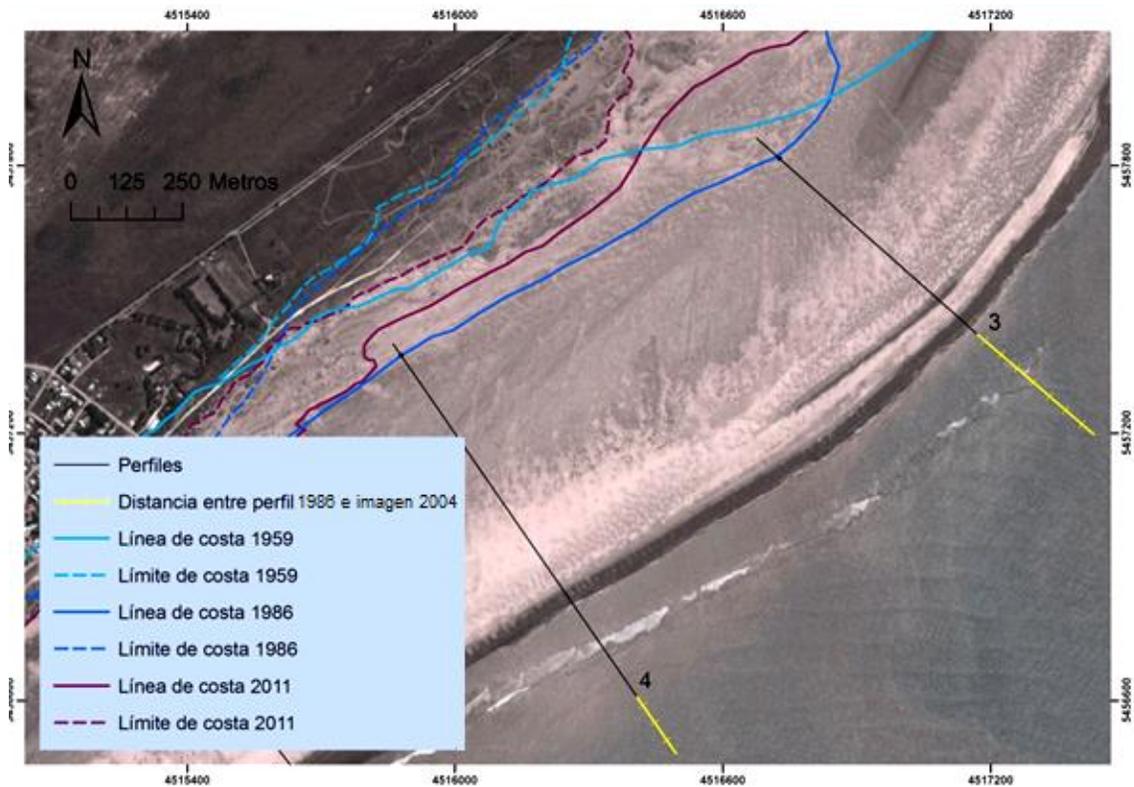


Figura 6.17: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa rionegrinas entre el perfil 3 y 4, de 1959, 1986 y 2011.

Perfil 4-perfil 5: Se aprecia un claro avance de la línea de costa entre 1959 y 1986 formándose médanos donde anteriormente había playa (Fig. 6.18). Como prueba de lo anteriormente dicho se puede observar sobre la traza de los perfiles, que en la fotografía del 1959 donde la situación es de relativa bajamar la zona subaerea no alcanza la mitad de los mismos (Fig. 6.19).

En este caso, el punto emergido más lejano al continente de la imagen satelital del 2004 supera de 65,51 m al correspondiente del perfil 5 realizado en 1986.



Figura 6.18: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa rionegrinas entre el perfil 4 y 5, de 1959,1986 y 2011.

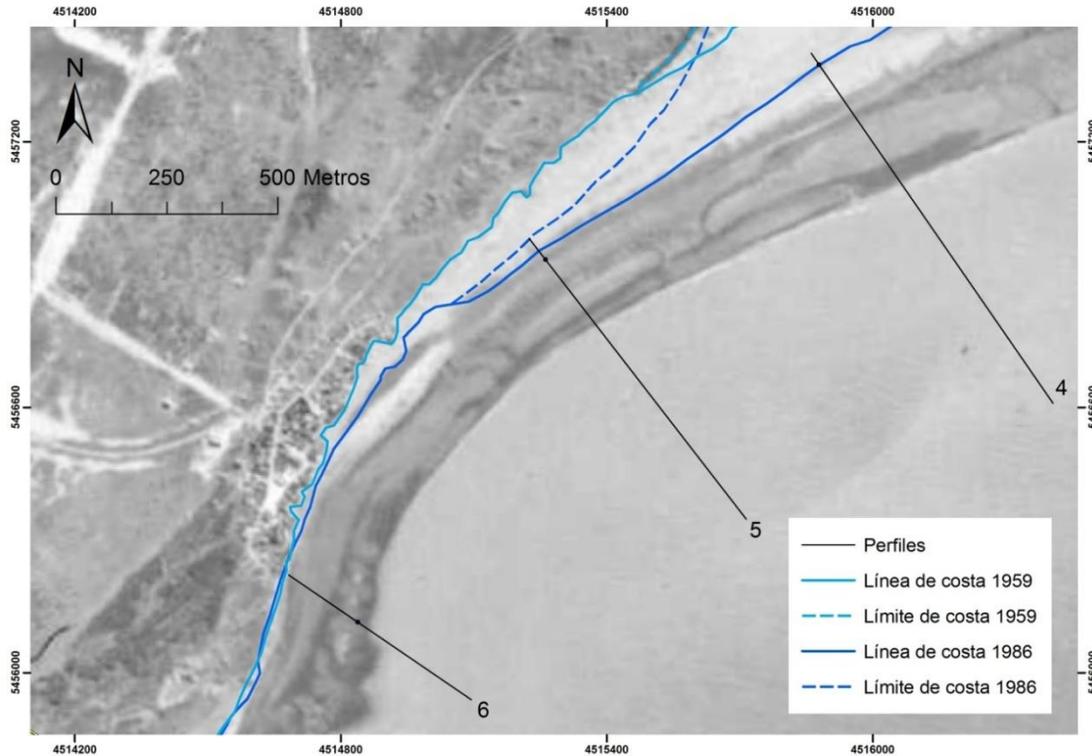


Figura 6.19: Fotografía del 1959 donde en una situación de relativa bajamar la zona subaerea no alcanza la mitad de los perfiles 4, 5 y 6.

Perfil 5-perfil 6: Entre estos perfiles se verifica un leve pero continuo avance de la línea de costa (Fig. 6.20), por ejemplo en la fotografía del 1959, donde la situación es de relativa bajamar, se observa que el sector subaereo no alcanza la mitad de los perfiles 5 y 6 del 1986 (Fig. 6.19). Otro dato interesante surge de la confrontación del perfil 6 con la imagen satelital del 2004, donde se aprecia que esta última se extiende hacia el mar 70 m más que el perfil.

El avance se realiza por fenómenos naturales en las adyacencias al perfil 5, mientras que para el restante sector de playa se debe a causas puramente antrópicas, las cuales se subdividen en edificación del poblado para el periodo 1959-1986 y transformación de médanos en barreras eólicas para el periodo 1986-2011. Este último hecho se efectuó a través de la implantación de tamariscos y con el fin de apaciguar el volumen de arena que se mueve desde la playa supramareal al poblado.

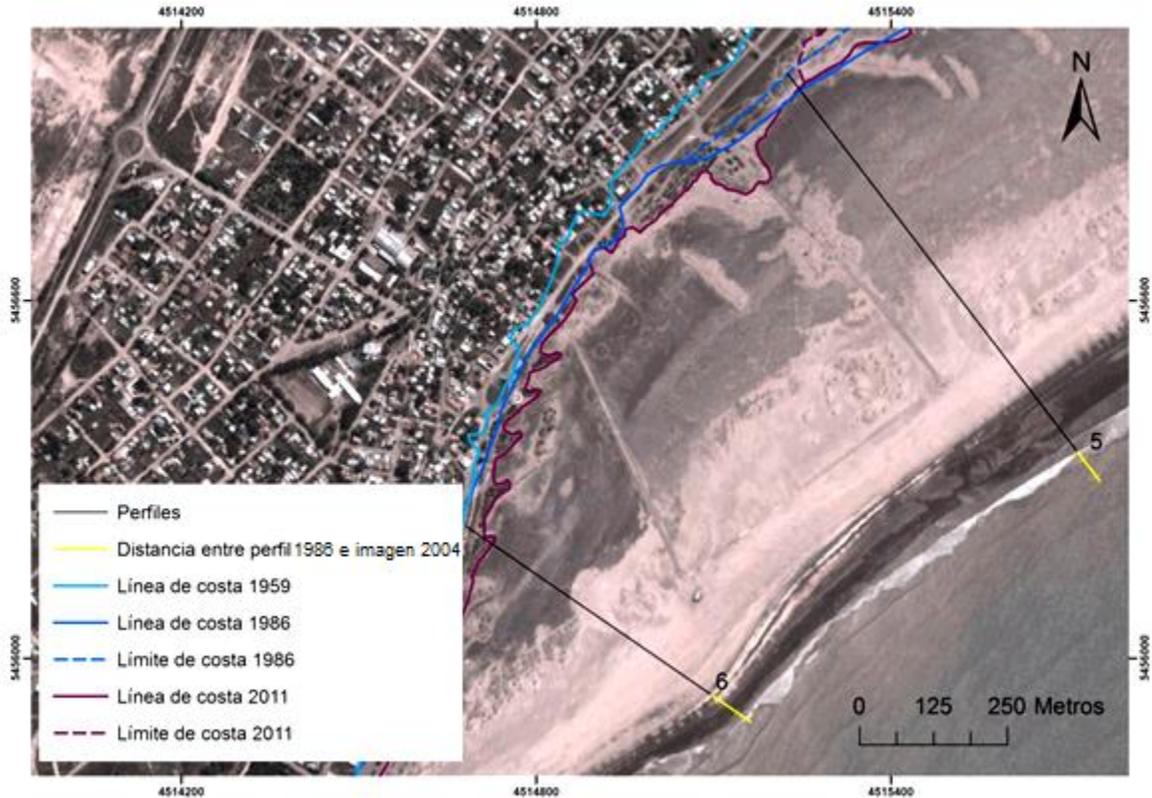


Figura 6.20: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa entre el perfil 5 y 6, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 6-perfil 7: La línea de costa se mantiene estable entre 1959 y 1986 mientras que entre 1986 y 2011 se manifiesta un leve avance por la transformación antrópica del médano costero en barrera eólica y la construcción de la costanera (Fig. 6.21).

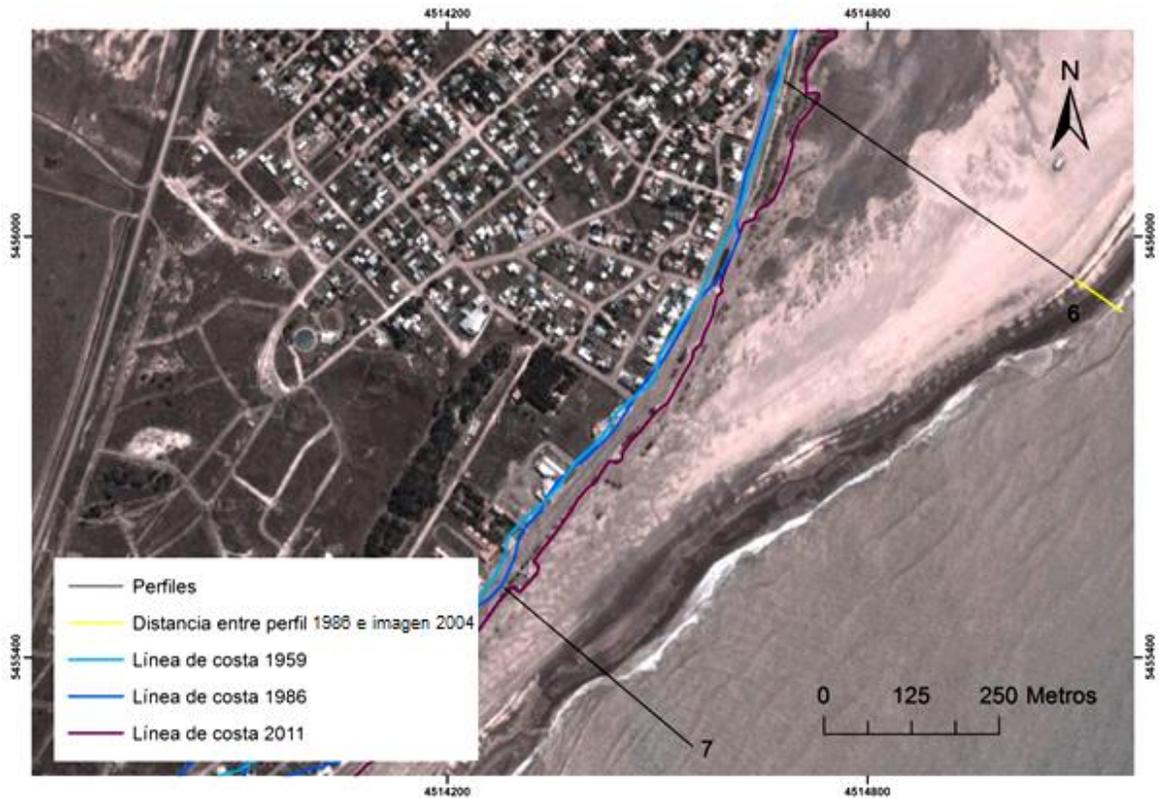


Figura 6.21: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa rionegrinas entre el perfil 6 y 7, de 1959,1986 y 2011.

Perfil 7- costa acantilada: Se observa una relativa estabilidad entre los años 1959 y 1986, mientras que entre 1986 y 2011 hay un avance de la línea de costa nuevamente por factores antrópicos (Fig. 6.22).

Debido al riesgo existente en la zona del cual se discutirá más adelante, es de suma importancia remarcar que las edificaciones construidas en este sector representan un avance de la línea de costa ya que el depósito arenoso donde se emplazaron no presentaban geformas eólicas que evidenciaran la ausencia de dinámicas marinas. Además se pudo inferir que estas construcciones se realizaron sobre playa supramareal y no postplaya a partir de que el depósito arenoso fue vegetado tan solo en una pequeña área entre 1959 y 1986.

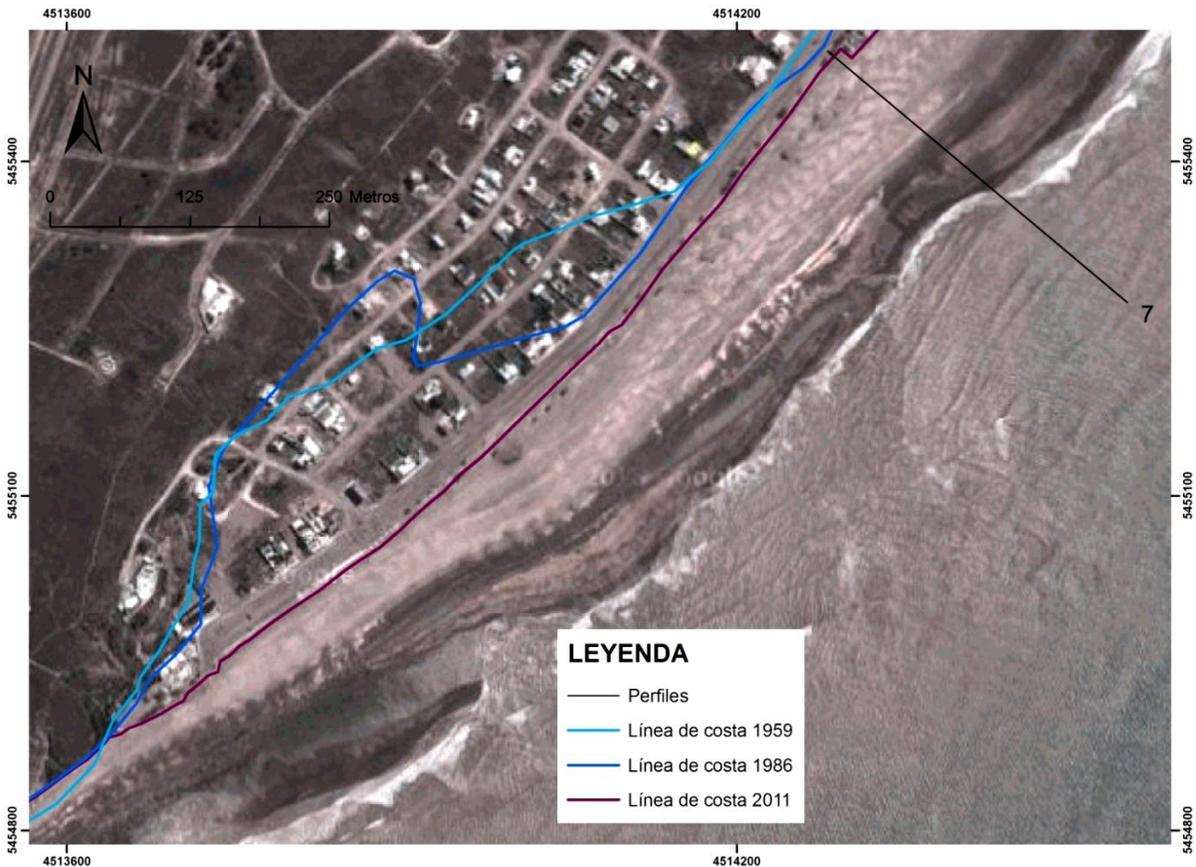


Figura 6.22: Imagen satelital del 2011 donde se graficaron las líneas de costa rionegrinas entre el perfil 7 y la costa acantilada, de 1959,1986 y 2011.

6.3 Campo de dunas

Para el campo de dunas bonaerenses (ver capítulo 5.2) fueron calculadas a través de la superposición de fotografías e imágenes satelitales de diversas edades: la dirección y velocidad de desplazamiento y las variaciones de área por fijación (tabla 6.3). Es importante remarcar que dichos datos fueron calculados únicamente para el campo de dunas más cercano al río Negro ya que es el único del cual se dispone de fotografías del 1959 georreferenciables.

De los datos obtenidos se infirió que al ser el avance de las dunas en sentido N60°E, este no responde al viento predominante sino que al viento de mayor velocidad, que es el SO (Fig. 6.23). También se observó una gran fijación del campo de dunas entre el 1959 y el

1986, la cual seguramente responde a motivos naturales aunque en menor medida razones antrópicas como el comienzo del trazado de calles en el litoral bonaerense potenciaron el fenómeno.

Año de la Medida	Área (m ²)	Porcentaje de reducción de área (%)	Desplazamiento de cresta (m)	Velocidad (m/año)
1959	1.057.733,49	-	-	-
1986	618.086,36	41,57	153,25	5,68
2011	589.725,15	4,59	212,08	8,48

Tabla 6.3: Cálculo de la velocidad de desplazamiento y porcentaje de la reducción de área para el campo de dunas más cercano al río Negro y perteneciente a la barrera medanosa de Carmen de Patagones.

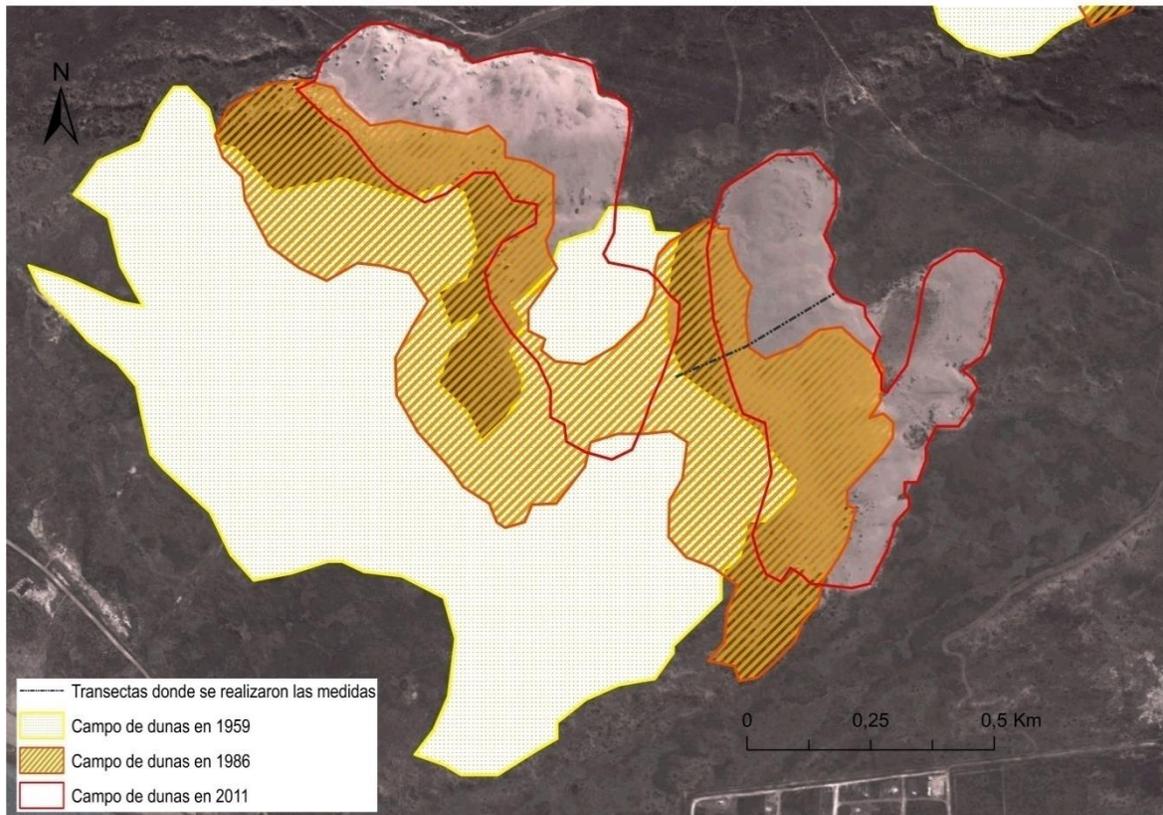


Figura 6.23: Imagen satelital donde se superpusieron los campos de dunas para el 1959, 1986 y 2011; se puede observar el avance de los mismos hacia el NE y la reducción del área a lo largo del tiempo.

7. MORFOMETRÍA DE PLAYAS

Con el objetivo de estimar los parámetros morfométricos correspondientes a cada sector de playa, en la zona de estudio se relevaron siete perfiles topográficos distribuidos desde la desembocadura del río Negro a la playa adyacente a los acantilados rionegrinos (Fig. 7.1). Los parámetros de playa obtenidos se detallan en la Tabla 7.1.



Figura 7.1: Ubicación de los perfiles topográficos levantados en el presente Trabajo Final.

Perfil	Playa total		Playa supramareal		Playa intermareal
	Distancia con perfil sucesivo (m)	Pendiente (°)	Pendiente (°)	Ancho (m)	Pendiente (°)
1	420,03	6,08 ⁰	-	-	-
2	921,56	-	-0,14 ⁰	197,82	2,24 ⁰
3	955,7	-	0 ⁰	674,11	1,66 ⁰
4	758,24	-	0 ⁰	598,08	2,56 ⁰
5	922,01	-	-0,05 ⁰	596,71	1,42 ⁰
6	829,84	-	0,02 ⁰	337,17	1,11 ⁰
7	-	-	-0,17 ⁰	80	1,71 ⁰

Tabla 7.1: Parámetros morfométricos obtenidos del levantamiento de los perfiles topográficos.

7.1 Descripción de los perfiles de playa

Perfil 1: Este perfil se realizó en un ambiente fluvial con marcada influencia de mareas, comienza en la cresta de un médano costero y continúa hacia el río. El perfil fue realizado veinte minutos antes de la hora de alta marea y por ende la transecta abarca una pequeña parte de la playa intermareal.

En él no fue reconocido una subdivisión morfométrica entre la playa supramareal e intermareal, por lo tanto el valor de 6,08° de la pendiente representa la playa total (Fig. 7.2).

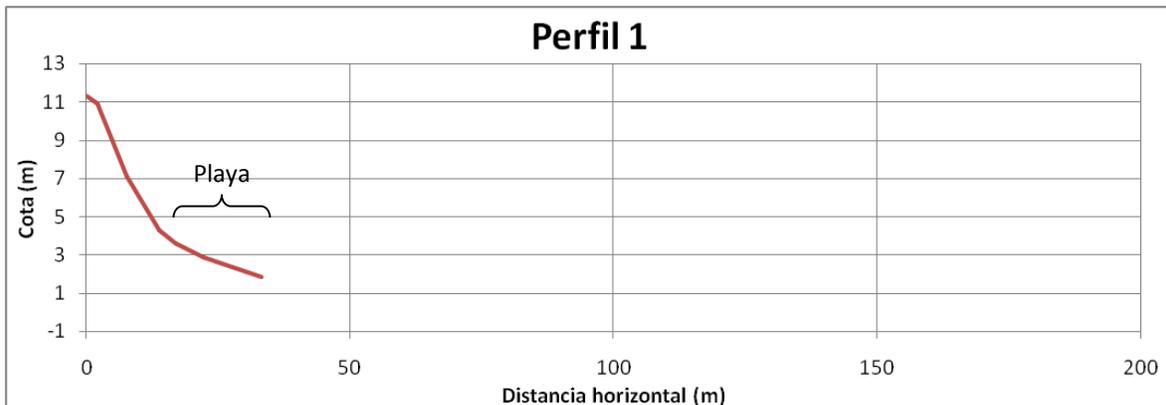


Figura 7.2: Perfil topográfico N° 1, fue realizado con una exageración vertical de 3,5.

Perfil 2: Este perfil está posicionado en la desembocadura del río y se encuentra en una zona de mezcla entre un ambiente fluvial y marino. Fue tomado una hora antes del pleamar y por consiguiente gran parte de la playa intermareal no pudo ser incluida en el análisis.

Además de presentar una berma, posee un rasgo particular que es un canal supramareal; el mismo ingresa desde río y atraviesa el perfil perpendicularmente. Respecto a su inclinación, el subambiente supramareal presenta una pendiente inversa de $0,14^\circ$, en cambio el subambiente intermareal analizado posee una pendiente normal de $2,24^\circ$ (Fig. 7.3).

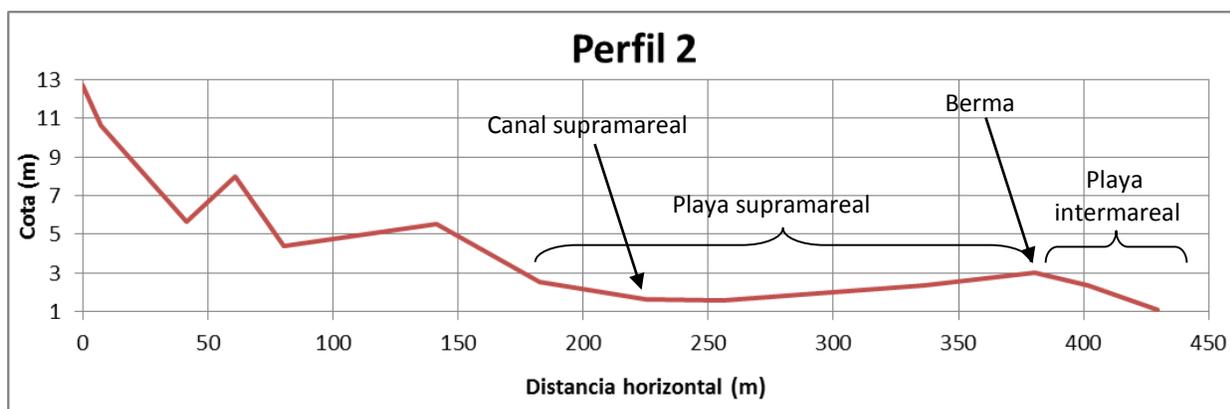


Figura 7.3: Perfil topográfico N° 2, fue realizado con una exageración vertical de 8,3.

Perfil 3: Este perfil al igual que los otros comienza en la cresta de una cadena de médanos costeros. Fue realizado una hora y media antes de la alta marea, causa por la cual no se encuentra representada parte de la playa intermareal.

La pendiente resultante es nula para el subambiente supramareal, mientras que es igual a $1,66^\circ$ para el subambiente intermareal analizado (Fig. 7.4). Este perfil es el más largo de todos y se ubica en el sector de playa con mayor desarrollo, dentro de la zona de estudio. Posee una berma que a diferencia del perfil anterior tiene una inclinación casi horizontal.

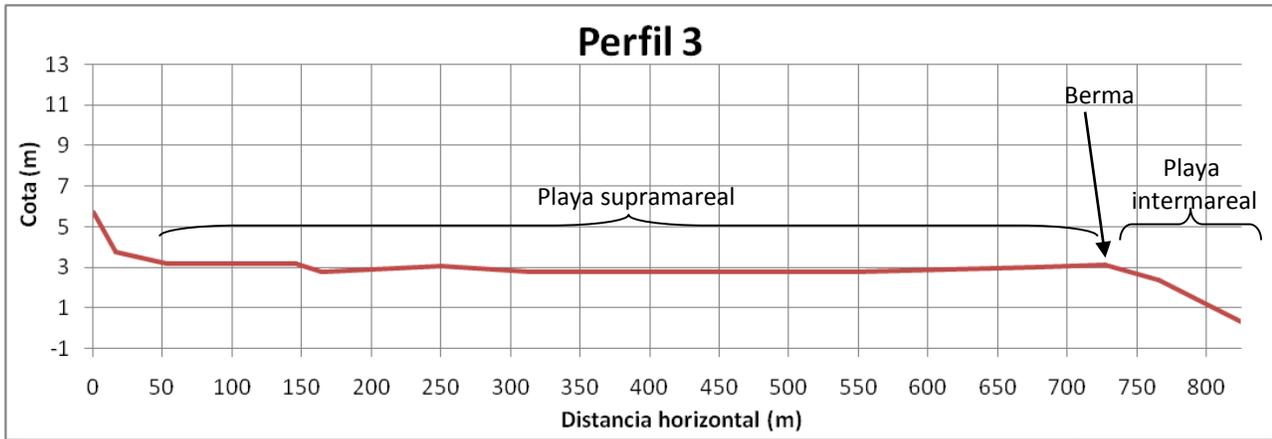


Figura 7.4: Perfil topográfico N° 3, fue realizado con una exageración vertical de 14,8.

Perfil 4: El perfil 4 fue realizado tres horas antes del pleamar (o tres horas después del bajamar) y también comienza en la cresta de una cadena de médanos, los cuales en este sector presentan un desarrollo más limitado. La pendiente resultante es nula para el subambiente supramareal, mientras que es igual a $2,56^\circ$ para el subambiente intermareal analizado (Fig. 7.5).

Presenta un canal intermareal y una berma con una importante inclinación.

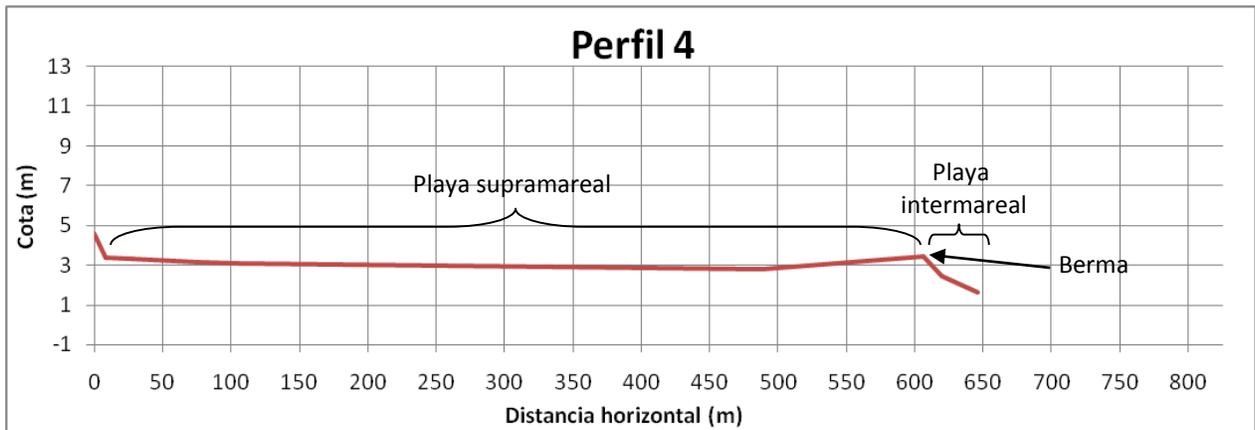


Figura 7.5: Perfil topográfico N° 4, fue realizado con una exageración vertical de 14,8.

Perfil 5: El presente perfil al igual que en los otros casos, inicia en la cresta de una cadena de médanos costeros y respecto a todos fue el que se efectuó más cercano a la hora del bajamar, al haber sido tomado dos horas antes de la alta marea. Presenta un canal intermareal y una berma que como en perfil anterior posee una importante pendiente.

Aquí la pendiente de la playa supramareal es inversa y tiene un valor de $0,05^\circ$, mientras que la playa intermareal presenta un valor de $1,42^\circ$ (Fig.7.6).

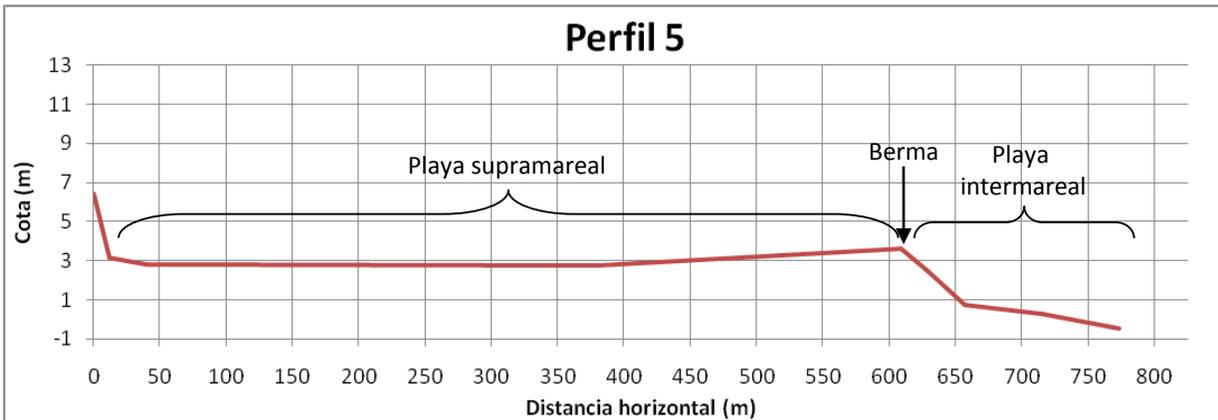


Figura 7.6: Perfil topográfico N° 5, fue realizado con una exageración vertical de 14,8.

Perfil 6: En este perfil se comienza a evidenciar el angostamiento de la playa a medida que nos aproximamos a los acantilados. En esta transecta se tomó como punto de inicio el pie de un médano vegetado cercano a la defensa costera del pueblo, dado que aquí no hay más activos. El perfil fue realizado tres horas antes del pleamar, es decir en la mitad del tiempo entre los dos ciclos. La playa supramareal presenta una pendiente muy suave de $0,02^\circ$, mientras que la pendiente analizada de la playa intermareal es de $1,11^\circ$ (Fig. 7.7). Posee una berma nítida y un canal intermareal.

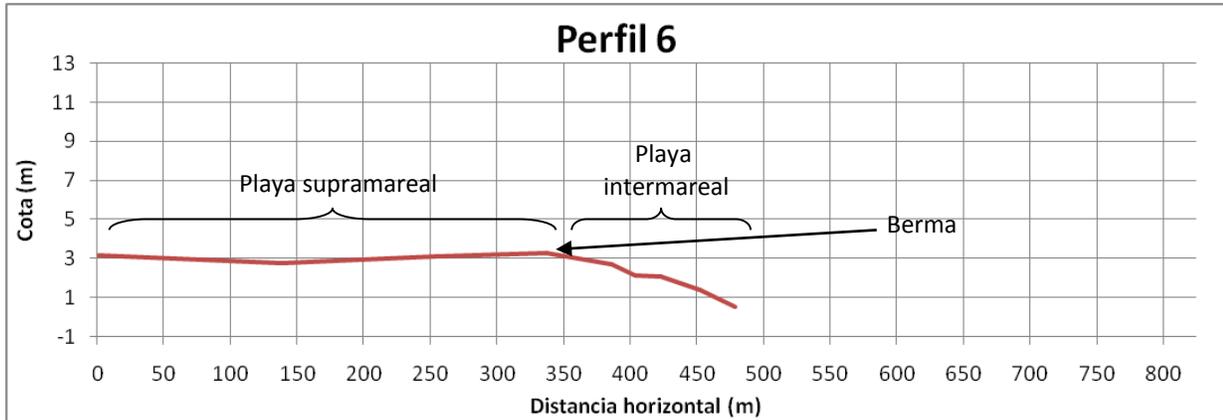


Figura 7.7: Perfil topográfico N° 6, fue realizado con una exageración vertical de 14,8.

Perfil 7: El perfil siete es el más cercano al acantilado rionegrino y su menor longitud respecto a los anteriores perfiles de ambiente marino está indicando el acuñaamiento de la playa hacia el SO. Como en este sector no hay médanos, el perfil inicia en una acumulación eólica aledaña a la defensa costera del poblado. En este perfil la playa supramareal tiene una pendiente inversa de $0,17^\circ$, mientras que la intermareal posee una pendiente normal igual a $1,71^\circ$ (Fig. 7.8).

La morfología aterrazada del perfil estaría indicando la presencia de dos bermas, una estable y otra altiméricamente menos elevada de tipo estacional. El perfil fue realizado cuatro horas antes del bajamar de manera tal que carece de una parte de la playa intermareal.

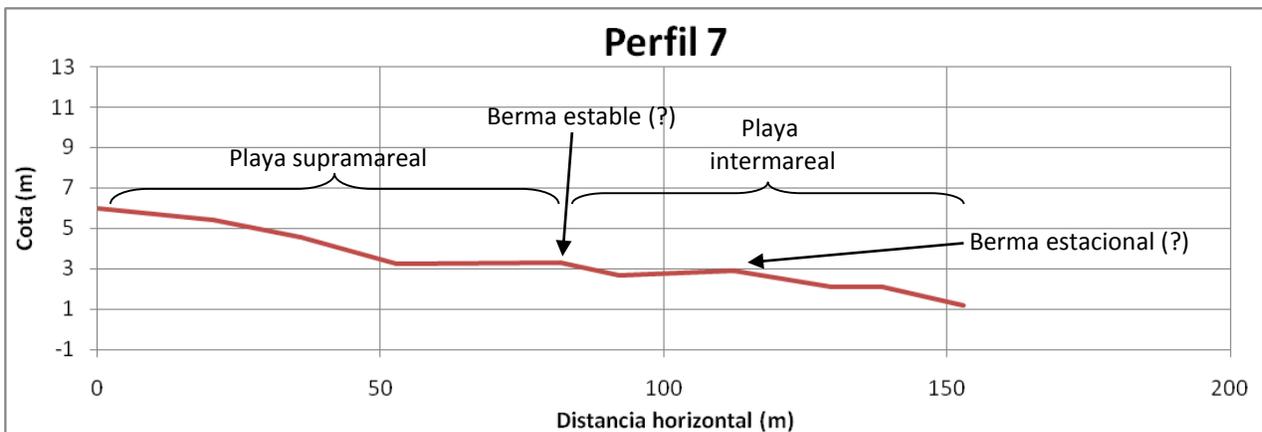


Figura 7.8: Perfil topográfico N° 7, fue realizado con una exageración vertical de 14,8.

7.2 Variaciones del ancho de la playa supramareal en el tiempo

Con el fin de observar variaciones morfométricas a lo largo del tiempo, fueron comparados los anchos de la playa supramareal de los perfiles realizados por Colado *et. al* (1986) y los realizados en este Trabajo Final. Esto se puede lograr ya que ambos levantamientos fueron iniciados en el mismo punto y las trazas se realizaron con la misma dirección. No se realizaron comparaciones sobre la playa intermareal porque en este Trabajo Final los perfiles no fueron efectuados en baja marea y por lo tanto no se tiene la certeza de que representen el valor real del ancho de este subambiente.

Para medir el ancho de la playa supramareal se tomó la distancia comprendida entre el pie del médano costero y la berma, mientras que en los casos donde no existían médanos se tomó como inicio la primera defensa costera.

Posteriormente al cálculo de la extensión del subambiente supramareal, se efectuó una mensura del movimiento hacia el continente o hacia el mar de la berma de playa entre 1986 y 2011.

Considerando que la anchura de playa supramareal está sujeta a los desplazamientos de la línea de costa y de la berma de playa, para calcular el desplazamiento de esta última, se procedió a anular los movimientos en el tiempo de línea de costa para los perfiles donde hubo existido. Es así que en el perfil 2, donde el pie del médano avanzó entre 1986 y 2014 se le sumó al valor del ancho de la playa supramareal del 2014 la distancia del avance. En cambio, para los perfiles 3 y 4 donde el pie de médano (o línea de costa) retrocedió, se le sustrajo al valor de la playa supramareal del 2014 la distancia del retroceso (Fig. 7.9).

Una vez hechas las correcciones, se procedió a medir la diferencia entre el ancho de playa de 1986 y el ancho de playa actual corregido, la cual es también la distancia de avance o retroceso de la berma (Tabla 7.2).

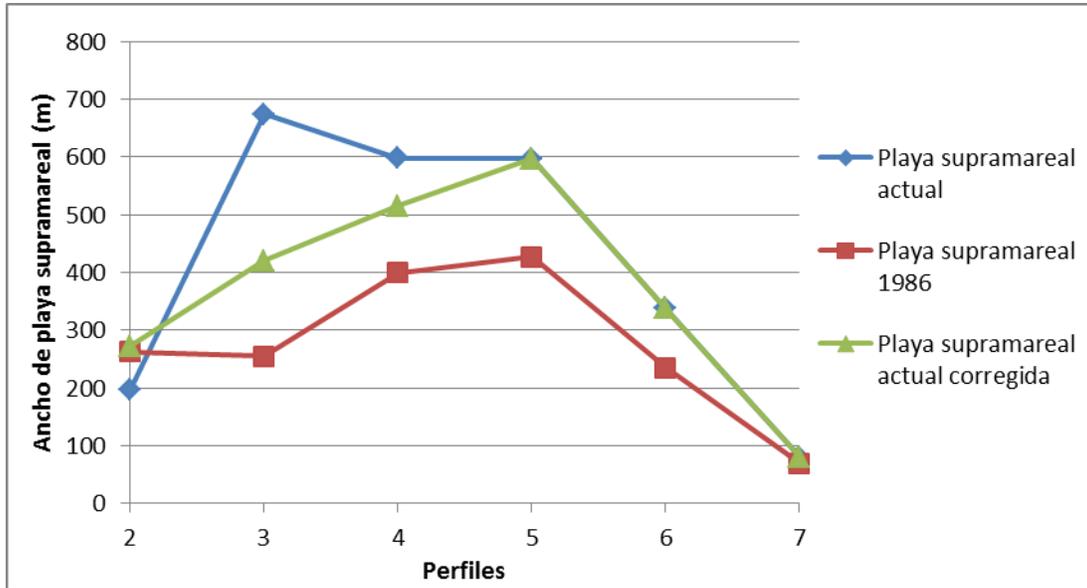


Figura 7.9: Gráfico donde se expone el ancho de playa supramareal para el 1986 y el 2014; además se grafica los valores de playa supramareal actual corregida donde se considera el movimiento de la línea de costa. No aparece el perfil 1 dado que en él no fue identificado la posición que alcanza la marea alta media.

Perfil	Ancho 1986 (m)	Ancho 2014 (m)	Ancho actual con corrección (m)	Desplazamiento de la berma (m)
1	-	-	-	-
2	262,5	197,82	272,82	10,32
3	255	674,11	420,77	165,77
4	400	598,08	515,08	115,08
5	427	596,71	596,71	169,71
6	235	337,17	337,17	102,17
7	70	80	80	10

Tabla 7.2: Se tabulan para los diferentes perfiles el ancho de la playa supramareal de 1986, de 2014, de 2014 corregido y el desplazamiento de la berma. Notar que ningún valor del movimiento de la berma es negativo puesto que todos los perfiles registraron avance.

Como se observa en la tabla 7.2, todos los desplazamientos de la berma fueron positivos, es decir de avance y no de retroceso. Para los movimientos del orden de la decena de metros es probable que el valor se deba tan solo a una variación estacional de la berma de playa, lo cual es asiduo. En cambio, para los valores del orden de la centena de metros, es posible que el movimiento este indicando un fenómeno acrecional de la playa en cuestión.

8. ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS ACTUALES

En el presente Trabajo Final se efectuó un análisis textural de los sedimentos de la costa rionegrina; las muestras fueron recogidas a lo largo de los perfiles topográficos efectuados y en los subambientes de costa de: médanos, playa supramareal y playa intermareal (Figs. 5.5, 5.6 y 5.9).

Por cada muestra se realizó la curva granulométrica y el histograma (Figs. 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.7 y 8.7); además se calculó la mediana a través del método gráfico y la media, selección, asimetría y curtosis a través del método de los momentos y según la clasificación de Folk y Ward (1957) (Tabla 8.1).

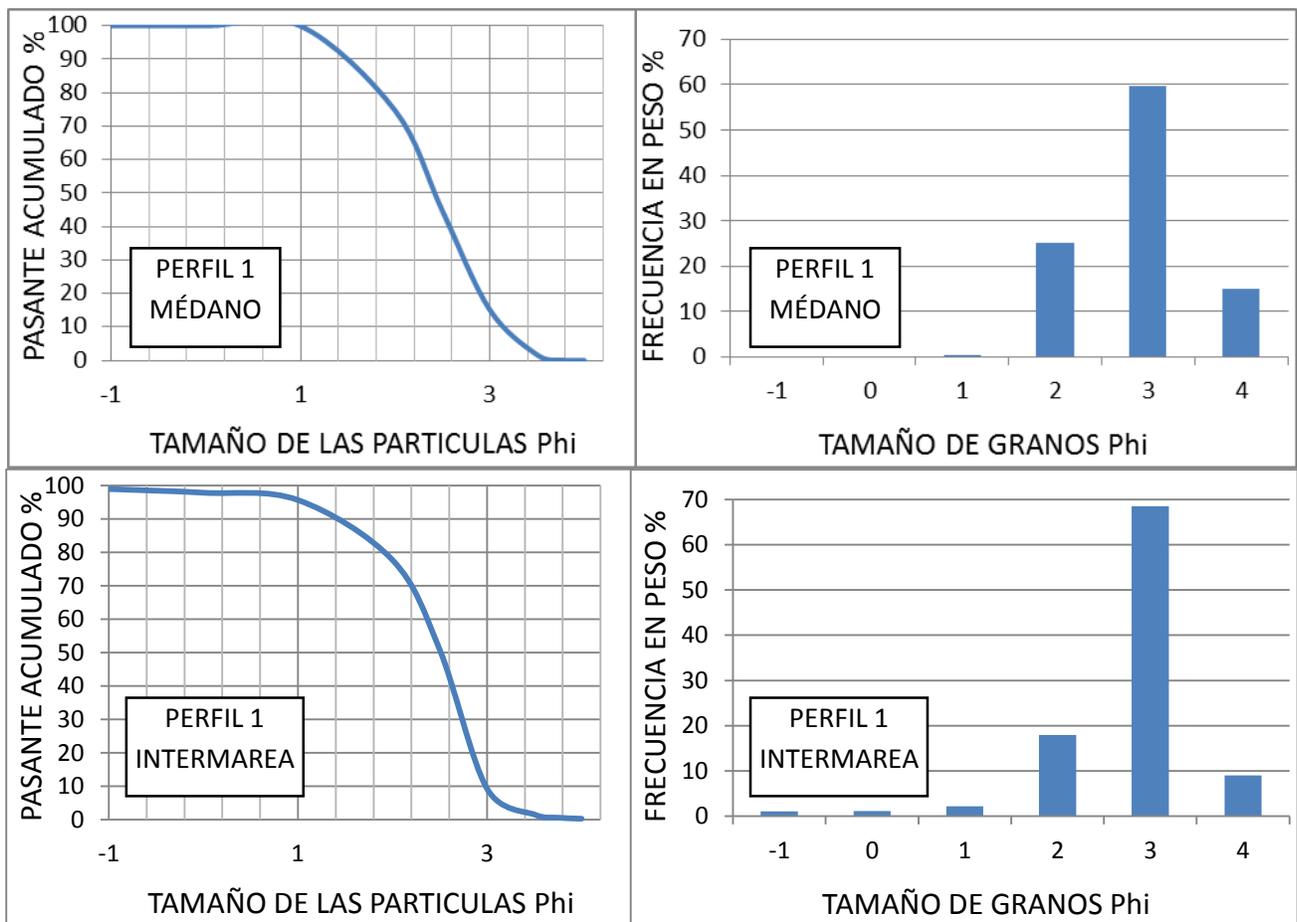


Figura 8.1: Curvas acumulativas e histogramas del perfil 1.

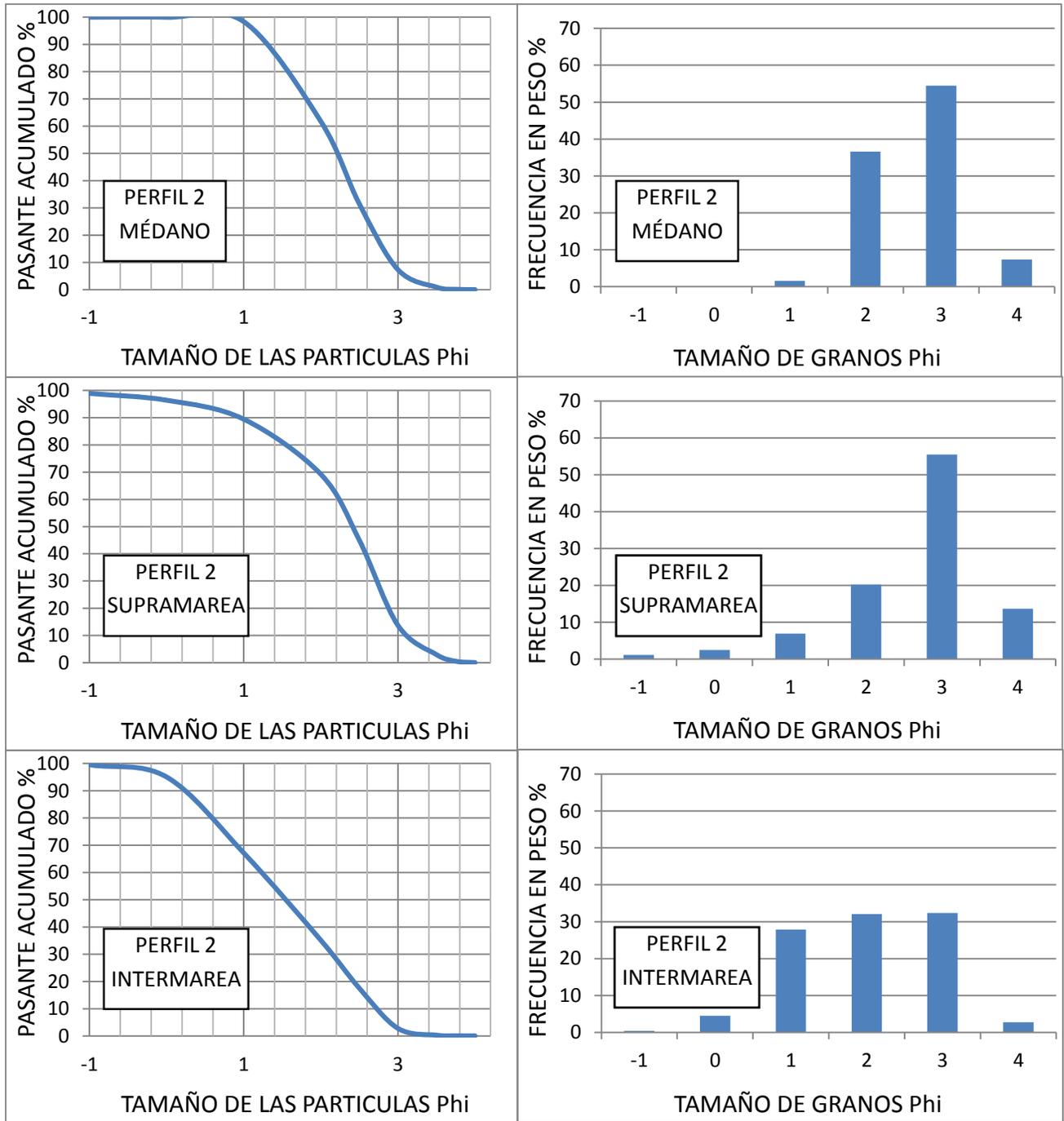


Figura 8.2: Curvas acumulativas e histogramas del perfil 2.

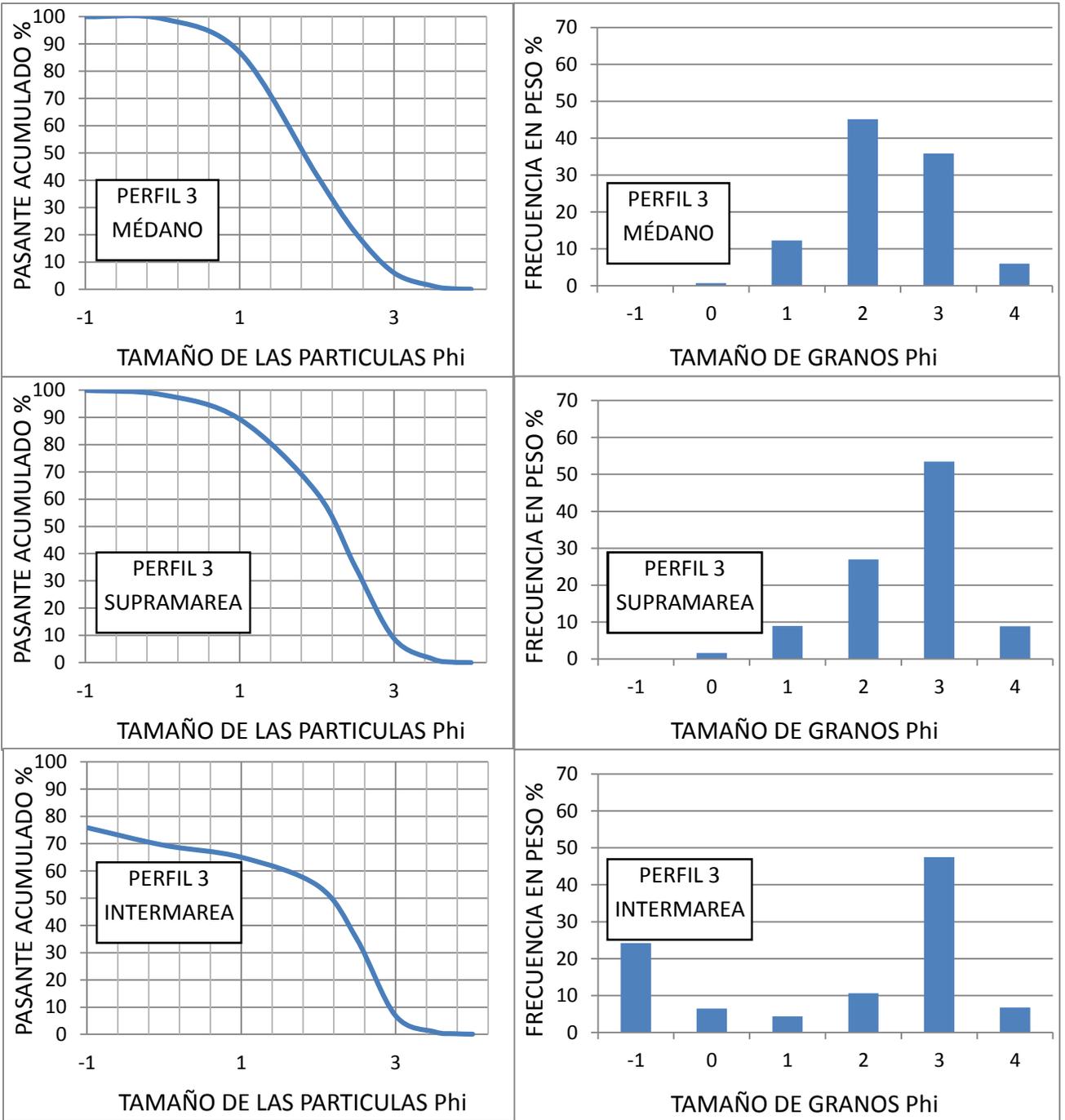


Figura 8.3: Curvas acumulativas e histogramas del perfil 3.

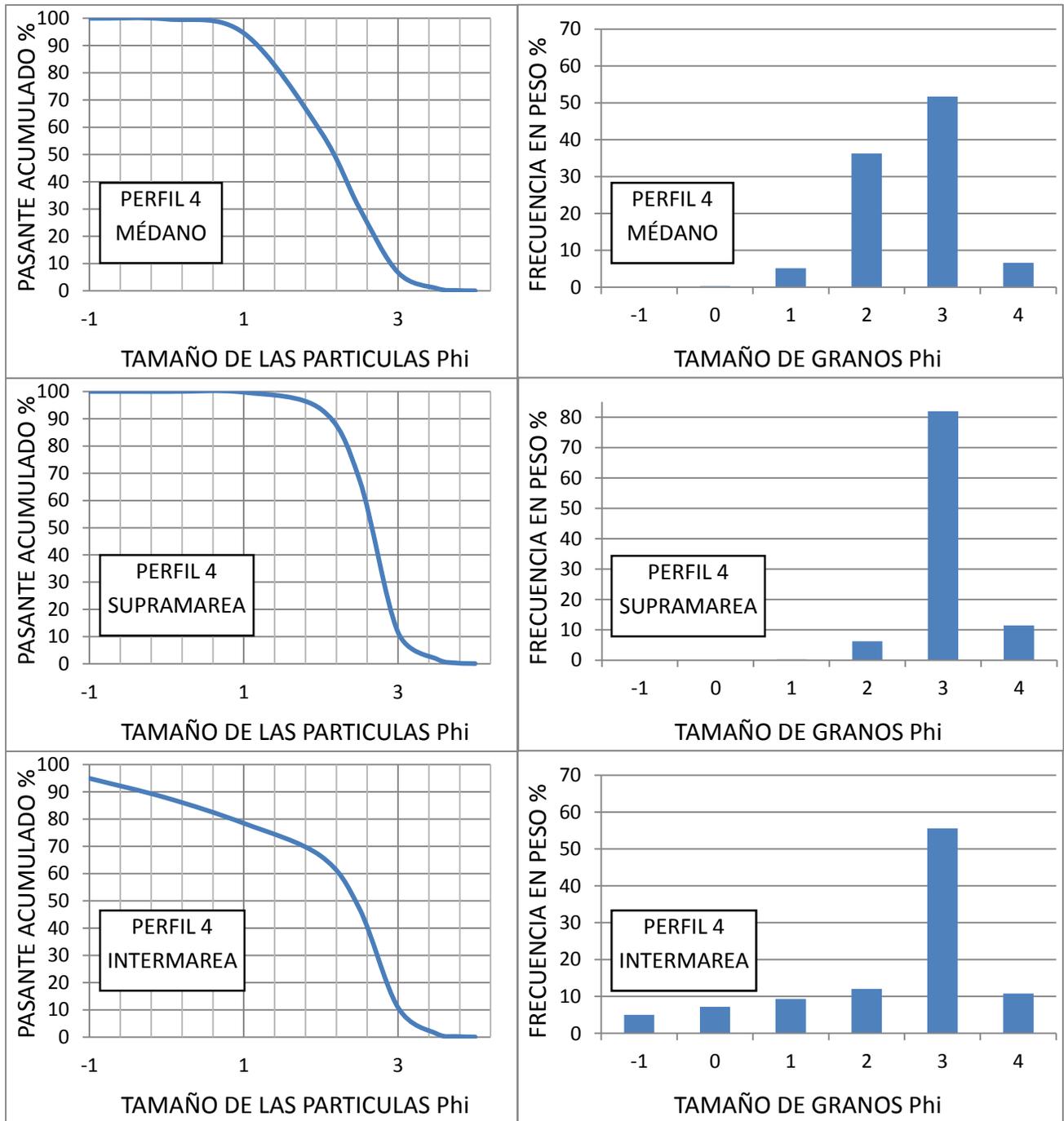


Figura 8.4: Curvas acumulativas e histogramas del perfil 4.

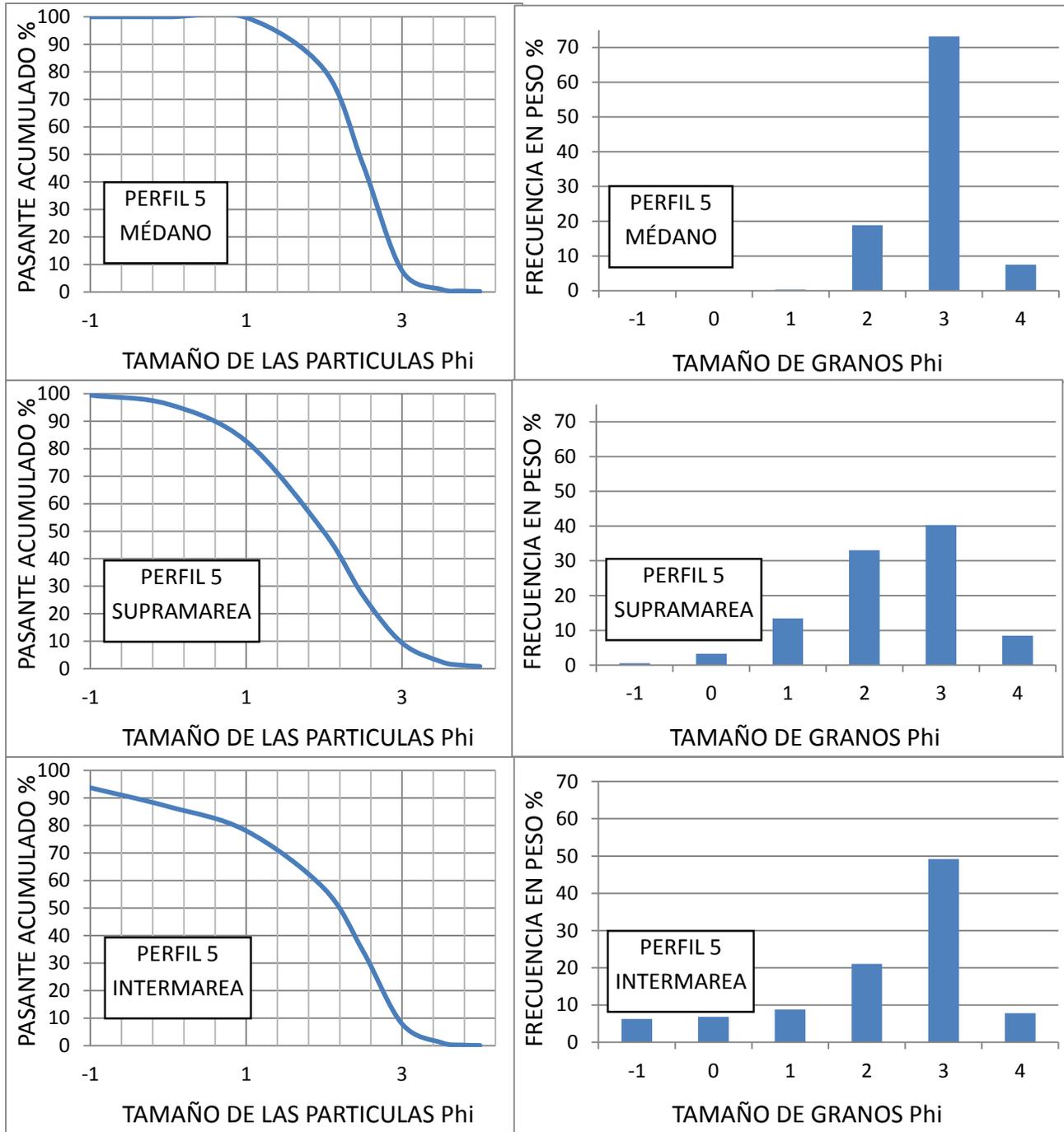


Figura 8.5: Curvas acumulativas e histogramas del perfil 5.

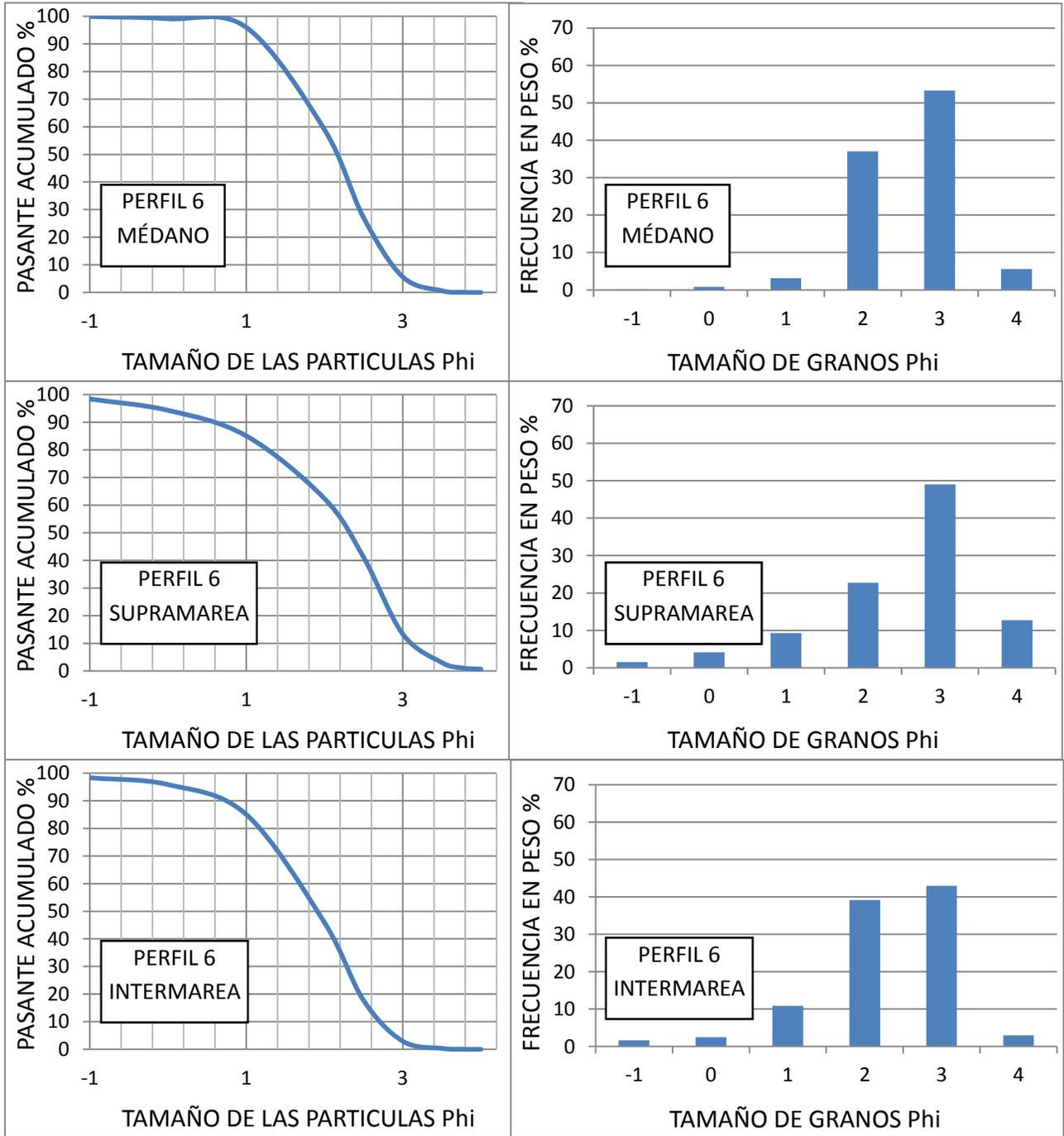


Figura 8.6: Curvas acumulativas e histogramas del perfil 6.

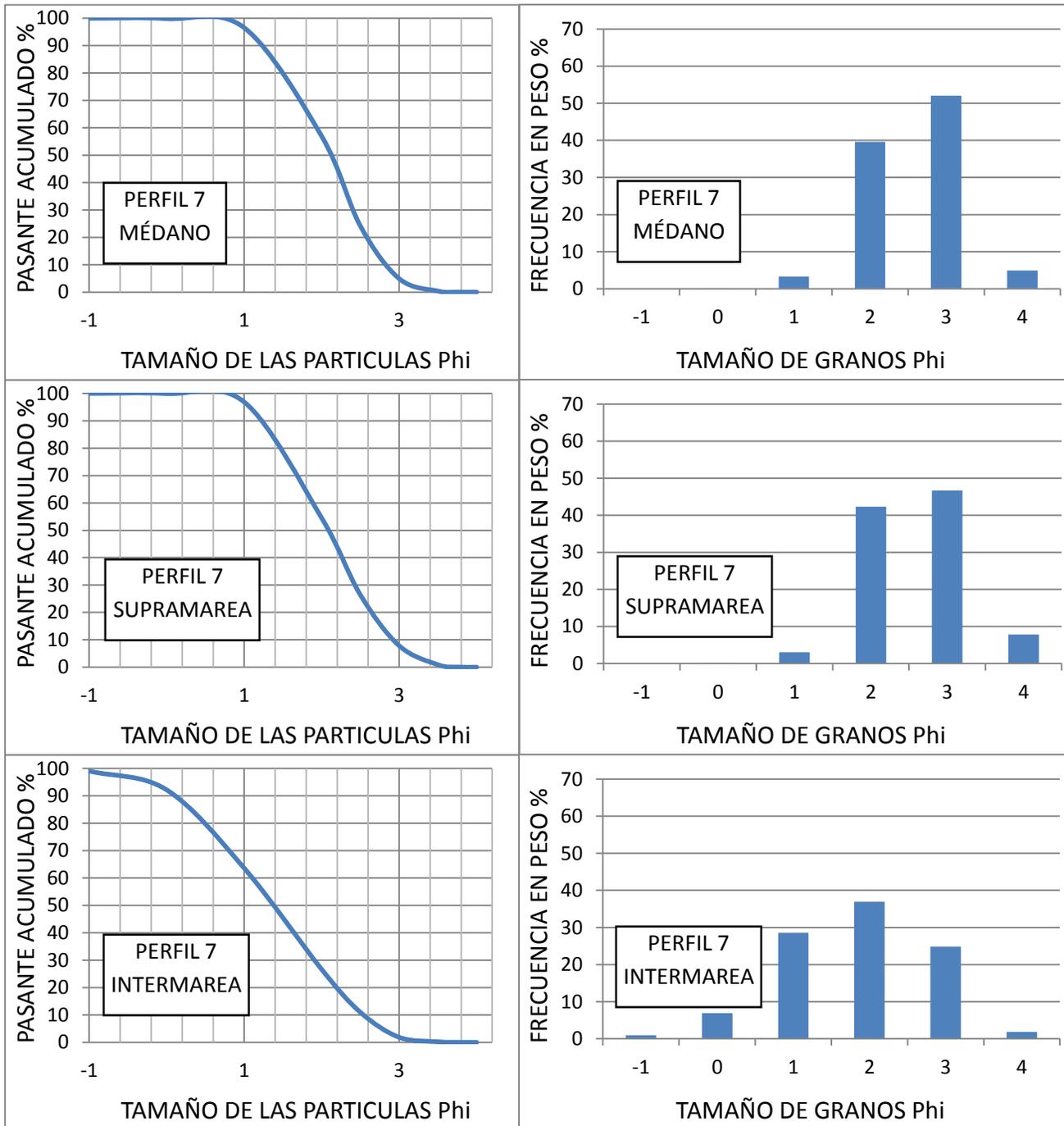


Figura 8.7: Curvas acumulativas e histogramas del perfil 7.

MEDANO										
	Tipo de distribución	Media	Mediana	Selección		Asimetría		Curtosis		Clasificación
Perfil 1	U	2,4	2,4	0,63	MDBS	0,06	S	2,53	MLC	AF
Perfil 2	U	2,18	2,21	0,63	MDBS	-0,01	S	2,83	MLC	AF
Perfil 3	U	1,84	1,82	0,8	MS	-0,05	S	2,89	MLC	AM
Perfil 4	U	2,09	2,18	0,7	MDBS	-0,33	MN	3,21	ELC	AF
Perfil 5	U	2,39	2,45	0,52	MDBS	-0,19	N	4,21	ELC	AF
Perfil 6	U	2,01	2,17	0,69	MDBS	-0,60	MN	4,46	ELC	AF
Perfil 7	U	2,08	2,12	0,65	MDBS	-0,21	N	3,08	ELC	AF
PLAYA SUPRAMAREAL										
Perfil 2	U	2,18	2,41	0,96	MS	-1,23	MN	5,18	ELC	AF
Perfil 3	U	2,09	2,26	0,84	MS	-0,74	MN	3,66	ELC	AF
Perfil 4	U	2,55	2,66	0,44	BS	0,04	S	7,02	ELC	AF
Perfil 5	U	1,88	2	1	MS	-0,43	MN	3,39	ELC	AF
Perfil 6	U	2,04	2,32	1,08	PS	-0,97	MN	4,12	ELC	AF
Perfil 7	U	2,09	2,1	0,68	MDBS	0,08	S	2,83	MLC	AF
	U	1,93	1,89	0,63	MDBS	0,13	P	2,94	MLC	AM
PLAYA INTERMAREAL										
Perfil 1	U	2,3	2,5	0,77	MS	-1,85	MN	9,66	ELC	AF
Perfil 2	U	1,5	1,55	0,96	MS	-0,22	N	2,43	MLC	AM
Perfil 3	Bi	1,21	2,17	1,77	PS	-0,6	MN	1,7	MLC	AF
Perfil 4	U	2,08	2,4	0,92	MS	-1,67	MN	6,26	ELC	AF
	U	1,89	2,44	1,29	PS	-1,20	MN	3,60	ELC	AF
Perfil 5	Bi	1,8	2,05	1,07	PS	-1,47	MN	5,21	ELC	AF
	U	1,74	2,2	1,3	PS	-1,1	MN	3,46	ELC	AF
Perfil 6	U	1,78	1,91	0,91	MS	-1,08	MN	4,79	ELC	AF
Perfil 7	U	1,33	1,38	0,97	MS	-0,24	N	2,7	MLC	AM

Selección		Curtosis	
MBS	Muy bien seleccionado	MPC	Muy platicúrtica
BS	bien seleccionado	PC	Platicúrtica
MDBS	Moderadamente bien seleccionado	MC	Mesoúrtica
MS	Moderadamente seleccionado	LC	Leptoúrtica
PS	Pobrememente seleccionado	MLC	Muy leptocúrtica
MPS	Muy pobrememente seleccionado	ELC	Extremadamente leptocúrtica
EPS	Extremadamente pobrememente seleccionado		

Asimetría	
MP	Asimetría muy positiva
P	Asimetría positiva
S	Simétrica
N	Asimetría negativa
MN	Asimetría muy negativa
Clasificación	
AMF	Arena muy fina
AF	Arena fina
AM	Arena mediana
AG	Arena gruesa
AMG	Arena muy gruesa

Tabla 8.1: Se tabulan el tipo de distribución, la clasificación y los valores de media, mediana, selección, asimetría y curtosis para cada muestra.

8.1 Caracterización estadística de los subambientes sedimentarios

Médanos: Los sedimentos pertenecientes a esta geoforma presentan granulometrías correspondientes a arena fina salvo para el perfil 3 donde existen sedimentos de arena media. La mediana tiene valores entre 1,82 y 2,45 ϕ , mientras que la media entre 1,84 y 2,4 ϕ .

Respecto al grado de selección son sedimentos moderadamente bien seleccionados salvo nuevamente para el perfil 3 donde es moderadamente seleccionado. Con referencia a la asimetría, la mayoría de las muestras son simétricas (42,86%), seguidas por las asimétricas negativas (28,57%) y las asimétricas muy negativas (28,57%). Por último el 57,14% de las muestras son extremadamente leptocúrticas, mientras que el 42,86% son muy leptocúrticas.

En la figura 8.8 se puede apreciar que: no existe ninguna tendencia en la variación a lo largo de la costa de los parámetros estadísticos y que hay una relación inversa entre la media o mediana y la selección.

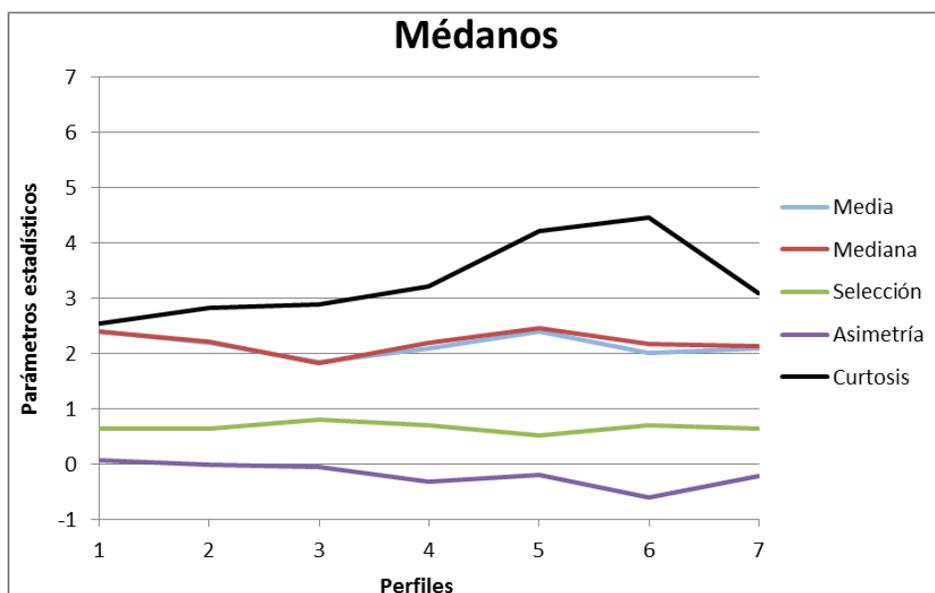


Figura 8.8: Gráfico donde se observan las variaciones de los parámetros estadísticos a lo largo de la costa para el subambiente medanoso.

Playa supramareal: En este subambiente los sedimentos son arenas finas salvo una de las dos muestras extraídas en la playa supramareal del perfil 7, que es una arena media. La mediana varía entre 1,89 y 2,66 ϕ , y la media entre 1,33 y 2,3 ϕ . De las muestras recolectadas el 12,5% son bien seleccionadas, el 25% son moderadamente bien seleccionadas, el 37,5% de las muestras son moderadamente seleccionadas y el restante 12,5% son pobremente seleccionadas.

El 57,14% de las muestras son asimétricas muy negativas, el 28,57% son simétricas y el 14,29% son asimétricas positivas. Por último el 71,3% del material analizado es extremadamente leptocúrtico y el 28,57 % es muy leptocúrtico.

En la figura 8.9 se puede apreciar que: no existe ninguna tendencia en la variación a lo largo de la costa de los parámetros estadísticos y que hay una relación inversa entre la media o mediana y la selección del sedimento.

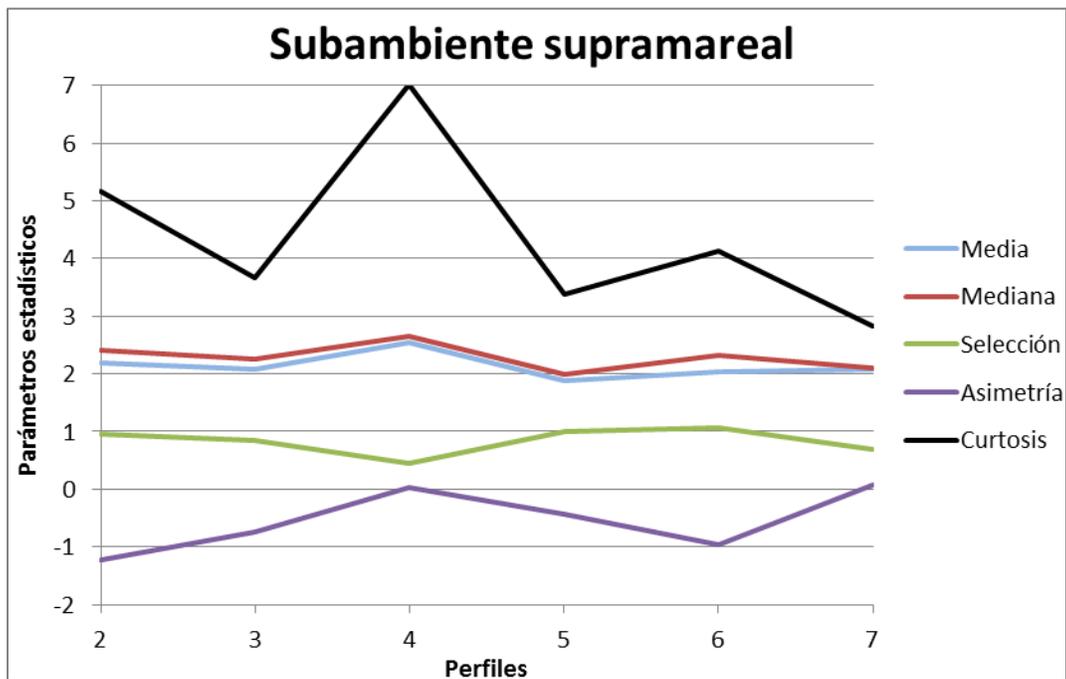


Figura 8.9: Gráfico donde se observan las variaciones de los parámetros estadísticos a lo largo de la costa para el subambiente supramareal.

Playa intermareal: La mayor parte de las muestras extraídas en este subambiente son arenas finas, salvo las del perfil 2 y 7 que son arenas medias. La mediana varía entre 1,38 y 2,5 ϕ , y la media entre 1,88 y 2,55 ϕ . El 55,5% de los sedimentos recolectados son moderadamente seleccionados y el 44,4% son pobremente seleccionados.

Salvo las muestras provenientes de los perfiles 2 y 7 que son asimétricas negativas, el resto son asimétricas muy negativas. En referencia a la curtosis el 66,66% son extremadamente leptocúrticas y el 33,33% muy leptocúrticas.

En la figura 8.10 se puede apreciar que no existe ninguna tendencia en la variación a lo largo de la costa de los parámetros estadísticos. Para este subambiente no se aprecia claramente la relación inversa entre la media o mediana y la selección.

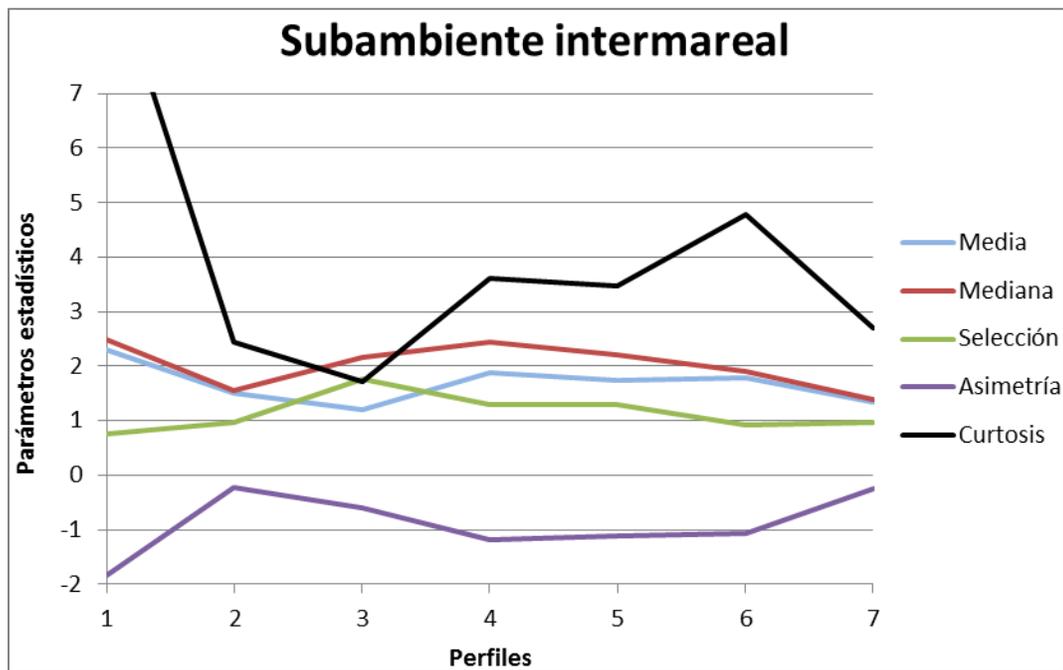


Figura 8.10: Gráfico donde se observan las variaciones de los parámetros estadísticos a lo largo de la costa para el subambiente intermareal.

8.2 Confrontación de los subambientes sedimentarios

A partir del análisis de las muestras recogidas se infiere que desde el subambiente de médanos hacia el subambiente intermareal, el sedimento aumenta el tamaño del grano, pierde selección y se hace más asimétrico negativo; además se observó que las únicas muestras bimodales se hallan en el subambiente intermareal. Con respecto a la curtosis no se advirtió ninguna variación apreciable entre los subambientes sedimentarios (Tabla 8.1).

La relación para las arenas analizadas entre el tamaño de grano y la selección, coincide con el trabajo de Folk y Ward (1957) en donde se demuestra que los sedimentos de arena fina suelen ser mejor seleccionados que los más gruesos. A su vez el cambio de asimetría coincide con los trabajos de Mason y Folk (1958) y Friedman (1961), en los cuales se demuestra que las arenas de playa suelen ser asimétricas negativas debido a que el oleaje deja en la playa la cola gruesa y arrastra preferentemente el material más fino, mientras que las arenas eólicas suelen ser asimétricas positivas debido que el viento transporta cómodamente la cola fina, pero cercena rudamente la cola gruesa.

9. MODELO CONCEPTUAL SOBRE LA DINÁMICA COSTERA EN BALNEARIO EL CÓNDOR

En el área de estudio la dinámica exógena es muy importante. Los parámetros que controlan esta dinámica son (como se describió en el capítulo 4): una marea mesomareal, un río con un caudal medio de 834 m³/s y un viento con una velocidad tal capaz de movilizar grandes cantidades de arena y de generar un importante oleaje en la playa.

Estos parámetros influyen sobre cada ambiente de la siguiente manera:

9.1 Costa acantilada

Respetando la dirección de la deriva litoral, podemos decir que la dinámica costera del área estudiada inicia en los acantilados. Según los estudios realizados, aquí la línea de costa retrocede actualmente a una velocidad de 0,69 m/año, y coincidiendo con Schillizzi *et al.* (2004) lo hace a través de desagregación y caídas. Si a esta fuerte retracción se le suma la altura de los acantilados, el volumen de sedimentos disponibles para la deriva litoral es considerable.

Una vez desprendidos del afloramiento, los sedimentos originarios de la Formación Río Negro y Formación Tehuelche, comienzan a ser transportados por la corriente litoral la cual posee una dirección NE y genera una deriva litoral neta de 900.000 m³/año, según Lanfredini (1986).

9.2 Playa rionegrina

Los sedimentos provenientes del acantilado y en menor medida los pertenecientes a la Formación San Antonio, forman la extensa playa rionegrina adyacente a Balneario El Cóndor. Esta playa tiene una longitud de 5 km y un ensanchamiento progresivo con sentido NE que va desde 0,23 km para el sector limitante con la costa acantilada a 1,2 km para el sector próximo a la desembocadura del río Negro. A medida que se ensancha la playa, esta deja de limitar con el poblado y comienzan a desarrollarse los médanos.

A partir de los estudios geomorfológicos y morfométricos evolutivos (capítulos 6.2 y 7.2), para la playa en cuestión se descartó un fenómeno erosivo crónico, se infirió una estabilidad del ambiente y se contempló la posibilidad de un fenómeno de acreción entre

los perfiles 3 y 6 (Fig. 7.1) por el alargamiento de los perfiles topográficos entre 1986 y 2004 y el desplazamiento hacia el mar de las bermas de playa entre 1986 y 2014.

Por otro lado el análisis textural de los sedimentos indica que las muestras analizadas son coherentes con los subambientes de los cuales fueron recogidas (capítulo 8). En particular se observa: presencia predominante de arenas finas y leptocúrticas para todos los subambientes y una tendencia desde los médanos a la playa intermareal a la disminución de la selección y al aumento de granulometría, asimetría negativa y distribuciones bimodales.

9.3 Bancos de la desembocadura y playa bonaerense

Parte de los sedimentos de la deriva litoral se depositan temporalmente en la playa rionegrina submareal y/o intermareal y luego prosiguen en la dirección impuesta por la corriente litoral para depositarse en forma de bancos en la desembocadura del río Negro.

Coincidiendo con el análisis de Del Río *et al.* (1991), se estima que estos bancos formados por las arenas provenientes de los acantilados y secundariamente del río, se originan por un retardo de la deriva litoral como consecuencia de la descarga del río Negro que interrumpe la corriente litoral al tener una dirección perpendicular a esta última.

Los bancos presentan una fuerte movilidad y sus sedimentos, empujados por la marea y/u oleaje, poco a poco se van acercando y adhiriendo a la costa bonaerense.

En el presente Trabajo Final se recopilieron todas las imágenes que se hallaron de la zona (Figs. 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5 y 9.6), aunque es necesario aclarar que el estudio del desplazamiento de los bancos resulta muy dificultoso ya que se dispone de pocas imágenes de la zona y porque además la marcada amplitud mareal complica las comparaciones entre imágenes realizadas bajo estados mareales desconocidos y diferentes entre sí. De la recopilación de imágenes se pudo observar:

- El acercamiento del banco de La Hoya a la costa bonaerense entre 1959 y 1999 que finaliza entre los años 1999 y 2004 con la total acreción del banco a la costa (Figs. 9.1, 9.2, 9.3 y 9.4). Este evento conduce a la desaparición del canal secundario oriental y se comprueba por el alargamiento que manifiestan los perfiles de playa bonaerenses (capítulo 6.2).

- El movimiento antihorario del canal principal entre al menos 1959 y 1986 (Figs. 9.1 y 9.2); esta rotación habría generado el fuerte retroceso que existió en la costa bonaerense durante ese periodo (capítulo 6.2).

- Una posible periodicidad en la formación de bancos en la margen rionegrina y el posterior desplazamiento y acoplamiento de estos a la margen bonaerense. Analizando la imagen del año 2011 (Fig. 9.5) se observa que el Banco Miguel (banco que separaba el canal secundario del principal entre 1959 y 2011) se divide en dos, mientras que en la imagen del 2013 (Fig. 9.6) pareciera que el fragmento más oriental producto de la división del banco se adhiere a la costa bonaerense interrumpiendo al ex canal principal. Este fenómeno, de ser cierto, habría aumentado su frecuencia en el último siglo por la continua disminución del caudal del río (ver capítulo 4.5) que generaría un desequilibrio debido a una distinta relación de fuerza de los agentes que interaccionan, que hace que sea relativamente mayor la de la corriente litoral respecto a la de la descarga del río.

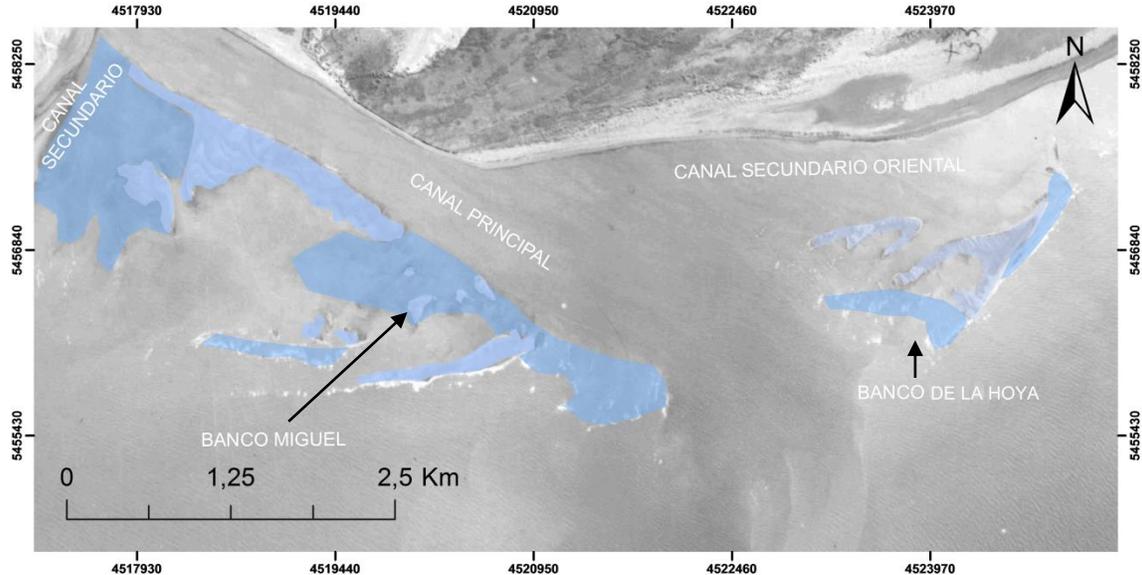


Figura 9.1: Fotografía aérea del área de la desembocadura tomada en el año 1959. En celeste oscuro se representan los sectores de los bancos sumergidos al momento de la captura y en celeste claro los emergidos.

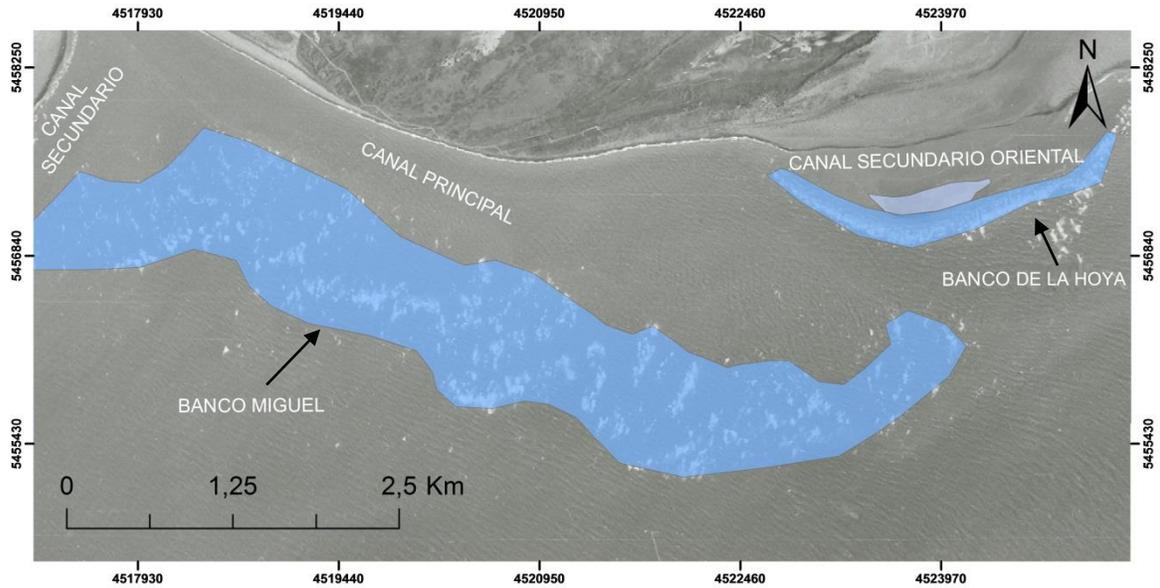


Figura 9.2: Fotografía aérea del área de la desembocadura tomada en el año 1986. En celeste oscuro se representan los sectores de los bancos sumergidos al momento de la captura y en celeste claro los emergidos.

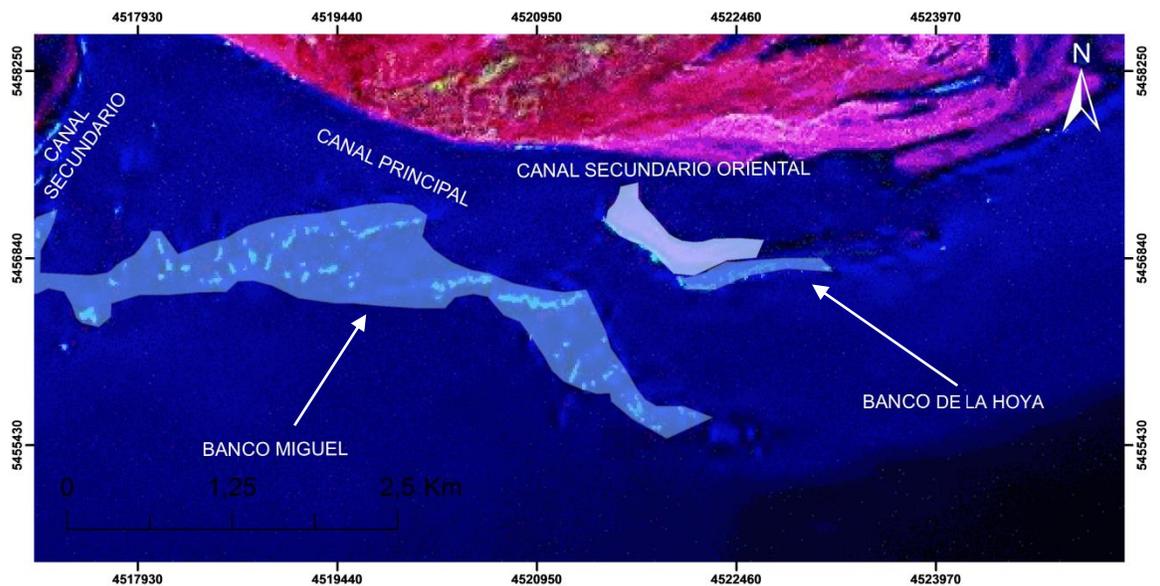


Figura 9.3: Imagen satelital del área de la desembocadura tomada en el año 1999. En celeste oscuro se representan los sectores de los bancos sumergidos al momento de la captura y en celeste claro los emergidos.

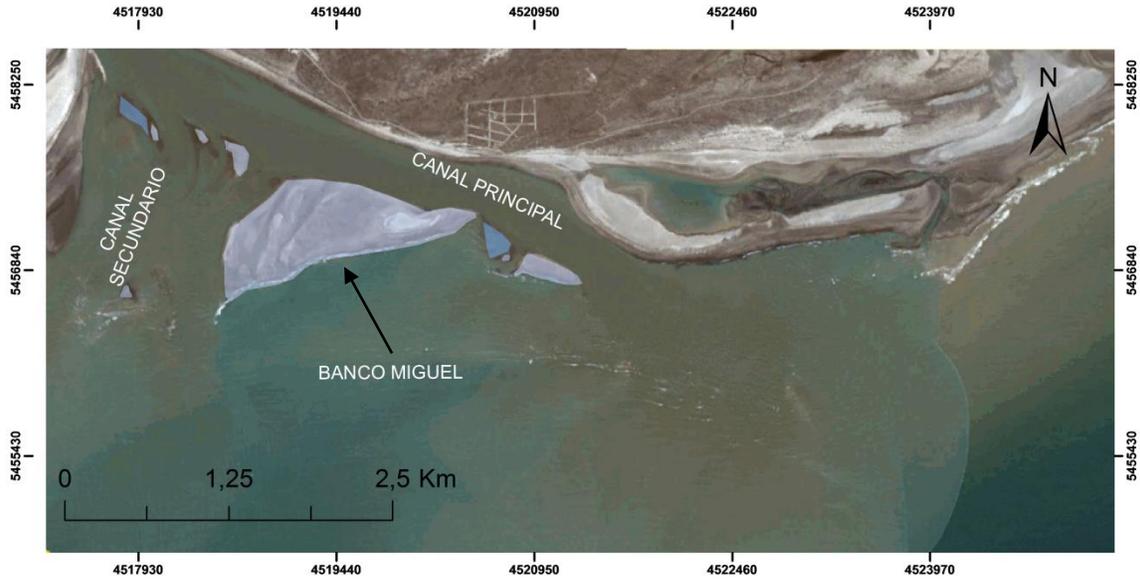


Figura 9.4: Imagen satelital del área de la desembocadura tomada en el año 2004. En celeste oscuro se representan los sectores de los bancos sumergidos al momento de la captura y en celeste claro los emergidos.

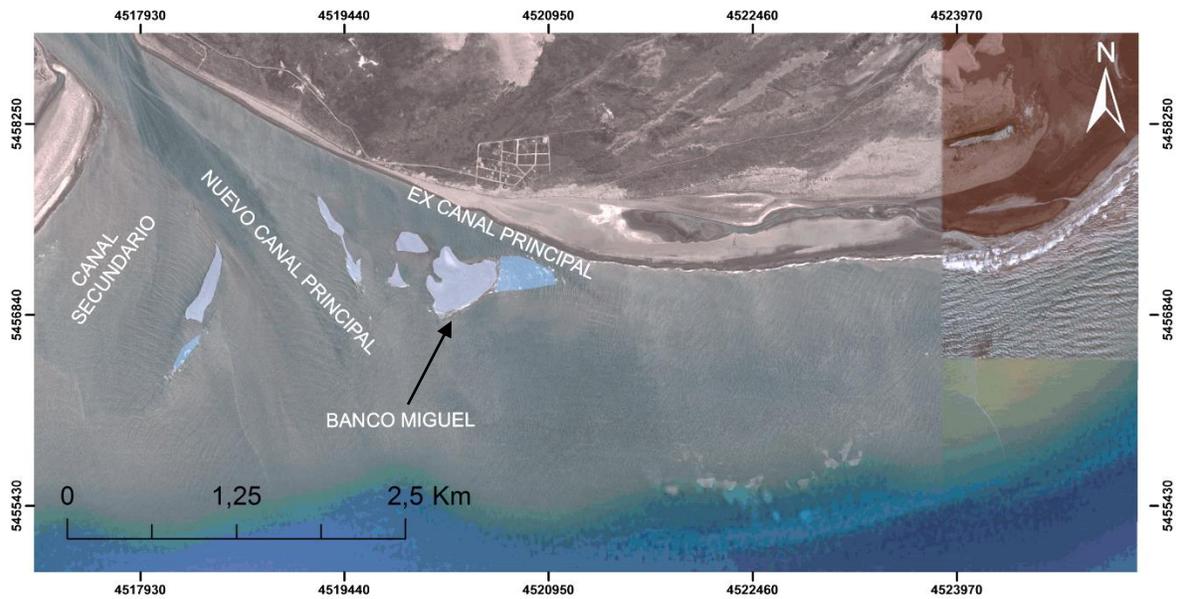


Figura 9.5: Imagen satelital del área de la desembocadura tomada en el año 2011. En celeste oscuro se representan los sectores de los bancos sumergidos al momento de la captura y en celeste claro los emergidos.



Figura 9.6: Imagen satelital del área de la desembocadura tomada en el año 2013. En celeste claro se representan los sectores de los bancos emergidos al momento de la captura.

10. IMPACTOS ANTRÓPICOS

Para el estudio de la injerencia humana se optó por dividir el territorio en cuestión en cuatro sectores, en cada uno se determinó los impactos antrópicos existentes y se intentó comprender las características de estos analizando en que modo alteraron el paisaje y los procesos naturales.

10.1 Acantilados rionegrinos

La fuerte retracción que sufre hoy en día la costa acantilada rionegrina responde casi en su totalidad a causas naturales, sin embargo en sectores particulares existen ciertas obras de ingeniería que aceleran el proceso.

En lo que respecta al área estudiada, el único factor antrópico certero que colabora con el retroceso del acantilado es la realización de la bajada Picoto. Coincidiendo con Camino *et al.* (2007), la bajada genera la formación de cárcavas y un mayor escurrimiento superficial por su alta pendiente, la baja sinuosidad del camino y la obliteración de la cobertura vegetal nativa.

Un factor que podría estar contribuyendo en la retracción, son las vibraciones producidas por la circulación vehicular en la Ruta Provincial N° 1 que llega a posicionarse a una distancia mínima de 27 metros del acantilado. El tráfico en esta ruta es cada vez más intenso debido al incremento de la población en el litoral rionegrino (capítulo 1.3).



Figura 10.1: Fotografía de la bajada Picoto donde se aprecian las cárcavas producidas por la obra ingenieril.

10.2 Balneario El Cóndor

Como se manifestó en el capítulo 1.3 y se observa en la figura 6.1, Balneario El Cóndor ha crecido considerablemente tanto en el número de habitantes como en su superficie, trayendo aparejado varios impactos antrópicos al sistema natural.

Los impactos antrópicos reconocidos, productos del poblamiento de la región son:

- La realización de la defensa costera sobre la playa supramareal, lo cual produce, durante los eventos de tormenta, que el oleaje provoque más erosión de lo que generaría, al ser reflejado por la defensa. La presente estructura fue erigida sobre la playa supramareal desde el perfil 5 al inicio del acantilado (Figs. 6.20, 6.21 y 6.22), sin embargo el efecto erosivo de la obra se registra únicamente en el extremo SO donde el avance de la línea de costa fue mayor (Fig. 6.22).

- La circulación de vehículos en la playa y médanos. En el primer caso provoca cambios en la morfología natural acelerando la erosión durante las tormentas; en el segundo caso cambia las condiciones de saturación de sedimentos y degrada las dunas originales al generar efectos deflacionarios por la ruptura de la vegetación (Fig. 10.2).

- La presencia de clastos con un tamaño y mineralogía diferente a los de la playa, los cuales provienen de la rotura durante tormentas de las calles de ripio construidas en el subambiente supramareal.

- La implantación de tamariscos en el médano costero desde el perfil 5 hasta la primera mitad entre los perfiles 6 y 7 (Figs. 6.20 y 6.21). Los reducidos médanos costeros existentes en 1986 vienen vegetados por tamariscos entre aquel año y el 2011 con el fin de que funcionen como una pantalla eólica que disminuya la entrada de arena desde la playa al poblado. Este impacto tiene efectos contrapuestos, por un lado el hecho de retener la arena que se dirige hacia la localidad evita que esta se escape del sistema; por otro lado la vegetación de los médanos aumenta la susceptibilidad a la erosión durante tormentas al alterar el intercambio natural de arena entre la playa supramareal y el médano costero.



Figura 10.2: Fotografía de un médano costero con huellas y senderos de cuatricilos.

10.3 Desembocadura del río Negro

En la desembocadura del río Negro no existe ningún impacto humano *in situ*, no obstante, las variaciones de los caudales líquidos y sólidos del río a lo largo del último siglo, descritas en el capítulo 4.5, influenciaron seguramente a las dinámicas actuantes aquí.

La disminución en el caudal sólido a partir de la edificación de diques aguas arriba, modificó la relación de aporte de sedimentos entre los de origen fluvial y los provenientes de la deriva litoral. A su vez, la reducción del caudal líquido desde 1927 al 2013 debido en parte a modificaciones impuestas por el hombre como la vegetación artificial y la construcción de embalses, varió la relación de fuerzas entre este, las mareas y el oleaje.

Todas estas alteraciones tuvieron que afectar de algún modo la hidrodinámica de los sedimentos que se hallan en la desembocadura, los cuales se ven influenciados por el flujo y reflujos mareal, la corriente litoral, el oleaje y el caudal líquido fluvial.

Una hipótesis sería que la disminución del caudal líquido erogado por el río con sentido SSE comportaría una mayor prevalencia de la corriente litoral SO-NE existente en

la región; esto significaba una mayor movilidad de los bancos en sentido ENE ya que el dique hidrodinámico que ejerce la descarga del río sería menor y detendría menos a la corriente litoral. Esta hipótesis pareciera observarse en la recopilación de imágenes de la desembocadura donde se infiere una posible migración con sentido E de los bancos (Figs. de 9.1 a 9.6); en particular se aprecia en una imagen del año 2013 cómo un fragmento del Banco Miguel se desplaza hacia el oriente obstruyendo totalmente el ex canal principal, demostrando una preponderancia de la corriente litoral sobre el caudal fluvial (Fig. 9.6).

Finalmente se debe decir que si las suposiciones fueran ciertas, la desembocadura del río sería menos navegable de cuanto lo era en el pasado.

10.4 Poblado en costa bonaerense

Las obras realizadas en esta área como las calles de ripio entre 1959 y 1986 o la localidad Villa 7 De Marzo entre 1986 y 2011, han generado impactos muy leves y no han sido un factor importante en las variaciones naturales de la costa.

11. RIESGO GEOLÓGICO

El riesgo geológico es todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, natural, inducido o mixto, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos (Ayala-Carcedo 1988).

El riesgo geológico se compone de la peligrosidad del evento y la vulnerabilidad del medio; el primer término se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad determinado, dentro de un período de tiempo dado y dentro de un área específica (Varnes 1984). A su vez la vulnerabilidad es el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos sociales, estructurales y/o económicos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada (UNDRO 1979). A partir de estas definiciones se comprende que la existencia de riesgo geológico implica la presencia del hombre ocupando el medio natural; sin el hombre y sus actividades, no habría riesgo sino que tan solo un proceso natural sin consecuencias.

El riesgo geológico se puede dividir en endógeno y exógeno dependiendo de su origen y puede ser caracterizado según su magnitud, frecuencia, duración, velocidad, espacio temporal, extensión superficial y dispersión espacial.

A continuación se describirán los riesgos geológicos actuales y las medidas estructurales y no estructurales propuestas para reducirlos; se excluirán aquellos riesgos potenciales a mediano-largo plazo como la variabilidad climática y el ascenso del nivel del mar.

11.1 Costa acantilada

La retracción de este sector de costa se caracteriza por ser muy veloz y por la posibilidad de realizarse a través de caídas de bloques decimétricos a métricos (ver capítulo 6.1).

El fenómeno en cuestión sumado al desconocimiento que se tiene de él por parte de los pobladores locales, turistas y autoridades convierte el área en riesgosa (Fig. 11.1). En efecto se registraron pérdidas económicas importantes como el desplazamiento de la traza de la Ruta provincial N°1 unas decenas de metros hacia el continente ya que corría riesgo

de desmoronarse (Fig. 11.2), y la implementación de medidas estructurales de gran valor económico en la bajada Picoto debido a la rápida retirada del acantilado que dejó a la obra expuesta frente al ataque del oleaje (Diario Río Negro 2014).

Para esta problemática natural carece de sentido implementar medidas estructurales, en cambio, lo más aconsejable es aplicar medidas no estructurales como el aviso a los visitantes del riesgo existente a través de carteles. También es importante la medición periódica de la velocidad de retroceso a fin de poder realizar una planificación territorial adecuada.

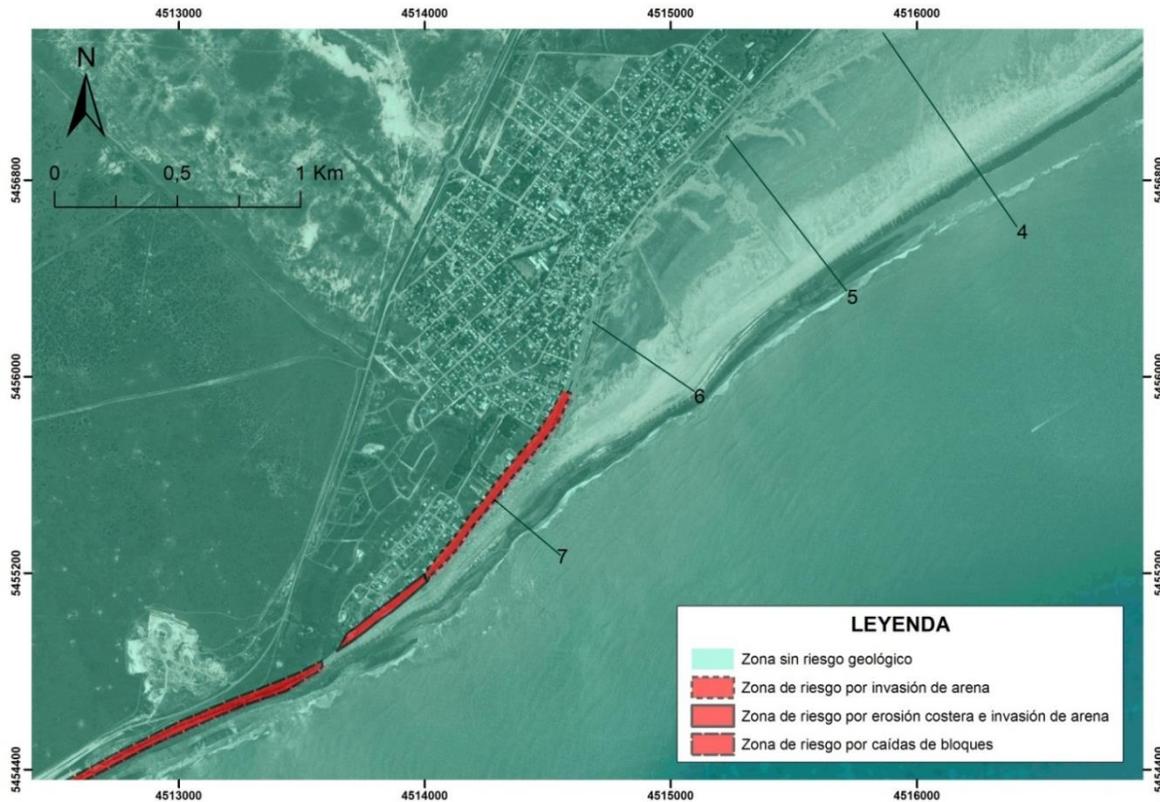


Figura 11.1: Mapa temático de multiriesgo actual para Balneario El Cóndor y la costa acantilada. Se graficaron los perfiles de playa para lograr una mayor comprensión de la ubicación.



Figura 11.2: Imagen satelital donde se evidencia el cambio forzoso de la Ruta Provincial N°1 a causa del retroceso costero.

11.2 Balneario El Cóndor

En Balneario El Cóndor existen dos riesgos geológicos, los cuales se deben a la incorrecta cercanía a la playa con la que fue erigida la localidad.

El primer riesgo es de carácter eólico y se debe al ingreso de arena desde la playa supramareal al trayecto de la costanera ubicado entre aproximadamente el perfil 6 y el extremo SO del poblado (Fig. 11.1). Este evento acaece cuando la playa supramareal se encuentra seca por períodos sin precipitaciones y eventos de tormenta, y hay viento capaz de transportar arenas finas por saltación desde direcciones que se encuentran entre el SSO y ESE. Aunque en el capítulo 6.3 se demuestra que el viento SO es el más apto para el transporte de arena, la zona en cuestión se encuentra protegida del mismo al estar a sotavento del acantilado rionegrino.

Para apaciguar el ingreso de arena, las autoridades municipales optaron por vegetar los médanos ubicados entre los perfiles 5 y 6 con el propósito de que funcionen como pantallas eólicas; sin embargo esta medida no fue realizada en el sector en cuestión el cual

es usualmente perjudicado. Para remediar el riesgo existente se propone de incentivar el crecimiento de médanos costeros a través de pantallas eólicas permanentes compuestas de estacas y ramas de álamo negro y con formas zigzagueantes en las direcciones ONO-ESE y NNE-SSO.

El segundo riesgo presente en la localidad posee una extensión más reducida que el anterior y se debe a eventos de tormenta sumados a mareas altas que destruyen la defensa costera de Balneario El Cóndor.

Desde el perfil 5 al inicio del acantilado, el sector de la localidad lindante a la costa fue erigido sobre la playa supramareal (Figs. 6.20, 6.21 y 6.22). A pesar de la incorrecta ubicación, durante los eventos de tormenta la mayor parte del sector en cuestión no sufre ningún tipo de daño; esto se debe a que el avance sobre la línea de costa natural fue leve y porque además la playa no se encuentra en un estado erosivo. Sin embargo, hay un loteo del año 1995 en el extremo SO del pueblo que superó fuertemente la línea de costa natural, ubicándose en gran medida dentro de la playa supramareal y convirtiendo el área en riesgosa (Figs. 6.22 y 11.1). En efecto, aquí la defensa costera durante las tormentas anuales es dañada por el oleaje (Fig. 1.1).

Para esta área de riesgo no es viable desde un punto de vista social la reacomodación del loteo incorrectamente posicionado, ni tampoco lo es desde un punto de vista económico la recarga artificial de arena por su reducida durabilidad temporal. Se aconseja en cambio realizar un estudio hidrodinámico acerca de la presión que ejerce el impacto del oleaje en la defensa costera durante los eventos de tormenta con el fin de edificar una nueva defensa estructuralmente resistente frente a las dinámicas marinas.

11.3 Villa 7 de Marzo

La costa lindante con la localidad Villa 7 De Marzo sufrió un fuerte retroceso durante 1959 y 2011 probablemente por el movimiento antihorario del canal principal del río Negro (capítulo 9.3). Aunque en los últimos años se verificó un ensanchamiento de la playa desde el perfil 24 hacia el este por el amalgamiento del banco de La Hoya, en la zona existe riesgo por erosión costera por la cercanía de la localidad al microacantilado (Fig. 11.3).

La retracción de la costa ya destruyó calles de ripio realizadas entre 1986 y 2011 (Fig. 6.9).

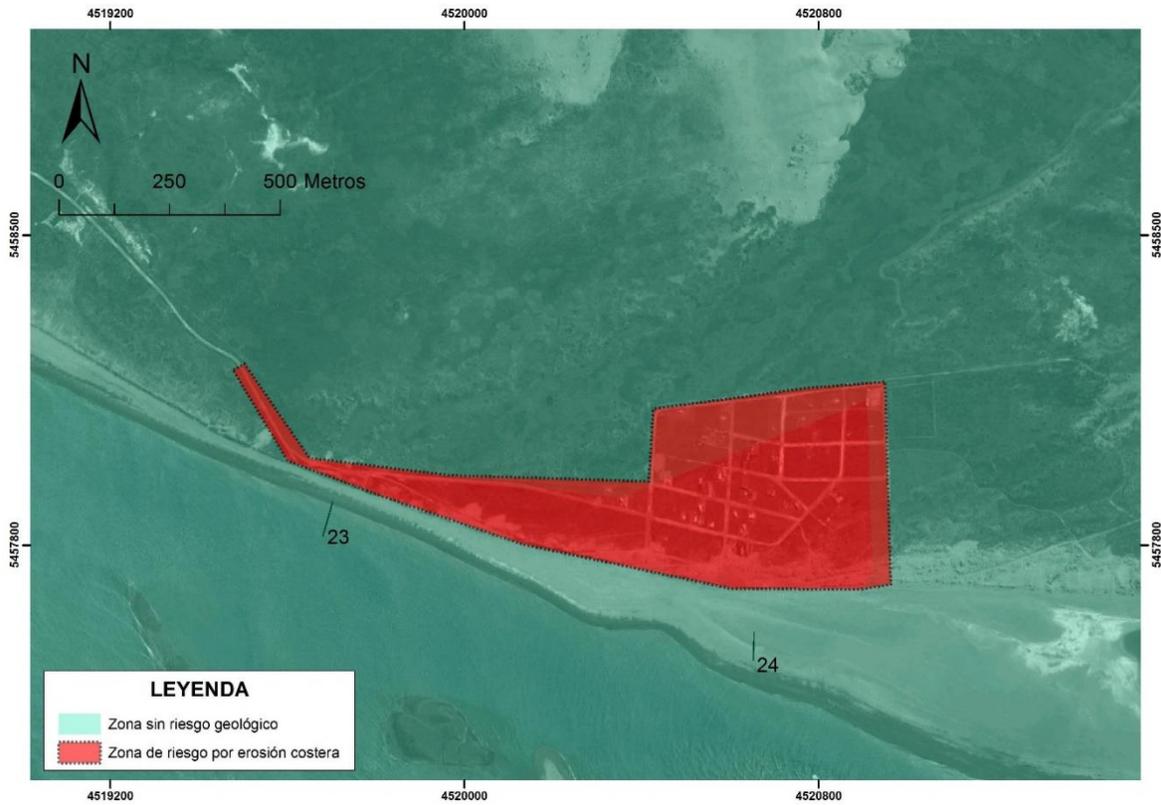


Figura 11.3: Mapa temático de riesgo actual para Villa 7 de Marzo. Se graficaron los perfiles de playa para lograr una mayor comprensión de la ubicación.

12. CONCLUSIONES

Considerando el balance sedimentario el área de costa estudiada puede dividirse en un sector SO conformado por una costa acantilada en erosión y otro conformado por playas de estables hasta en acreción que continúa el anterior hacia el NE.

La costa acantilada retrocede principalmente debido a las siguientes causas naturales: abrasión, deflación, meteorización biológica y humectación-deseccación marina y continental. Para el periodo 1959-2011, las velocidades promedio de retracción para las cercanías del Faro de Río Negro y de la bajada Picoto fueron de 0,62 m/año y de 0,76 m/año respectivamente.

El único impacto antrópico identificado para los acantilados es la construcción de la bajada Picoto la cual provoca un impacto levemente negativo al aumentar la erosión a través del incremento de la escorrentía superficial. Esta zona presenta riesgo geológico por el desconocimiento general acerca de la velocidad de retracción y de las usuales caídas de bloques de decimétricos a métricos; para la reducción del mismo se aconseja medidas no estructurales como la medición periódica de la velocidad de retroceso y el aviso a los visitantes del riesgo existente a través de carteles.

La fuerte retracción de este sector proporciona una gran cantidad de material que viene transportado por la corriente litoral hacia el NE para depositarse en la playa de la costa bonaerense. La morfometría de las playas rionegrinas puede ser dividida por su influencia fluvial, las que se encuentran en el área de desembocadura con orientación NNO-SSE se caracterizan por tener: una playa supramareal angosta, pendientes elevadas de aproximadamente $6,08^{\circ}$ y ausencia de berma. Las playas sin influencia fluvial directa que se encuentran en el tramo de costa con orientación SO-NE se caracterizan por tener: una playa supramareal ancha de entre 674 y 80 m que va decreciendo gradualmente hacia el SO, la presencia de berma y de usuales canales intermareales, una pendiente resultante del subambiente supramareal de muy levemente negativa a nula y una pendiente para la zona intermareal analizada de $1,11^{\circ}$ a $2,56^{\circ}$. Desde el punto de vista sedimentológico se observa: la presencia predominante de arenas finas y leptocúrticas para todos los subambientes y una tendencia desde los médanos a la playa intermareal a la disminución de la selección y al aumento de granulometría, asimetría negativa y distribuciones bimodales.

Las playas rionegrinas se encuentran en un estado estable aunque se contempló la posibilidad de un fenómeno de acreción entre los perfiles 3 y 6 por el alargamiento de los perfiles topográficos entre los años 1986 y 2004, y el desplazamiento hacia el mar de las bermas de playa entre los años 1986 y 2014 (Fig. 7.1).

En la playa rionegrina lindante con el poblado Balneario El Cóndor existe un impacto antrópico negativo por contaminación visual y otro por aumento de la susceptibilidad a la erosión durante tormentas. El primero se debe a la presencia en la playa de clastos litológica y granulométricamente diversos a los naturales; el segundo es consecuencia de la forestación de médanos costeros, edificaciones sobre la playa supramareal y circulación de vehículos en el ambiente de playa. A su vez este sector presenta dos riesgos costeros por la cercanía a la playa supramareal con la que fue erigida la localidad. El primero se debe al ingreso de arena desde la playa supramareal al sector de la costanera ubicado entre el perfil 6 y el extremo SO del poblado, el segundo se debe a la localización de un loteo en parte sobre la playa supramareal lo cual provoca que la defensa costera venga dañada durante eventos de tormenta. Para el riesgo de tipo eólico se propone colocar pantallas eólicas permanentes compuestas de estacas y ramas de álamo negro y con formas zigzagueantes en las direcciones ONO-ESE y NNE-SSO que detengan el sedimento y estimulen la formación de médanos; para los recurrentes daños de la defensa se aconseja la construcción de una nueva más resistente en base a estudios hidrodinámicos de la presión ejercida por el impacto del oleaje.

Parte del sedimento proveniente de la erosión del acantilado se detiene solo temporalmente en la playa rionegrina y prosigue en el sentido de la corriente litoral hacia los bancos de la desembocadura y sucesivamente a la playa bonaerense. Se observó una posible periodicidad en la creación de bancos en la margen rionegrina y un posterior desplazamiento y acoplamiento de estos a la margen bonaerense.

Los impactos antrópicos reconocidos aquí son la reducción del caudal sólido del río Negro desde el año 1972 por la construcción de diques en sus afluentes, y la atenuación del caudal líquido durante 1927 y 2013 que según el ajuste lineal del hidrograma anual efectuado fue de 29,09 m³/s por década, y el cual se debió a causas posiblemente naturales como la variabilidad climática en la cuenca hidrológica y a otras antrópicas como mayor

evaporación del agua fluvial por los embalses erigidos aguas arriba y/o forestación artificial en el valle del río Negro. El primer cambio causó un aumento en los bancos de sedimentos provenientes de la deriva litoral por sobre los de origen fluvial; el segundo parece haber generado un aumento del movimiento de los bancos debido a una distinta relación de fuerza de los agentes que interaccionan, que hace que sea relativamente mayor la de la corriente litoral respecto a la de la descarga del río.

En la playa bonaerense para el periodo 1959-2011 se infirió una estabilidad entre el inicio de la llanura mareal y el perfil 23. Entre los perfiles 23 y 25 existió un retroceso de línea de costa a una velocidad de hasta 4,05 m/año, probablemente causado por el movimiento antihorario del canal principal del río Negro. Por la proximidad de Villa 7 de Marzo a la costa en retracción, este sector presenta un riesgo elevado. Por último, entre los años 1986 y 2011 existe un fenómeno acrecional entre los perfiles 24 y 28 producto de la unión del Banco La Hoya al continente.

13. BIBLIOGRAFÍA

Ablain, M., Cazenave, A., Valladeau, G. y Guinehut, S. 2009. *Ocean Science* 5, 193.

Alberdi, M.T., Bonadonna, F.P. y Ortiz, E. 1997. Chronological correlation, paleoecology and paleogeography of the Late Cenozoic South American Rionegran Land-mammal fauna: a review. *Revista Española de Paleontología*, 12: 249-255.

Andreis, R.R. 1965. Petrografía y paleocorrientes de la Formación Río Negro (tramo General Conesa - boca del Río Negro). *Revista del Museo de La Plata, V, Geología* 36: 245-310.

Angulo, R., Fidalgo, M.A., Gómez Peral, M. y Schnack, E.J. 1978. Geología y geomorfología del bajo de San Antonio y alrededores, Provincia de Río Negro. Centro de Investigaciones Científicas de la Provincia de Río Negro. Estudios y documentos vol. 8, 32.

Ayala-Carcedo, F.J. 1988. Riesgos Geológicos. Instituto Geológico y Minero de España, 333 p, Madrid.

Camino, M., López de Armentia, A.M., Bó, M.J. y Del Río, J.L. 2007. Evaluación de la capacidad de carga turística en zonas de acantilados activos de la Patagonia Nororiental. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*. vol. 3, n. 3.

Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Marcomini, S.C. 1992. Neotectonism and Sea-Level Changes in the Coastal Zone of Argentina. *Journal of Coastal Research* 8(1): 125-133.

Codignotto, J.O. 1997. Geomorfología y dinámica costera. En Boschi, E.E. (ed.) *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*. Tomo 1: 163-193, Mar del Plata.

Colado, U., Del Río, J.L., Gaido, E., Schnack, E., y Wagner, C. 1986. Estudio sedimentológico y dinámico de la zona de la desembocadura del Río Negro. Informe inédito.

Cortizo, L.C., Isla, F. I. 2012. Dinámica de la barrera medanosa e islas de barrera de Patagones (Buenos Aires, Argentina). *Latin american journal of sedimentology and basin analysis*. vol. 19 (1): 47-63.

Darwin, C. 1846. *Geological observations in South America*. Edición 1890. Ward Lock & Co. London.

D'Orbigny, A.D. 1842. *Voyage dans l'Amérique Méridional*. vol. 3. Paris et Strasbourg.

Del Río, J.L., Colado, U.R. y Gaido, E.S. 1991. Estabilidad y dinámica del delta de reflujo de la boca del río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46:325-332.

Del Río, J.L., Álvarez, J., López de Armentia, A., Bó, M.J., Martínez, J. y Camino, M. 2004. Estudio desarrollo Metodológico para la determinación de la velocidad de retroceso de la costa entre Punta Mejillón y el Balneario El Cóndor, Provincia de Río Negro, Dirección de Minería de la Provincia de Río Negro.

Del Río, J.L., Bó, M.J., López de Armentia, A., Álvarez, J., Martínez Arca, J., Wagner, C. y Camino, M. 2005. Geomorfología descriptiva y ambiental de la costa oriental del golfo San Matías y la desembocadura del río Negro. En Masera, R., Lew, J. y Serra Peirano, G. (ed.) *Las mesetas patagónicas que caen al mar: la costa rionegrina*: 201-220, Carmen de Patagones.

Doering, A. 1882. Informe Oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de La Expedición al río Negro. Entrega III. Geología. Buenos Aires.

D'Onofrio, E., Fiore, M., Di Biase, F., Grismeyer, W. y Saladino, A. 2010. Influencia de la marea astronómica sobre las variaciones del nivel del Río Negro en la zona de Carmen de Patagones. Nota técnica GEOACTA.

Emery, K.O. y Kuhn, G.G. 1982. Sea cliffs: Their processes, profiles and classification. Geological Society of America Bulletin, 93: 644-654.

Farinati, E.A., Aramayo, S.A. y Terraza, J.C. 1981. La presencia de un nivel marino en la Formación Río Negro (Plioceno superior) Provincia de Río Negro, Argentina. II Congreso Latinoamericano de Paleontología. Anales, 651-665.

Folk, R.L. y Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study of the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology 25: 297-301.

Friedman, G.M. 1961. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. Journal of Sedimentary Petrology 31: 514-529.

Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Pearson Educación, 920 p., Madrid.

Kokot, R.R. y Codignoto J. 2003. Vulnerabilidad costera en la provincia de Río Negro. V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Resúmenes: 126. Mar del Plata.

Kokot, R.R., Angaramo, D., Valladares, A. 2011. Costa y ribera en Claromecó, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina vol. 68, n. 1.

Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate. En: Köppen, W., Geiger, R. (ed) Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger: 1-44, Berlin.

IPCC, 2001. Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University, 878 p.

Isla, F. y Bértola, G. 2003. Morfodinámica de playas meso-micromareales entre Bahía Blanca y Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* vol. 10, n. 1:65-74.

Lanfredini, N. 1986. Programa de observaciones costeras, cálculo de la deriva litoral. En Colado, U., Del Río, J. L., Gaido, E., Schnack, E. y Wagner, C. 1986. Estudio sedimentológico y dinámico de la zona de la desembocadura del Río Negro. Informe inédito.

Martinez, M.L. 2010. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. *La Ciencia para Todos*. Fondo de Cultura Económica, 190 p., México, D. F.

Mason, C y Folk, R.L. 1958. Differentiation of beach, dune, and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Islands, Texas. *J. Sediment. Petrol.* 28: 211-226.

Nordstrom, K., Psuty, N. y Carter, B. 1990. *Coastal Dunes: Form and Process*. Wiley. Chichester, 392 p.

Rodríguez, M.P., Wicander, R., Monroe, J.S. 2008. *Geología. Dinámica y evolución de la Tierra*, 744 p., Madrid.

Schillizzi, R., Gelos, E.M., y Spagnuolo, J. 2004. Procesos de retracción de los acantilados patagónicos entre la desembocadura de los ríos Negro y Chubut. Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* vol. 11, n. 1.

Schillizzi, R., Luna, L. y Falco, J.I. 2009. El depósito de pefías "El Peladero", en los acantilados del litoral marino de la provincia de Río Negro: Argentina. *Geoacta* [online]. vol. 34, n. 1, pp. 19-26. ISSN 1852-7744.

Sepúlveda, E.G. 1983. Descripción Geológica de la Hoja 38i, Gran Bajo del Gualicho, Provincia de Río Negro. Boletín Serv. Geol. Nac., 194: 1-61, Buenos Aires.

United Nations Disaster Relief Coordinatios (UNDRO). Natural disasters and vulnerability analysis: report of Expert Group Meeting. Geneva, UNDRO, 49 p.

Urien, C. M. y Zambrano, J. J. 1996. Estructura del margen continental. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 3: 29-65.

Varnes, D.J. 1984. Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. Commission on landslides of the IAEG, UNESCO. Natural Hazards No. 3, 61 p.

Vermeer, M., Rahmstorf, S. 2009, Proceedings of the National Academy of Sciences 106, 21527.

Wright, L.D., Short, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis: Mar. Geol. 56: 93–118.

Zambrano, J. J. 1972. La cuenca del Colorado. En Leanza, A. (Ed.): Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias: 419-438. Córdoba.

Zavala C., Freije H. 2005. Geología de los acantilados. En Masera, R., Lew, J. y Serra Peirano, G. (ed) Las mesetas patagónicas que caen al mar: la costa rionegrina: 187-197, Carmen de Patagones.

Sitios web

Agencia periodística Patagónica - “Un viejo puente nos permite cruzar hacia la historia de la desaparecida El Juncal”. 03/11/2014. - <http://www.appnoticias.com.ar>

Autoridad interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) - Mapa de las cuencas hidrográficas de los ríos Limay, Neuquén y Negro.

- www.aic.gov.ar

Departamento Provincial de Aguas (DPA) - Resumen meteorológico para estación El Cóndor-1997-2011. - www.dpa.gov.ar

Diario Comarca - “Se desprendió gran parte de un acantilado en El Cóndor”. 07/01/2015. - <http://www.comarcahoy.com.ar>

Diario Río Negro. “Demoran obras en la bajada de Picotto”. 10/01/2014. - <http://www.rionegro.com.ar>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) - Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 1991, 2001 y 2010. - www.indec.gov.ar ; www.indec.mecon.ar

Subsecretaría de Recursos Hídricos - Caudales medios mensuales de la estación Primera Angostura para el periodo 04/1927- 03/2013. <http://www.hidricosargentina.gov.ar>

The Global Land Cover Facility (GLCF). - <http://glcf.umd.edu>

FIRMA:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Iván Pablo Vergara Dal Pont', with a long horizontal stroke extending to the right.

ACLARACIÓN: IVÁN PABLO VERGARA DAL PONT