



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



FACULTAD DE  
**CIENCIAS**  
UDELAR | fcien.edu.uy

# ANÁLISIS MORFOSEDIMENTARIO DE LAS PLAYAS LAS VEGAS Y PARQUE DEL PLATA, DEPARTAMENTO DE CANELONES

Trabajo Final de la Licenciatura en Geología

**AUTORA: ANALÍA OLIVERA**

**TUTOR: DR. CÉSAR GOSO AGUILAR**

**AÑO 2021**

## AGRADECIMIENTOS

En especial a mi tutor, el Dr. César Goso, quien ha sido mi guía en este Proyecto. Agradezco su paciencia en todo este tiempo, su colaboración durante las etapas de campo y procesamiento de datos, sus sugerencias para la elaboración del documento final y por las correcciones del mismo. También agradezco su apoyo en todos los momentos y su amistad.

Agradezco a los miembros del tribunal: Dra. Ethel Morales, MSc. Gustavo Piñeiro, MSc. Valeria Mesa por las correcciones, comentarios y sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo final.

Al Instituto Uruguayo de Meteorología por brindarme datos de vientos.

Al Instituto de Ciencias Geológicas de Facultad de Ciencias por dejarme hacer uso de los instrumentos para analizar mis muestras y darme un espacio en el Laboratorio, y a los Grado 1 por ayudarme con el procesamiento de las mismas: Daniel Picchi, Natalia Porta y Camila Frevenza.

A Sofía Novoa, Hernán Silva, Viviana González, Natalia Martino porque han estado presentes en las diferentes fases de este proyecto. Fueron un impulso muy grande para poder culminar con esta etapa.

A Raúl Ugalde por brindarme sus conocimientos, su compañerismo y por su colaboración en las salidas de campo.

A Sebastián Pérez, Ximena Lacués y Alejandro Ramos, por sus colaboraciones en la etapa final, sus buenas energías, y amistad.

A toda mi familia por el cariño y el apoyo que me dieron durante todos estos años. A mi mamá (Susana) y mi papá (Hugo), por estar presente en cada etapa de mi vida. Ellos son el empuje y el ejemplo que tengo a seguir todos los días. A mi hermana Lucía y hermano Rodrigo, porque son una parte de mí y han estado siempre.

A mi madrina (Ana) porque me acompaña desde el momento inicial.

A mis amigas y amigos por ser incondicionales y estar SIEMPRE.

A mi ahijada Emilia, porque es la luz de mis ojos.

Al volley, porque es mi terapia permanente y porque además de ser un deporte hermoso me dejó amigas de fierro que siempre están, en las buenas y en las malas.

En este largo camino, y en el que se me presentaron varias situaciones, agradezco de corazón a todas las personas que estuvieron conmigo y forman parte de mí vida.

## ÍNDICE

1	RESUMEN.....	5
2	INTRODUCCIÓN.....	6
2.1.	OBJETIVOS .....	10
2.1.1.	Objetivo general .....	10
2.1.2.	Objetivos específicos.....	10
2.2.	UBICACIÓN Y CONSIDERACIONES GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
2.2.1.	Ubicación.....	11
2.2.2.	Geomorfología general del área .....	13
2.2.3.	Red de drenaje.....	15
2.2.4.	Usos del suelo.....	15
2.2.5.	Clima .....	16
2.2.6.	Características demográficas.....	17
2.3.	ANTECEDENTES.....	18
2.3.1.	Contexto geológico .....	18
2.3.2.	Geología de la costa de Canelones .....	19
2.3.3.	Geología del área de estudio.....	23
2.3.4.	Geomorfología y riesgos geológicos de Canelones y área de estudio .....	28
3.	MARCO TEÓRICO.....	43
3.1.	GEOMORFOLOGÍA COSTERA Y GEOFORMAS ASOCIADAS.....	43
3.2.	PROCESOS LITORALES.....	43
3.2.1.	Fuerzas marinas en la dinámica litoral.....	44
3.2.2.	Geoformas costeras .....	49
3.2.3.	Balance sedimentario.....	56
3.2.4.	Impactos ambientales en las zonas costeras.....	59
4.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	62
4.1.	ETAPA DE GABINETE INICIAL.....	62
4.1.1.	Recopilación bibliográfica .....	62
4.2.	ACTIVIDADES DE CAMPO.....	62
4.2.1.	Perfiles de playa.....	62
4.2.2.	Ubicación de los perfiles .....	63
4.2.3.	Muestreo .....	65
4.3.	ETAPA DE GABINETE FINAL.....	65
4.3.1.	Tratamiento preliminar de muestras.....	65
4.3.2.	Ensayos granulométricos .....	65
4.3.3.	Descripción de muestras con lupa binocular.....	66
4.3.4.	Análisis de los perfiles de playa .....	66

4.3.5.	Determinación de parámetros estadísticos texturales .....	66
4.3.6.	Análisis de imágenes satelitales .....	67
4.3.7.	Redacción de informe final.....	67
5.	RESULTADOS.....	68
5.1.	Descripciones de muestras con lupa binocular .....	68
5.1.1.	LAS VEGAS .....	68
5.1.2.	PARQUE DEL PLATA.....	72
5.2.	Análisis granulométricos .....	77
5.2.1.	LAS VEGAS .....	77
5.2.2.	PARQUE DEL PLATA.....	78
5.3.	Perfiles de playa.....	84
5.4.	Evolución geomorfológica .....	90
6.	DISCUSIONES .....	94
6.1.	Análisis composicional, textural y granulométrico .....	94
6.1.1.	Las Vegas .....	94
6.1.2.	Parque del Plata.....	96
6.2.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	98
6.2.1.	Las Vegas .....	98
6.2.2.	Parque del Plata.....	100
6.3.	SECTOR: LAS VEGAS-PARQUE DEL PLATA.....	103
7.	CONCLUSIONES.....	104
8.	CONSIDERACIONES FINALES .....	106
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	107
9.	ANEXOS.....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de las puntas rocosas de la costa de Canelones .....	11
Figura 2.	Ubicación del área de estudio .....	12
Figura 3.	Geoformas presentes en el área de estudio. ....	14
Figura 4.	Imagen satelital Google del arroyo Solís Chico.. ....	15
Figura 5.	Mapa de usos del suelo del área de estudio .....	16
Figura 6.	Figura 6. Mapa geológico de la costa de Canelones.....	22
Figura 7.	Bosquejo geológico de los acantilados en Las Vegas. ....	24
Figura 8.	Vista de derrumbes de sedimentos del acantilado.....	30
Figura 9.	Medidas de control de erosión costera.....	31
Figura 10.	Impacto del oleaje en la base del acantilado de Las Vegas.....	32

Figura 11. Perfiles de la playa realizados entre 2005-2009) .....	34
Figura 12. Imagen que muestra derrumbes en Las Vegas .....	35
Figura 13. Imagen que muestra sitios con sedimentación dunar. ....	37
Figura 14. Sedimentación dunar sobre rambla en Parque del Plata.....	38
Figura 15. Sedimentación dunar en 1952 y 1953 .....	39
Figura 16. Perfiles de playa de Parque del Plata .....	40
Figura 17. Medidas de control de sedimentación dunar .....	41
Figura 18. Transformaciones del oleaje en la costa o ribera.....	46
Figura 19. Esquema de la corriente de deriva litoral .....	47
Figura 20. Perfil general de tormenta .....	48
Figura 21. Esquema general de un acantilado.....	50
Figura 22. Distribución de los subambientes de playa).....	53
Figura 23. Esquema de la distribución s materiales en el medio litoral .....	57
Figura 24. Imagen de espigones de Las Vegas .....	60
Figura 25. Situación de espigones en diferentes momento. ....	60
Figura 26. Imagen del nivel en salidas de campo .....	63
Figura 27. Ubicación de perfiles de playa .....	64
Figura 28. Muestras de arena de los distintos subambientes de LV.....	71
Figura 29. Muestras de arena de diferentes subambientes de P5 .....	73
Figura 30. Muestras de arena de diferentes subambientes de P6 .....	75
Figura 31. Curvas de frecuencia acumulada LV1 y LV2. ....	81
Figura 32. Curvas de frecuencia acumulada LV2 y LV3. ....	82
Figura 33. Curvas de frecuencia acumulada P5 y P6.....	83
Figura 34. Variaciones de los perfiles de playa en LV1 .....	85
Figura 35. Variaciones de los perfiles de playa en el LV2.....	86
Figura 36. Variaciones de los perfiles de playa en LV3 .....	87
Figura 37. Perfiles de playa de Parque del Plata en el período 2015-2017 .....	88
Figura 38. Perfiles de playa de Parque del Plata en el período 2015-2017 .....	89
Figura 39. Imágenes satelitales de Las Vegas en el período 2006-2017 .....	91
Figura 40. Imágenes satelitales de Las Vegas en el período 2006.2017 .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Direcciones y longitudes de los arcos de playa .....	20
Tabla 2. Distancias entre espigón y acantilado.....	33
Tabla 3. Fechas de los relevamientos de campo.....	63
Tabla 4. Resultados de las descripciones con lupa binocular .....	76
Tabla 5. Rango de variación de los parámetros estadísticos.....	80
Tabla 6. Distancias entre el extremo del espigón y el acantilado.. ....	92
Tabla 7. Velocidades de retroceso del acantilado (2015-2017).....	92
Tabla 8. Volúmenes estimados de sedimentos erosionados .....	92

## **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro I. Columna estratigráfica del dpto de Canelones. ....	23
Cuadro II. Principales obras de defensa costera en Canelones. ....	29
Cuadro III. Clasificación de geformas costeras. ....	49
Cuadro IV. Esquema que muestras los distintos tipos de dunas ....	55
Cuadro V. Consecuencias de la actividad antrópica en la franja costera ....	61

## 1 RESUMEN

Un análisis de la variabilidad morfoSEDIMENTARIA de playa Las Vegas y Parque del Plata en un lapso de once años son presentados en este estudio. Estas playas están sometidas a procesos de erosión y sedimentación, respectivamente, lo que genera problemas ambientales en esos sectores de costa. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de la variabilidad de los perfiles topográficos y características de los sedimentos de esas playas, considerando datos propios y antecedentes de estudios del área como una forma de seguimiento de la evolución de las mismas. La metodología empleada consistió en la medición de perfiles de playa y el análisis sedimentológico de los distintos subambientes en el período 2015-2017, para luego establecer variaciones en un período más amplio (2006-2017). Los resultados indican que las variaciones mineralógicas se dan en la playa distal de Las Vegas, mientras que en Parque del Plata no existen variaciones significativas. A su vez, la granulometría es muy variable en la zona de berma y de lavado en ambas playas. Por último, los perfiles de playa de Las Vegas muestran un retroceso en los últimos dos años, que oscilan en valores de 2,74 y 1,25 metros por año. En Parque del Plata existe una importante sedimentación del sector Este como consecuencia del aporte de arena provocado por la movilidad de la desembocadura del arroyo Solís Chico.

## 2 INTRODUCCIÓN

Las playas son ambientes dinámicos en los que interactúan una serie de factores naturales que provocan cambios en su configuración, perfil y planta a lo largo del tiempo. La variabilidad en la forma de una playa conlleva un transporte de arena que origina, a su vez, modificaciones en la distribución granulométrica de los sedimentos que la componen (Medina et al., 1995). El transporte es un proceso importante en el control de la morfología porque determina si la costa es estable o está sufriendo procesos de erosión o acreción (Álvez & Goso, 2014). Una playa arenosa, sometida a una dinámica actuante constante, desarrollará un perfil que no evolucionará en el tiempo alcanzando su "configuración de equilibrio". Dado que la variación del nivel del mar y el oleaje es constante en la naturaleza, una configuración de equilibrio en sentido estricto no existe (Medina et al., 1995).

La franja costera uruguaya, al igual que los países del mundo con costas, está sometida a intensas presiones ambientales (Álvez, 2011). Los procesos de erosión y degradación son problemas graves que las afectan y año tras año se realizan grandes inversiones para revertirlos o controlarlos con el fin de proteger los bienes en la costa.

Dentro de las causas del deterioro costero en Uruguay, se destaca la forestación indiscriminada de los campos de dunas móviles iniciada en la década de 1920, y que en algunos casos se remonta a las últimas décadas del siglo XIX (Panario & Gutiérrez, 2006). Las dunas cumplen un rol fundamental en el mantenimiento del equilibrio y la conservación del sistema costero (Marcomini & López, 2014), y las acciones antrópicas sobre ellas han ocasionado impactos ambientales negativos en la costa. Las consecuencias de la forestación son particularmente intensas en aquellas playas que se encuentran contiguas a la desembocadura de una vía de drenaje en la dirección de la deriva litoral de esa zona. Tal es el caso del primer tramo de las playas La Floresta-Las Vegas, ubicado en la costa del Río de la Plata, como resultado de la forestación próxima al arroyo Sarandí, del cual recibía sus aportes sedimentarios (Panario & Gutiérrez, 2006).

Las extracciones de arena en la franja costera, la introducción de canales de desagües pluviales en el cordón dunar; las construcciones (casas, vías de acceso, ramblas y otras estructuras); la implantación de vegetación alóctona sobre las dunas costeras, y el pasaje peatonal o de vehículos por sobre las mismas; la canalización de ríos y arroyos, entre otras, son acciones que interrumpen la dinámica sedimentaria natural, propiciando un deterioro de sus funciones ecosistémicas, su biota y su capacidad de protección ante los temporales, favoreciendo la subsecuente erosión costera (Panario & Gutiérrez 2006; Defeo et al., 2009; Marcomini & López, 2014). Las obras de infraestructura para el control de este proceso, siguen en orden de importancia en relación con el impacto sobre las playas (Panario & Gutiérrez, 2006). La mayoría han sido realizadas sin contemplar las consecuencias ambientales que traen aparejadas.

Dentro de la complejidad de los procesos litorales que actúan en la costa del Río de la Plata, confluyen elementos continentales y litorales en la regulación de la dinámica costera. Esto hace referencia a los casos de riesgos geológicos que se verifican en ella. Entre ellos, se identifican el retroceso de acantilados, con la consiguiente pérdida de territorio, lo que implica en muchas circunstancias la pérdida de bienes materiales y de otras estructuras; o el avance de dunas hacia el continente con la casi inutilización de terrenos (campos arables o para pasturas) y la potencial afectación a viviendas y caminos (Goso & Goso, 2004).

El departamento de Canelones se localiza al sur de Uruguay, cuenta con aproximadamente 67 km de costa y ella pertenece al denominado Frente Marítimo del Río de la Plata. Tiene entre sus principales actividades el turismo de playa contando con unas 90.000 plazas en viviendas/hoteles distribuidos en los distintos balnearios. Algunas de las playas de Canelones muestran efectos negativos provocados por la acción de la erosión costera y la sedimentación dunar (Goso 2011). Los puntos más problemáticos por el grado de afectación que tiene en este Departamento se manifiestan en el arco de playa Punta Santa Rosa (Atlántida) y Punta Corralito (Costa Azul), en los Balnearios Las Vegas y Parque del Plata, entre otros.

Al Este del arroyo Solís Chico se localiza el balneario Las Vegas que posee una batería de espigones construidos en la década de los setenta y presenta acantilados sujetos a un retroceso de orden métrico anualmente, siendo una muy seria problemática que está afectando a los propietarios de las fincas vecinas (Goso 2011). Los intentos de detener este proceso han sido numerosos y costosos, pero la acción erosiva sigue avanzando.

Otra afectación que presenta ese sector de la costa de Canelones es la sedimentación dunar en Parque del Plata, al Oeste del arroyo Solís Chico. El ancho promedio de las dunas hasta la rambla es de unos 70 metros estando en parte vegetadas por acacias. Su intensa y constante movilidad provoca los mayores problemas en la circulación vehicular en la zona de la rambla costera. Incluso, estos depósitos ingresan a los predios particulares dificultando su acceso (Goso 2011).

La problemática de las playas uruguayas ha propiciado estudios orientados al entendimiento de los procesos que actúan en la costa y a la obtención de conocimientos que permitan un manejo sustentable de las mismas. Una manera de evaluar los cambios morfológicos en playas es haciendo relevamientos con perfiles topográficos en distintas estaciones. Los perfiles de playa son una herramienta fundamental para cuantificar el estado y los cambios en playas arenosas y es de utilidad en la gestión y recuperación de las mismas (Zetina et al., 2008). La forma de los perfiles es resultado de complejos procesos de transporte y acumulación y en ella subyace información de relevancia para el estudio de la dinámica costera (Bernabeu et al., 2002; Andrade y Ferreira, 2006).

El presente trabajo procura analizar la variabilidad de los perfiles de las playas de Las Vegas y Parque del Plata en lo que refiere a su configuración o forma, en el período 2015-2017 así como también los cambios en las características de los sedimentos arenosos, considerando antecedentes de estudios del área (Goso, 2007; Goso, 2011; Goso et al., 2014; Goso & Olivera 2017), como una forma de seguimiento de la evolución de las mismas. Este trabajo aporta nuevos datos de monitoreo y control de erosión y sedimentación dunar, ya que en estas localidades los relevamientos de perfiles de playa y los análisis

texturales de sedimentos son muy escasos. Esto es importante para conocer algunos aspectos de la dinámica costera en ese sector de costa y tenerlos en cuenta como herramienta fundamental, al momento de adoptar planes de Manejo Costero en este Municipio.

## **2.1. OBJETIVOS**

### **2.1.1. Objetivo general**

El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución sedimentaria de las playas Las Vegas y Parque del Plata de Canelones, considerando antecedentes bibliográficos y datos propios de perfiles topográficos y parámetros granulométricos obtenidos en el desarrollo de este estudio.

### **2.1.2. Objetivos específicos**

- 1)** Analizar la dinámica costera a partir del estudio de la variabilidad de los perfiles de las playas Las Vegas y Parque del Plata en el período 2015-2017.
- 2)** Realizar un estudio sedimentológico de los subambientes en esas playas en el período 2015-2017.
- 3)** Comparar los resultados con antecedentes del área para evaluar los cambios en el período de tiempo 2006-2017

## 2.2. UBICACIÓN Y CONSIDERACIONES GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.2.1. Ubicación

El Departamento de Canelones se localiza en la región sur de Uruguay. Limita al sur en parte con el Río de la Plata, perteneciendo su costa al denominado Frente Marítimo del mismo. Su extensión aproximada es de 67 km la que expone una serie de arcos de playa de longitudes variables recortados por cabos. Ellos son, de Este a Oeste, Punta Piedras Negras, Corralitos, Piedras de Afilar (Figura 1) y están constituidos por rocas del basamento de edad Paleoproterozoica (Formación Montevideo) y Cámbrica (Formación Piedras de Afilar). La dirección dominante de la costa es N70 con arcos de playa pequeños. La corriente de deriva a lo largo de esta costa es en general hacia el Oeste (Goso 2011, Goso et. al 2014).

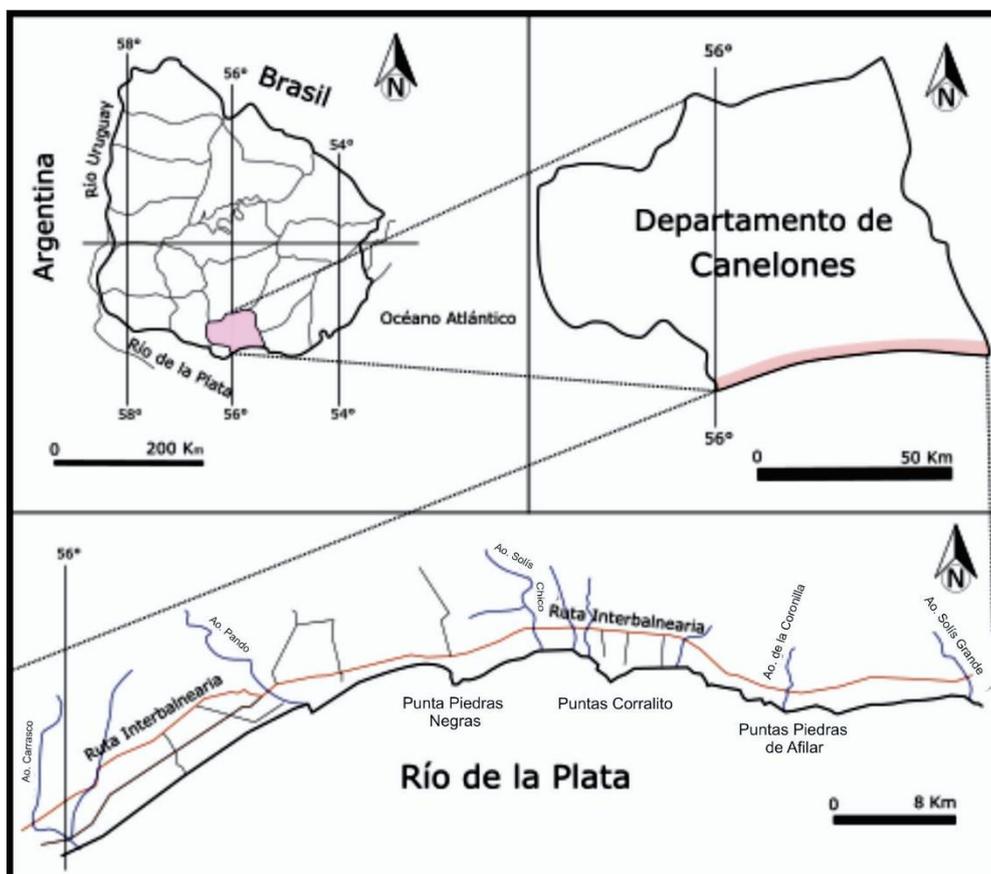


Figura 1 Ubicación de las puntas rocosas que forman parte de la costa de Canelones

Canelones presenta costas acantiladas que totalizan unos 18 km de extensión, con alturas que varían entre 2,5 y 10,5 metros. Las plataformas, cuyas extensiones oscilan entre 1500 y 2000 metros, están compuestas por fangos marrones (Pleistoceno) o negros (Holocenos) de manera semipermanente. A su vez, 52 km de toda esa costa presenta dunas tanto móviles como fijas. Estas últimas se deben a la forestación que comenzó luego de 1930, así como también a la urbanización (Goso, 2011; Goso et. al, 2014).

El área de estudio corresponde a las playas Parque del Plata y Las Vegas (Figura 2). La primera se localiza a unos 49 km de Montevideo, limita al Oeste con el balneario Las Toscas y al Este con el arroyo Solís Chico. Por su parte, Las Vegas dista aproximadamente 52 km de Montevideo y linda al Oeste con el arroyo Solís Chico y Parque del Plata; y al Este con el balneario La Floresta.

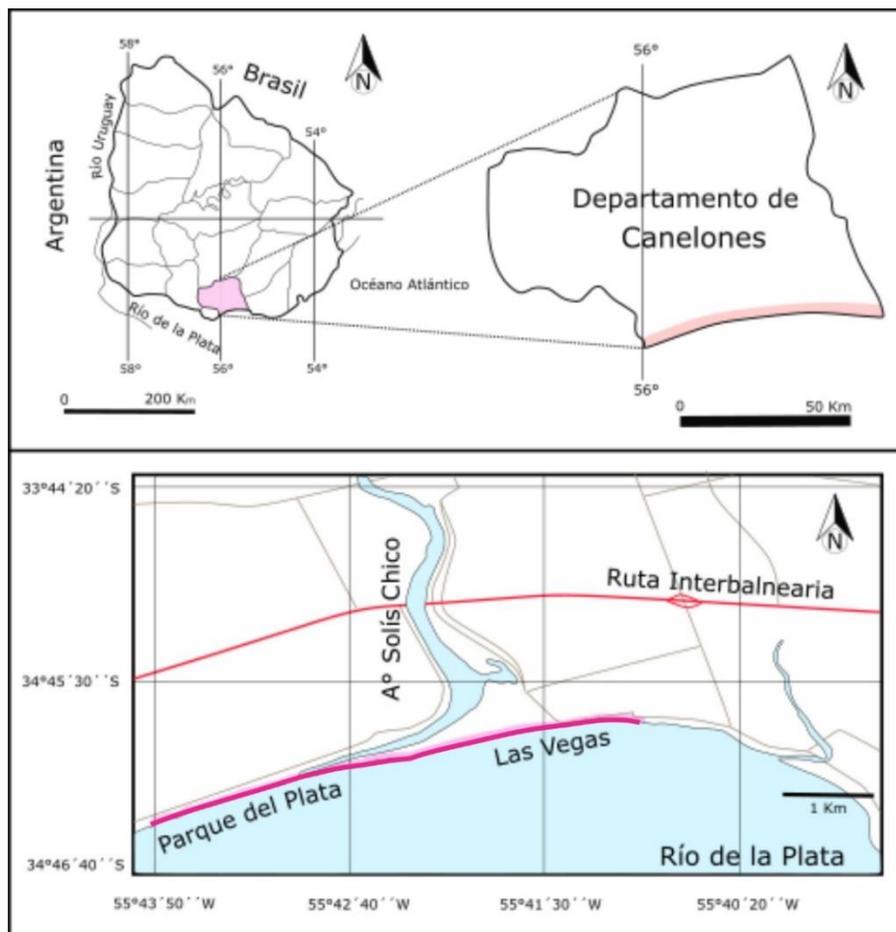


Figura 2. Ubicación del área de estudio (línea fucsia). Las Vegas y Parque del Plata se localizan al Este y Oeste del arroyo Solís Chico, respectivamente.

La ruta nacional Interbalnearia General Líber Seregni, es la principal vía de acceso a la zona de trabajo (Figura 2). El trazado de la misma es paralelo a la costa, permitiendo acceder a ambas playas.

### **2.2.2. Geomorfología general del área**

La morfología de la costa es el resultado de la evolución sedimentaria y de la dinámica litoral que han actuado desde la transgresión posglacial en el intervalo Pleistoceno Tardío-Holoceno hasta el Presente, y está condicionada por los cambios climáticos y la geomorfología existente. A causa de estas interacciones, se distinguen dos ambientes morfológicos, el pre-Holoceno y el Holoceno (Goso, 2011):

- pre-Holoceno: representado en la costa del departamento de Canelones por llanuras costeras altas dominadas por puntas o cabos del basamento, con un paleorrelieve ondulado con cotas +10 que lo recortan, y muestra valles de ciclos fluviales de dirección NNW-SSE (que son relativamente ortogonales a la estructuración de las rocas proterozoicas como en el caso de los arroyos Carrasco, Pando, Solís Chico y Solís Grande).
- Holoceno: en él se generan una serie de formas típicas de mar alto como llanuras costeras de ambiente subestuárico con cotas entre +2 y +10 integrados por complejos barrera-lagoon, con sus cordones de dunas y playas recortados por canales que conectan paleolagunas costeras, como el caso de los Bañados de Carrasco, o subestuarios como los arroyos Pando y Solís Grande.

El tramo de costa del Río de la Plata expone resultados de las acciones antrópicas sobre el sistema duna-playa. Un ejemplo de ello es la urbanización de la Ciudad de la Costa y del resto de los balnearios de Canelones, así como la modificación en el sistema dunar producto de la intensa forestación que, en el caso de la costa de este departamento han dejado apenas un 0,6% de dunas activas del total de la superficie ocupada originalmente. Esta fijación de dunas genera una reducción de la disponibilidad de arenas libres para el transporte eólico en el sistema litoral, lo que se manifiesta en un déficit de material en el balance sedimentario. Esto da como resultado la existencia de

geoformas erosivas como acantilados y plataformas de abrasión (Goso & Olivera, 2017).

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio se trata de una planicie costera que en parte está cubierta por un campo dunar fijo de ancho variable (hectométrico a kilométrico). En Las Vegas es posible observar acantilados activos con altura métrica a decamétrica, siendo éstas las geoformas predominantes en esa playa (Figura 3a y 3b). Los mismos alcanzan los 10,5 m de altura máxima hacia el Este, exponiendo los sedimentos que los conforman. Asimismo, existen en el área formas onduladas dadas por los campos de dunas de Parque del Plata al Oeste del arroyo Solís Chico (Figura 3c), los cuales alcanzan cotas altimétricas de unos 10 m.s.n.m y presentan un ancho hacia el Norte de hasta 70 metros.



*Figura 3. Geoformas presentes en el área de estudio: a) acantilado en Las Vegas, b) plataforma expuesta luego de una tormenta en Las Vegas, c) campo de dunas en Parque del Plata.*

### 2.2.3. Red de drenaje

EL área de estudio está localizada en la cuenca del arroyo Solís Chico, corriente superficial de agua que limita los balnearios Las Vegas y Parque del Plata al Este y Oeste, respectivamente. Sus vertientes principales en la parte superior se localizan al Noroeste de la localidad de Migue y desde allí su cauce principal transita unos 58,5 km hasta su desembocadura en el Río de la Plata. Su cuenca hidrográfica tiene una extensión de 769 km<sup>2</sup> (MTO, 1979), aproximadamente. Está limitada al Este por la cuenca del arroyo Solís Grande, al norte por la del Río Santa Lucía, al Oeste por la del arroyo Pando y por el Río de la Plata al Sur.

La desembocadura del arroyo Solís Chico y la corriente de deriva hacen que, desde hace algunas décadas, su descarga forme una barra arenosa con dirección Oeste (Figura 4).



*Figura 4. Imagen satelital Google Earth de octubre de 2017 de la desembocadura del arroyo Solís Chico. Se puede observar la barra arenosa orientada al Oeste. La flecha indica un bañado que corresponde a una antigua desembocadura.*

### 2.2.4. Usos del suelo

En la Figura 5 se exponen los usos del suelo del área de acuerdo al mapa de Cobertura del Suelo 2015 (FAO, 2015). Según el mismo, la zona de estudio está caracterizada como "área desnuda", la que significa que no tienen una cobertura artificial como resultado de las actividades humanas.

El índice de productividad del área es igual a 0 y según los Grupos Coneat, el representativo en la misma es el 07.2, el cual corresponde a las arenas no fijadas por vegetación o con vegetación psamófila poco densa.

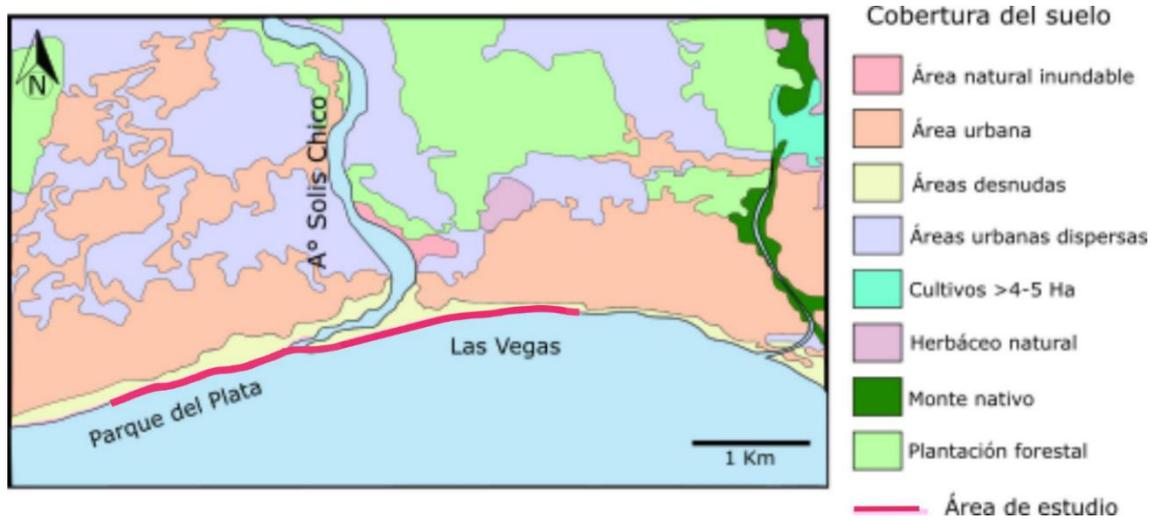


Figura 5. Mapa de usos del suelo del área de estudio. (Tomado y modificado de: <https://sit.mvotma.gub.uy/js/cobertura>)

### 2.2.5. Clima

Uruguay se encuentra íntegramente en la zona templada. Las diferencias en los parámetros climáticos entre los distintos puntos del país, no son de magnitud suficiente como para distinguir diferentes tipos de clima. La temperatura media anual es de 17,5 °C, variando desde 20°C en la zona Noreste, hasta 16°C en la costa atlántica. Las lluvias totales medias anuales tienen su valor mínimo hacia el S sobre las costas del Río de la Plata con casi 1000 mm., y su valor máximo hacia el Noreste, en la frontera con Brasil con 1400 mm. El régimen de vientos más frecuentes acusa un marcado predominio del sector NE. Las velocidades medias son del orden de los 15 Km/h. La humedad relativa media anual oscila entre el 70% y el 75%, en todo el país.

El territorio está comprendido dentro de las siguientes características: Clima templado, moderado y lluvioso (temperatura del mes más frío entre -3° y 18°C): "tipo C"; clima de temperie húmeda (lluvia irregular, condiciones intermedias entre el Oeste y el Sur de Köppen): "Tipo f"; variedad específica de temperatura (temperatura mes más cálido superior a 22 grados celcius):

"tipo a". De acuerdo con lo expuesto, en la Clasificación Climática de Köppen, el territorio continental del Uruguay se clasifica como "Cfa".

(<http://meteorologia.fcien.edu.uy/>)

### **2.2.6. Características demográficas**

En el Departamento de Canelones habitan aproximadamente 566.000 personas (según INE 2016). En sus tres secciones censales costeras residen de manera permanente aproximadamente el 30% de la población total del departamento. Se distingue en dicha zona la Ciudad de la Costa la cual se extiende desde el arroyo Carrasco hasta el arroyo Pando; y la Costa de Oro, que es la denominación que recibe una sucesión de balnearios ubicados al Este de la Ciudad de la Costa y que se extienden desde el arroyo Pando hasta el arroyo Solís Grande.

Los centros poblados específicos del área de estudio corresponden a Las Vegas y Parque del Plata. Ambos se subdividen informalmente en Norte y Sur de acuerdo a su posición respecto a la ruta Interbalnearia. La población de Parque del Plata y Las Vegas aumenta en la época de verano debido a una importante actividad turística vinculada a las playas, ya sea por la llegada de turistas principalmente desde Argentina y en menor medida desde Brasil, aunque también tiene un importante turismo interno, siendo el mismo la principal actividad económica de la zona (Goso, 2011).

Parque del Plata es uno de los balnearios más visitados del departamento en el verano. Tiene, además de la playa, el atractivo de la costa del arroyo Solís Chico, aumentando la oferta de actividades deportivas y de recreación (pesca, deportes náuticos, etc.). En la margen que da al Este, prosperan en la actualidad varios emprendimientos turísticos, cabañas, camping y paseos ecológicos.

## **2.3. ANTECEDENTES**

### **2.3.1. Contexto geológico**

La constitución geológica de la costa uruguaya presenta una gran diversidad de materiales rocosos y sedimentos. Las más antiguas corresponden a rocas ígneas y metamórficas paleoproterozoicas de diferentes grados de deformación que forman parte del denominado Basamento Cristalino. Ese conjunto de rocas constituye las puntas rocosas o cabos que dan lugar a los arcos de playa existentes en la costa, y sobre ellas se apoya casi exclusivamente otro conjunto diverso de rocas sedimentarias y sedimentos que se acumularon durante el Cenozoico (Goso & Muzio, 2006). De acuerdo con las diferentes historias evolutivas, el basamento uruguayo ha sido subdividido en tres grandes terrenos tectonoestratigráficos que son: Terreno Piedra Alta (TPA), Terreno Nico Pérez (TNP) y Terreno Cuchilla Dionisio (TCD) (Bossi et al., 1998).

El TPA fue propuesto por Bossi et al., (1993), se desarrolla al Oeste de la Zona de Cizalla Sarandí del Yí (ZCSY) y está compuesto por vastas áreas granito-gnéisicas separadas por cinturones metamórficos supracrustales (Oyhantçabal et al., 2011). La ZCSY fue reconocida y descrita formalmente por Preciozzi et al., (1979). Se extiende más de 250 km en dirección N-S separando el TPA del TNP y desarrolla un espesor en el entorno de los 13 km (Gómez Rifas, 1989; Sánchez Bettucci et al., 2010).

Unidades que forman parte del TPA son las que componen las puntas rocosas de la costa del Departamento de Canelones las cuales forman una serie de arcos de playa de longitudes variables. Esas unidades corresponden a la Formación Montevideo (Bossi et al., 1975) y la Formación Piedras de Afilar (Preciozzi et al., 1985).

La Formación Montevideo constituye una faja de origen volcano-sedimentario, con orientación N70E, cuya evolución tuvo lugar en el Paleoproterozoico. Esta unidad geológica está representada por rocas metamórficas de grado medio, siendo los micaesquistos, anfibolitas, gneises y cuarcitas las litologías más representativas en términos de abundancia

(Bossi, 1965; Oyhantçabal et al., 2003). Las mejores exposiciones de estas rocas pueden observarse en la costa W del departamento de Montevideo (Playa del Cerro, Punta Espinillo y Pajas Blancas), así como en parte de la costa de Canelones.

La Formación Piedras de Afilas definida inicialmente por Jones (1956), representa el único registro correspondiente a un evento depositacional sobre el terreno Piedra Alta ocurrido en el límite Neoproterozoico-Cámbrico (edad tentativa) y está compuesto por una secuencia detrítica grano-decreciente (desde areniscas a pelitas) que culmina hacia el tope de la misma con calizas (Bossi et al., 1998). La secuencia se encuentra afectada por un metamorfismo de grado bajo. Asimismo, existe también metamorfismo de contacto generado por diques de composición basáltica que recortan a la secuencia descrita. Todo el conjunto se encuentra fuertemente basculado hacia el SW (Goso et al., 1990).

Completan el registro geológico del área, apoyados sobre las unidades anteriormente descritas, rocas sedimentarias y sedimentos de edades cenozoicas (Goso & Muzio, 2006).

### **2.3.2. Geología de la costa de Canelones**

En 1956 el geólogo inglés Gordon Jones publicó los resultados de un relevamiento geológico realizado en el sector oriental del departamento de Canelones, en el marco de un contrato con el Instituto Geológico del Uruguay. En ese documento, se presentan los principales rasgos geomorfológicos de esa área, varias secciones estratigráficas, descripciones de perforaciones realizadas para estudios de abastecimiento de agua, fotografías de varias localidades y afloramientos, así como también vistas aéreas que tienen un gran valor testimonial. Asimismo, el autor trata aspectos descriptivos básicos de las diferentes unidades estratigráficas presentes en la región, pero también aborda aspectos paleontológicos, la potencialidad de los recursos minerales de la región y algunos aspectos que tienen que ver con los procesos litorales (erosión y movimiento de dunas).

En 1979, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a partir de un informe técnico ambiental que expone las problemáticas de toda la costa costa uruguaya, realiza cartografía geológica a escala 1:50.000 en base a antecedentes bibliográficos y relevamientos de campo, describiendo las unidades geológicas presentes en la misma.

Spoturno et al., (2004), compilan en un trabajo cartográfico a escala 1:100.000, una síntesis de todo el departamento de Canelones en cooperación con la Facultad de Ciencias y la Dirección Nacional de Minería y Geología, lo que permitió conocer su estructura geológica. En el mismo, se redefinieron unidades integrantes del Cuaternario antiguo y del Basamento Cristalino, se actualizó la columna estratigráfica del departamento, se elaboró el primer banco de datos de sitios con indicios, depósitos y yacimientos de recursos minerales y por último se deslindaron áreas con diferente favorabilidad minera para la exploración de recursos minerales no metálicos, con destino a la industria de la construcción.

Goso (2006), realiza una caracterización litofaciológica con un enfoque paleoambiental para las unidades cuaternarias expuestas en la costa de Canelones a partir de un estudio sedimentológico-estratigráfico en diferentes sectores de playa. Este trabajo permitió conocer en detalle los principales atributos sedimentológicos y paleontológicos de la sedimentación cuaternaria en ese sector. En este trabajo, se establece la dirección y longitud de los arcos de playa del departamento de Canelones, las cuales se muestran en la Tabla 1. Entre esos arcos se exponen aproximadamente 18 km de acantilados donde es posible ver los rasgos sedimentarios correspondientes a las formaciones cuaternarias. El registro sedimentario cenozoico en Canelones desarrolla una potencia total de 50 m de espesor (Goso, 2006).

*Tabla 1. Direcciones y longitudes de los arcos de playa del Departamento de Canelones. Modificado de Goso et al. (2014)*

<b>Arco</b>	<b>Rumbo</b>	<b>Longitud (km)</b>
Ciudad de la Costa-Atlántida	N60E	30
Atlántida-La Floresta	N70E	9
Bello Horizonte-San Luis	N80E	5

En los diferentes acantilados se pueden observar los rasgos sedimentarios de las formaciones Libertad (Pleistoceno Medio-Temprano), Chuy (Pleistoceno Medio), Dolores (Pleistoceno Tardío) y Villa Soriano (Holoceno) (Goso et al., 2011). Asimismo, la Formación Fray Bentos (Oligoceno Tardío) aflora únicamente en San Luis y en el margen izquierdo del arroyo Solís Grande. En la Figura 6 se muestra el mapa geológico de la costa de Canelones y en el cuadro I se presenta la columna estratigráfica de las unidades presentes en la misma y sus principales características.

# ANÁLISIS MORFOSEDIMENTARIO DE PLAYAS LAS VEGAS Y PARQUE DEL PLATA, DEPARTAMENTO DE CANELONES

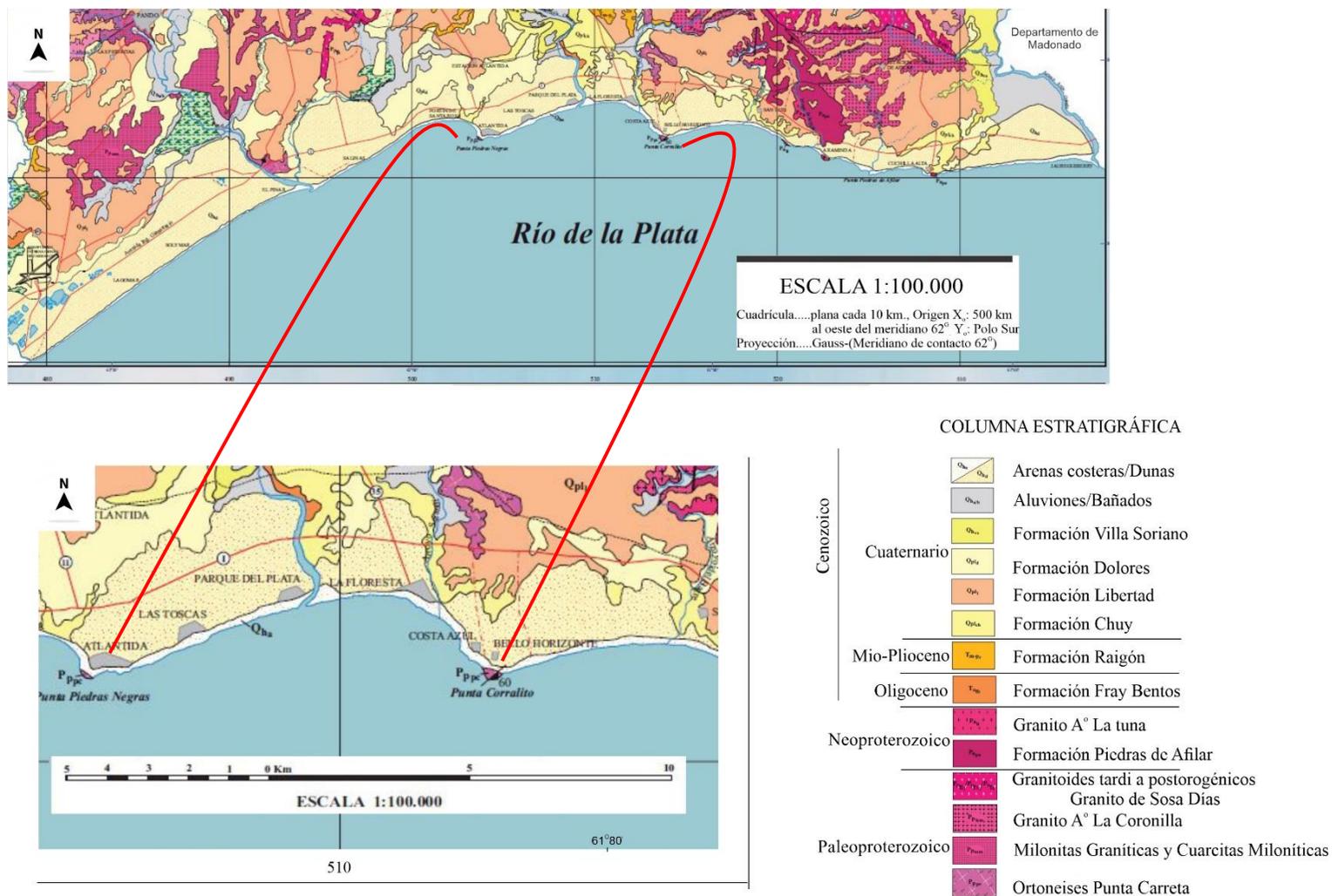


Figura 6. Mapa geológico de la costa de Canelones (Tomado y modificado de Spoturno et al., 2004)

*Cuadro I. Columna estratigráfica y principales litologías en la franja costera del Dpto. de Canelones. (Modificado de Goso et al., 2014).*

<b>Unidad</b>	<b>Litologías dominantes</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Edad</b>	<b>Zona de afloramientos</b>
Depósitos de playa, dunas y esteros	Arenas de varias granulometrías blancas, arcillas y fangos grises a negros		Actual	
Formación Villa Soriano	Arenas cuarzosas de variadas granulometrías, arcillas negras y grises oscuras con restos de bivalvos	barreras-lagunas, micro-estuarinos	Holoceno	A° Pando en puente de ruta Interbalnearia; desembocadura del A° Sarandí
Formación Dolores	Limos arcillosos, fangos y wackes marrones;	llanura aluvial y costera	Pleistoceno Tardío	Acantilados y plataformas en Villa Biarritz y Santa Ana
Formación Chuy III	Arenas cuarzosas de variadas granulometrías y conglomerados cuarzo-feldespáticos blanco-amarillento con icnofósiles, arcillas verdosas con moluscos;	complejo barrera lagunas	Pleistoceno Medio	Acantilados en Villa Argentina y Las Vegas
Formación Libertad II	Arcillas limosas, fangos y diamictitos marrones con abundantes restos de vertebrados	Flujos de barro y eólicos retrabajados	Pleistoceno Medio Temprano	Acantilados y plataformas en Las Vegas y San Luis
Formación Fray Bentos	Fangos marrones y diamictitos marrón-rosado compactos	llanura aluvial	Oligoceno Tardío	Barrancas en A° Solís Chico y Grande
Formación Montevideo	Gneises anfibólicos, granitos biotíticos a dos micas, cuarcitas miloníticas, esquistos biotíticos, filones pegmatíticos		Meso-proterozoico	Puntas rocosas en Atlántida, Costa Azul y La Tuna

### 2.3.3. Geología del área de estudio

En la playa Las Vegas, se exponen acantilados cuya altura aumenta progresivamente hacia el Este alcanzando valores entre 2,5 y 10,5 m en donde se muestran las relaciones verticales y laterales de las formaciones Libertad, Chuy, Villa Soriano y arenas subactuales (Figura 7). Los rasgos sedimentológicos de las unidades que conforman el acantilado fueron presentados por Goso (2006).

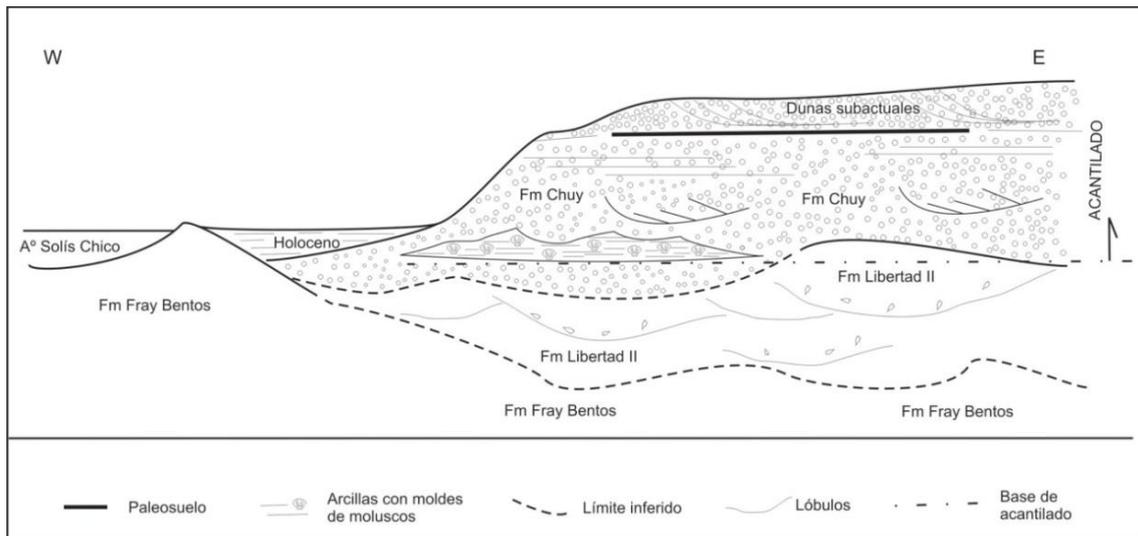


Figura 7. Corte geológico (sin escala) de los acantilados en Las Vegas (Tomado de Goso, 2006).

A continuación, se realiza una descripción breve de las formaciones que se exponen en el área de estudio.

### 2.3.3.1. Formación Fray Bentos

Goso (1965) define y describe esta Formación de manera detallada, la que luego será retomada con algunas modificaciones por Bossi (1966). Las litologías de la Formación Fray Bentos incluyen pelitas, areniscas finas, limolitas loésicas, fangolitas y niveles conglomerádicos y diamictíticos. Se destaca por parte de algunos autores, la inclusión de trazas vítreas y procesos relativamente intensos de carbonatación y también silicificación, así como de forma más restringida, areniscas medias a gruesas. Esta unidad tiene un característico y homogéneo color rosado-marrón rojizo. En general suprayace en discordancia a unidades cretácicas y al basamento cristalino, y subyace a depósitos sedimentarios miocénicos, pliocénicos y pleistocénicos. La edad establecida para esta unidad es Oligoceno Tardío.

En superficie puede desarrollar exposiciones que oscilan los 10-15 m, pero es en el subsuelo donde tiene mayor expresión, alcanzando en algunas zonas algo más de 90 m (cuencas Santa Lucía y Merín). Respecto al paleoclima en momentos de sedimentación de esta unidad, los autores han interpretado variación de condiciones desde predominantemente secas y cálidas a

húmedas y cálidas (Romano, 1999). Ferrando & Dasa (1974) sugirieron escasa pluviosidad y distribuida irregularmente con temperaturas templado-cálidas. Otros han señalado el predominio de una aridez creciente, bajo régimen eólico esencialmente periglacial o peridesértico (Goso & Bossi, 1966).

La Formación Fray Bentos es relativamente pobre en contenido fosilífero. Los registros existentes corresponden a mamíferos, algunos moluscos e icnofósiles; subsidiariamente han sido referidos a esta unidad restos de esponjas, diatomeas, tortugas y otros fósiles (Ubilla, 2009).

La limolitas rosadas oligocenas marcan antiguos paleovalles platenses por los cuales se produjeron los ingresos mio-pleistocénicos y cuaternarios a lo largo de toda la costa. En particular, el arroyo Solís Chico corre por un antiguo paleovalle labrado sobre esta unidad. En el área de estudio esta unidad aflora en el margen izquierdo del arroyo Solís Chico al Norte de la Ruta Interbalnearia. Se ha establecido

#### **2.3.3.2. Formación Libertad**

Definida y caracterizada por Goso (1965) y reproducida sin modificaciones relevantes por Goso & Bossi (1966, 1969), se caracteriza por contener lodolitas, loess con variables contenidos de arenas, pardo rojizas, incorporando carbonato de calcio multiforme, generando morfologías suavemente onduladas. Algunos sondeos indican que esta unidad no supera los 30 m de potencia.

Lo que algunos interpretan como intercalación con niveles ingresivos (Formación Chuy) permitiría identificar los "eventos" Libertad I y Libertad II, que se preservarían esencialmente como terrazas elevadas y medias. Se propuso para esta formación una sedimentación en clima semiárido con períodos húmedos, condiciones diluviales, asociados a condiciones climáticas reinantes en momentos de glaciación (bajo nivel del mar). Libertad I estaría asociada a clima seco y frío mientras que Libertad II a clima cálido y más húmedo (Panario & Gutiérrez, 1999).

Se asume habitualmente que la Formación Libertad se ha depositado en el Pleistoceno Medio-Temprano, esencialmente por criterios estratigráficos (Martínez & Ubilla, 2004).

#### **2.3.3.3. Formación Chuy**

La Formación Chuy fue definida por Delaney (1963), pero de hecho la primera mención publicada es la de Goñi & Hoffstetter (1964). Aflora a lo largo de la zona costera y está representada por arenas cuarzosas, amarillo rojizas, semi-consolidadas, con granos bien redondeados y muy bien clasificados con presencia de minerales pesados (Goñi & Hoffstetter, 1964). Fue cartografiada por Preciozzi et al., (1985). Estos autores incluyen litologías arcillo-gravillosas y arcillas a esta unidad.

De acuerdo a los autores, la Formación Chuy se intercala entre unidades continentales pleistocenas, o por lo menos tendría este tipo de contacto por encima. Se han reconocido también tres episodios llamados Chuy I, Chuy II y Chuy III, los que tienen una clara connotación cronoestratigráfica.

Esta unidad contiene microfósiles que fueron estudiados por Sprechmann (1978). La descripción de la unidad ha privilegiado el aspecto temporal (sedimentos pleistocenos) y genético (sedimentos marinos y asociados). De acuerdo a sus relaciones estratigráficas, la Formación Chuy ha sido colocada en el Pleistoceno Medio.

#### **2.3.3.4. Formación Villa Soriano**

Los depósitos fosilíferos incluidos en la Formación Villa Soriano (Goso et al., según Antón & Goso, 1974) afloran a lo largo del litoral uruguayo, y forman una muy estrecha faja paralela a la actual línea de costa desde la desembocadura del Río Negro hasta la Laguna Merín (Martínez & Ubilla, 2004). De acuerdo con Preciozzi et al., (1985) está compuesta por arcillitas grises, arenas y gravas. Según Bossi & Ferrando (2001) se compone de arenas desde gruesas a muy finas, algunos niveles pelíticos a los que deben agregarse lentes de cenizas volcánicas. Presenta abundancia de moluscos de origen marino o estuarino (Martínez & Ubilla, 2004). Pueden establecerse a

grandes rasgos, dos asociaciones faciológicas para los sedimentos atribuidos a esta unidad:

- arenosa representada por cordones litorales y depósitos de backshore;
- pelítica que representa depósitos generados en ambientes de circulación restringida como sistemas de isla barreras-lagoon o inclusive, bahías muy cerradas (esto se ve acompañado por la existencia de restos de moluscos).

La edad de la Formación Villa Soriano, queda establecida según criterios estratigráficos y faunísticos tradicionalmente dentro del Holoceno (de acuerdo con Martínez et al., 2001). Esta edad los ubicaría en el último período interglacial.

### **2.3.3.5. Arenas subactuales**

La presencia de importantes campos dunares hace que la influencia costera sea reconocida fácilmente. Estos campos se extienden desde la barra de playa hacia el interior del continente, apoyándose de manera transgresiva sobre los depósitos cenozoicos e incluso pueden cubrir rocas del basamento. En Canelones, aproximadamente 52 km de la costa presentan dunas tanto móviles como fijas (Goso et. al., 2011).

En la mayor parte de los casos se encuentran semifosilizadas con incipiente desarrollo de suelo. Estos médanos, se ubican siempre por encima de la zona de barrancas, transgreden hacia el continente y de manera irregular, parcial e indistintamente tapizan depósitos del Cuaternario antiguo y rocas del basamento cristalino. Se trata de arenas cuarzosas, finas a muy finas, de muy buena selección, con clastos redondeados. Presentan estratificación plano-paralela, cruzada de gran porte con ripples en sus flancos, y dirección de transporte hacia el nor-noroeste (Spoturno et al., 2004).

### **2.3.4. Geomorfología y riesgos geológicos de Canelones y área de estudio**

#### **2.3.4.1. Erosión costera en Canelones**

El retroceso de los acantilados constituye un importante riesgo geológico. Particularmente, en buena parte de la costa uruguaya afecta a sedimentos escasamente a no-consolidados de las formaciones Camacho, Raigón, Chuy, Libertad y Dolores, produciendo deslizamientos de porciones importantes, que son desagregados posteriormente en tamaños menores, dando lugar a los clastos individuales. En sedimentos no consolidados de la Formación Villa Soriano y del Reciente y Actual, en acantilados de menor altura, el fenómeno tiende a desagregarlos directamente.

Los puntos más problemáticos de erosión costera en la costa de Canelones corresponden a los balnearios Villa Argentina y Las Vegas. Asimismo, existen otras localidades que enfrentan esta situación donde se presentan acantilados y plataformas como geoformas típicas de ese proceso, como, por ejemplo, San Luis, Guazuvirá, Villa Biarritz-Cuchilla Alta, Sierra del Mar, Santa Ana y Paraíso Suizo.

A partir de esta problemática, se ha llevado a cabo una serie de intervenciones con el fin de controlar y mitigar la erosión costera en este departamento. De una manera general, en la costa de Canelones, las principales obras de defensa costera han consistido en la construcción de baterías de espigones, muros y muretes de hormigón, así como la instalación de cercados impermeables, escombros y bolsas de arena para la contención de los efectos del oleaje, como se muestra en en el Cuadro II (Vanerio, 2008).

*Cuadro II. Principales obras de defensa costera en Canelones. Modificado de Vanerio (2008).*

<b>Playa</b>	<b>Obra</b>
Desembocadura del arroyo Carrasco	Muro de contención (destruido)
Villa Argentina, Atlántida	11 espigones construidos en la década del '70
Las Vegas-La Floresta	10 espigones construidos en la década del '70, escombros, raíces, enrocados
San Luis, La Tuna, Los Titanes	Muretes de hormigón
Villa Argentina (El Águila)	Estructuras de gaviones construida en 2004
San José de Carrasco, Solymar, El Pinar, Neptunia, Villa Argentina, Atlántida, La Floresta, Jaureguiberry, Parque del Plata	Cercas captoras con tablestacado o malla sombra (distintas épocas)
Neptunia, Desembocadura del arroyo Pando	Escombros, bolsas de arena
Shangrilá, Solymar, Lomas de Solymar, Parque de Solymar, Parque del Plata, Atlantida, Las Toscas, Bello Horizonte	Accesos elevados de madera construidos sobre dunas en 2010

## **LAS VEGAS**

A comienzos de la década del setenta la rambla frente al Hotel Casino en La Floresta (balneario aledaño a Las Vegas al Este) comenzó a correr peligro estructural a causa de la actuación de procesos erosivos. Ello motivó la realización de intervenciones de defensa costera que consistieron en la construcción de un muro de contención y una batería de cinco espigones en esa zona (Goso, 2011).

En la década de 1980 al observar el resultado local de retención de arena entre los espigones, se estimuló la construcción de nuevas obras para revertir la erosión ocasionada por los primeros. Para ello, no se tuvo en cuenta el complejo fenómeno de interacciones que desatan los mismos, y que provocaron que los últimos espigones ubicados aguas abajo de la corriente de deriva litoral dejaran de ser operativos. Estas estructuras fueron construidas con el fin de solucionar los problemas de erosión de playas, pero en realidad fueron una nueva causa de distorsión de los aportes por la deriva litoral (Panario & Gutiérrez, 2006).

El retroceso de los acantilados en Las Vegas ha afectado seriamente los terrenos de los propietarios de fincas. El sector occidental de esa playa, tanto su escalera de acceso, cordón cuneta y rambla pavimentada (en ese orden) fueron progresivamente destruidos por los continuos derrumbes (Goso, 2011), (Figura 8).



*Figura 8. Vista de derrumbes de sedimentos del acantilado (arriba) y escaleras destruidas (abajo). Imágenes de abril de 2010.*

Se han realizado varias acciones e intervenciones a lo largo del tiempo para detener el proceso erosivo, entre ellas: la colocación de escombros de variados tamaños, restos de podas, troncos y raíces de grandes eucaliptos, grandes fragmentos de rocas y las propias losas del pavimento, así como también se han realizado viajes de arena traídos desde la rambla de Parque del Plata para ser depositada en el sector afectado (Figura 9 a y b). Asimismo, se han encontrado al pie del acantilado ramas colocadas a lo largo del mismo cuya intención fue en su momento la retención de arena voladora (Figura 10c). La efectividad de estas medidas fue nula.



*Figura 9. Medidas de control de erosión costera. a) enrocado en la base del acantilado (noviembre 2012), b) volcado de arena al pie de acantilado (noviembre 2012), c) restos de ramas para retención de arena en la base del acantilado (diciembre 2015).*

Durante las sudestadas, el oleaje alcanza la base de los acantilados sedimentarios, promoviendo su destrucción lo que contribuye al retroceso continuo de los mismos (Figura 10). Dadas estas condiciones, la posibilidad de venta de las viviendas allí ubicadas es baja debido a que han ido perdiendo valor.

A fines del año 2006, ante los reclamos de los vecinos afectados, el municipio intervino con la ejecución de una obra de readecuación del drenaje de las pluviales que terminó de construirse en 2009 (Goso, op.cit).



*Figura 10. Impacto del oleaje en la base del acantilado de Las Vegas en el año 2010. Tomado de Goso et al., (2014)*

A partir de datos de entrevistas a residentes del área, Goso et al., (2007) estiman un retroceso de 12 metros en el período 1995-2006, en donde se ubican los últimos dos espigones deriva abajo, y establecen una velocidad de retroceso promedio de 1,1 m/año.

En 2008 el IMFIA (Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental) de la Facultad de Ingeniería presentó un estudio basado en la caracterización morfodinámica del sector costero de La Floresta que tuvo como objetivo recomendar acciones para contener los efectos de la erosión de la zona. En el mismo, se realizaron estimaciones de retroceso entre 0,67 y 1,56 m/año, que de acuerdo con los modelos resultaron proyecciones de casi 80 m de retroceso en cinco décadas, en el peor de los casos. En el mismo trabajo, se calcularon costos de expropiaciones de inmuebles los cuales alcanzan cifras

del orden de los U\$S 2.000.000, y se establecieron una serie de recomendaciones entre las que se incluyeron: a) construcción de un rompeolas de 100 m de extensión, a 60 m de la orilla y 2,0 m por encima del nivel del agua localizado entre los espigones 7 y 8, formado por geotubos de 20 m de largo rellenos de arena; b) realizar recargas de arena en el espacio entre los espigones; y c) construir una protección con enrocado frente a una saliencia arcillosa, asignada allí como Formación Fray Bentos (Oligoceno), la que en realidad es de la Formación Villa Soriano (Holoceno) (Goso et al., 2014).

Por su parte, Goso et al., (2014) realizaron perfiles de playa entre 2005 y 2010 (Figura 11), en donde se localizan los últimos dos espigones deriva abajo y fueron midiendo el retroceso del acantilado tomando como referencia los espigones (Tabla 2). Estos autores sostienen que, considerando el retroceso promedio calculados por Goso et al., (2007), el aporte de sedimentos al sistema por parte de los acantilados sería de unos 3300 m<sup>3</sup>/año. A eso se le suma la pérdida de unos 1250 m<sup>3</sup> calculados a partir de datos de descalce de espigones.

*Tabla 2. Distancias horizontales entre el extremo del espigón y el borde del acantilado (Goso et al., 2008, Goso et al., 2014).*

<b>Fecha</b>	<b>Distancia espigón 7 (m)</b>	<b>Distancia espigón 8 (m)</b>
<b>02/03/2006</b>	12,50	-----
<b>03/08/2006</b>	13,25	12,50
<b>18/08/2008</b>	-----	12,82
<b>11/10/2008</b>	12,50	
<b>30/10/2008</b>	14,30	-----
<b>28/03/2009</b>	13,25	12,97
<b>01/05/2009</b>	14,60	-----
<b>19/04/2010</b>	-----	13,40

Goso (2008) determinó a partir de perfiles de playa realizados periódicamente, retrocesos de 1,40 y 2,60 m en un año.

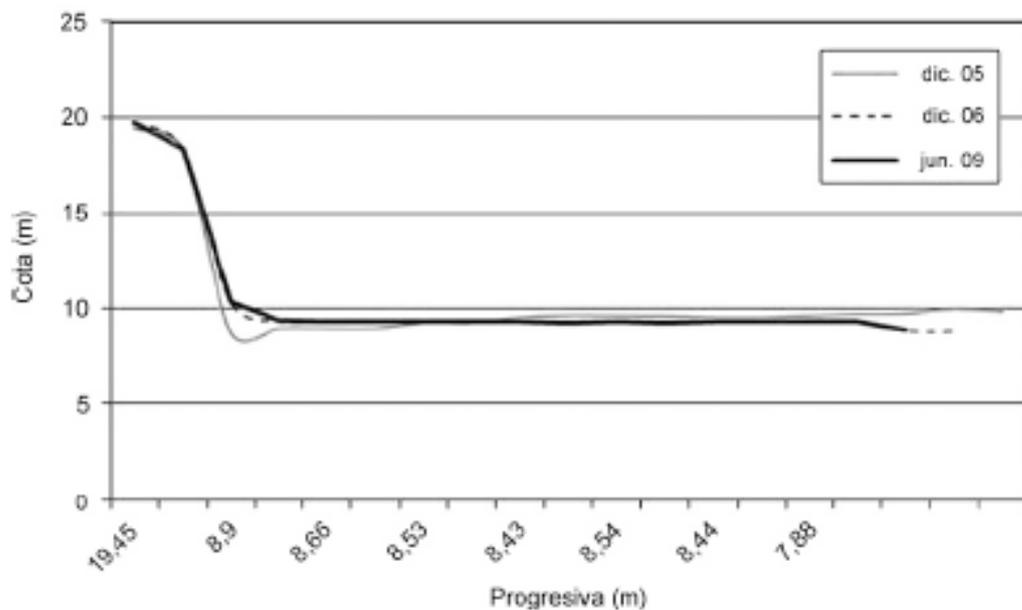
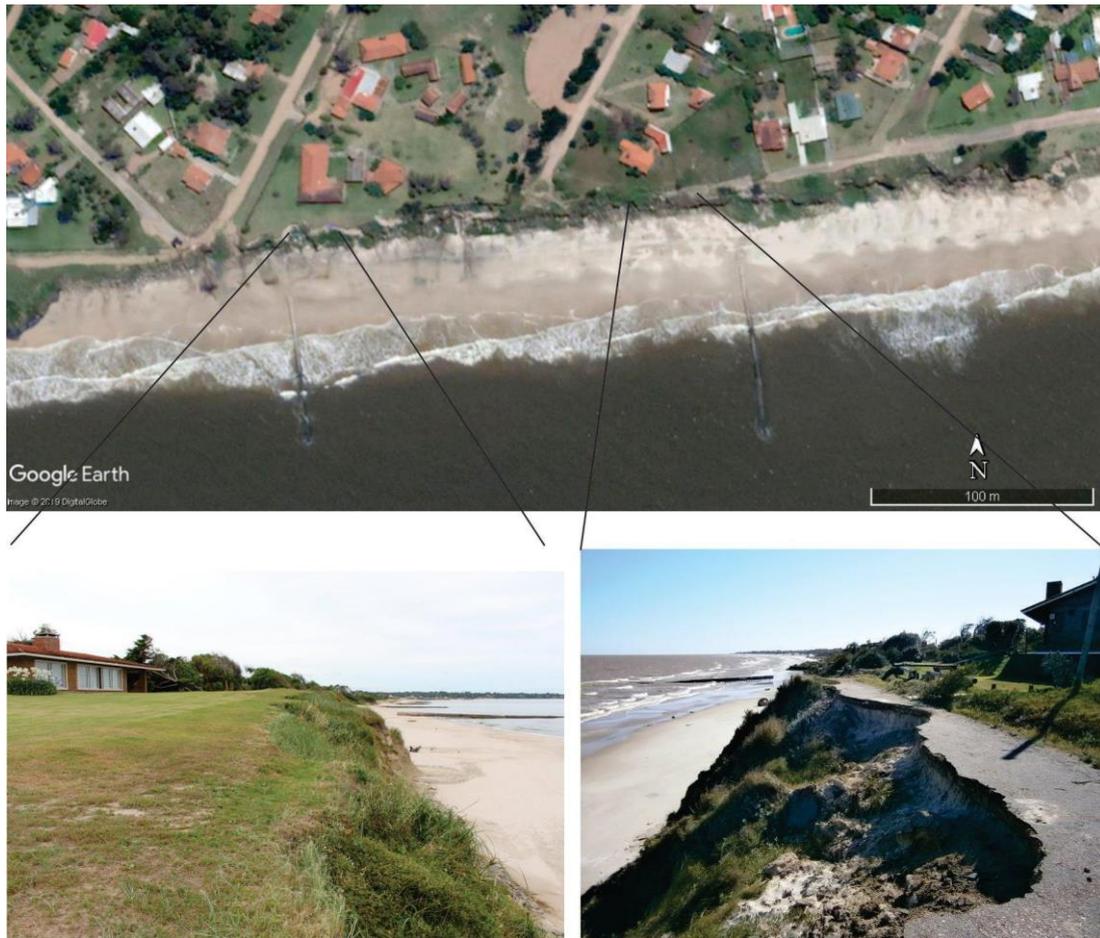


Figura 11. Perfiles de la playa realizados entre 2005-2009. Tomado de Goso et al., (2014)

Goso et al., (2014) considerando datos del 2012, establecieron que ese valor en promedio se ha mantenido constante, si bien las medidas realizadas en campo muestran que el rango de retroceso absoluto del acantilado en el espigón 8 para el período comprendido entre marzo de 2006 y octubre de 2012 fue de 0,86 m/año. Asimismo, estos autores consideraron oportuna la solución planteada por el IMFIA y recomendaron construir la prolongación de los espigones existentes hasta la base del acantilado para el cierre y conseguir el entrampamiento de arena.

Goso & Olivera (2017) realizaron un análisis temporal de los cambios morfológicos y sedimentarios de la playa Las Vegas utilizando datos obtenidos entre 2006 y 2015. En el mismo se establece que esta playa viene sufriendo erosión a un rango anual promedio estimado en el período establecido de hasta 1 m/año y 0,66 m/año en el espigón 7 y 8, respectivamente. Según estos autores, las zonas más afectadas son los predios que se encuentran ubicados entre las intersecciones de las calles Gaboto y Diagonal Juan Díaz de Solís con la rambla Dr. Adolfo Perea. Asimismo, las viviendas que se encuentran allí construidas corren peligro estructural por el acercamiento del borde del acantilado a ellas a causa de los derrumbes (Figura 12), siendo la casa de los Jesuitas la más afectada en cuanto al peligro estructural.



*Figura 12. Imagen satelital Google Earth del año 2019 en donde se muestran las zonas más afectadas por los derrumbes en Las Vegas.*

### **Caracterización granulométrica**

Goso (2008) presentó los resultados de análisis granulométricos en los espigones 7 y 8. En ese sector, las arenas varían desde granulometrías medias a finas, bi a unimodales y desde pobre a moderadamente bien seleccionadas, desde la rompiente al pie del acantilado. El desvío estándar en distintas épocas se situó entre valores extremos 2,18 y 1,4. Goso et al., (2014) afirman que los datos obtenidos en ese trabajo deberían ser considerados en caso de proyectar una recarga de la playa, a efectos de no repetir experiencias como la de la Playa Buceo en Montevideo, la cual se recargó con arena de granulometría más fina que la que naturalmente se encontraba en la playa y el perfil volvió a su estado natural en pocos días, por lo que la intervención no tuvo resultados positivos.

Por su parte, Goso & Olivera, (2017) mostraron resultados de parámetros estadísticos texturales (media, mediana, selección, asimetría y curtosis) obtenidos en el período 2006-2015. Como complemento al análisis de estos parámetros, se elaboraron curvas de frecuencia acumulativas las cuales mostraron que no existieron variaciones significativas en el período establecido, a excepción de algunas del perfil LV2 que tenían una mayor dispersión.

Por otro lado, Missimer et al., (2019) realizan un estudio de la composición de las arenas de playa en transectas del arroyo Solís Chico y sectores aledaños al mismo que corresponden a Las Vegas y Parque del Plata, para demostrar que esta herramienta se debe emplear con cuidado para evaluar proveniencia tectónica tanto a escala global como continental. En el mismo, se realizan análisis mineralógicos y texturales en detalle estableciendo tasas de minerales de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos.

#### **2.3.4.2. Sedimentación dunar en la costa de Canelones**

Los campos de dunas tienen gran importancia en la dinámica litoral ya que son la principal fuente de sedimentos para la recarga de ese sistema. Además, son la defensa natural que tiene la franja costera frente a la acción del oleaje en momentos de temporales. En zonas costeras urbanizadas, en donde se ha interferido en la naturaleza del sistema, la dinámica de las dunas puede afectar el entorno y con ello a los residentes de esos sectores. En la costa del departamento de Canelones, existen localidades afectadas por problemas de movilidad de dunas. Entre ellas, los casos que han merecido más atención por parte de autoridades municipales y organizaciones civiles son: Parque del Plata, El Pinar, La Floresta y Neptunia (Goso, 2011). Asimismo, el Parque Roosevelt presenta indicios de este proceso en algún sector (Goso et al., 2014). En este ítem se detallan principalmente las acciones realizadas en Parque del Plata.

### **PARQUE DEL PLATA**

Como se mencionó, el sector oriental del balneario Parque del Plata está sujeto a las consecuencias de la transgresión dunar sobre rambla y predios

privados. La Figura 13 muestra los sitios donde tradicionalmente la movilidad de dunas provoca problemas en el entorno. El desplazamiento de estos depósitos genera inconvenientes en la circulación vehicular en la rambla: en ocasiones las dunas la ultrapasan totalmente (7 metros de ancho), ingresando a los predios particulares y dificultando su acceso (Figura 14).

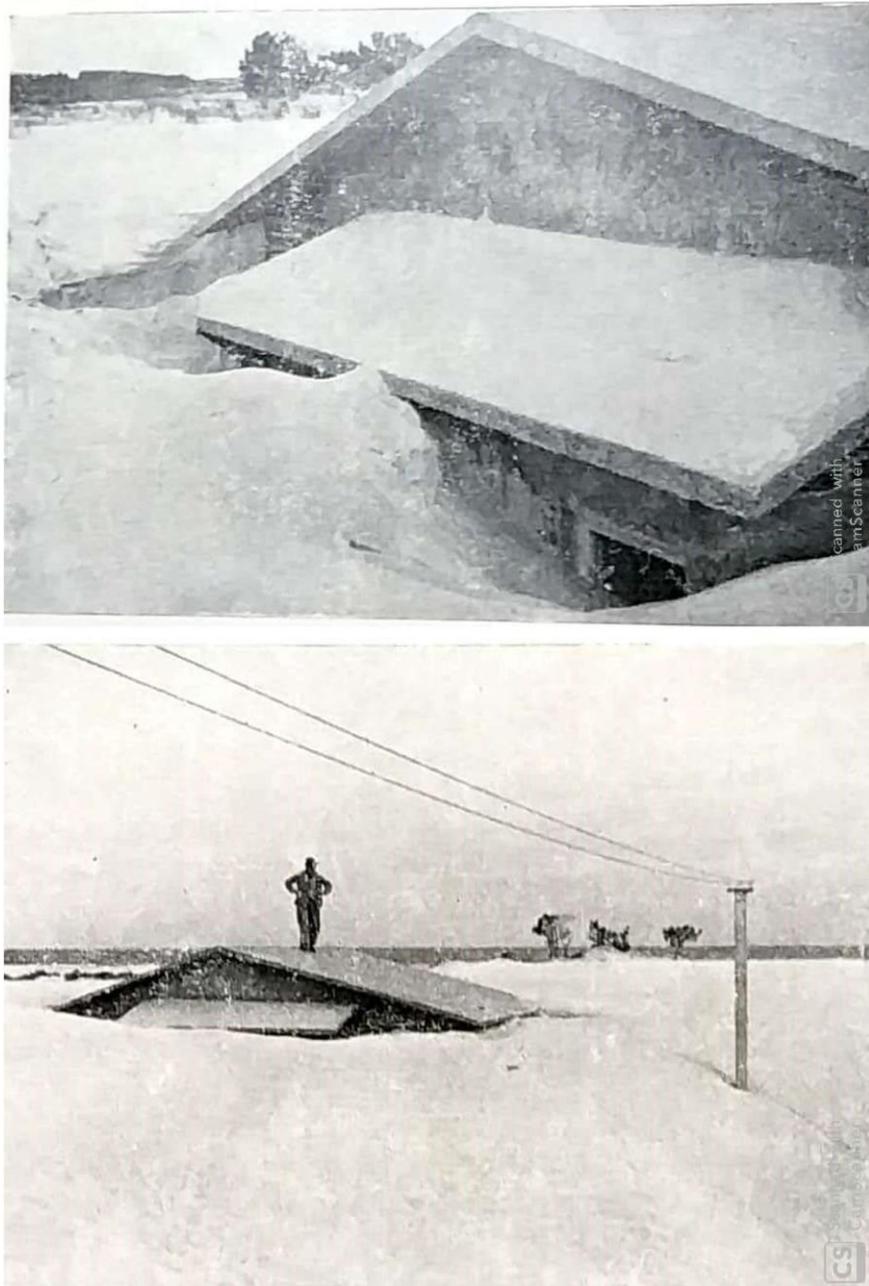


*Figura 13. Imagen satelital Google Earth de la desembocadura del arroyo Solís Chico y detalle de los sitios en los que ocurren problemas de sedimentación dunar.*



*Figura 14. Sedimentación dunar sobre rambla en Parque del Plata que impide el tránsito vehicular. Imagen de agosto de 2016*

El movimiento de la arena eólica a lo largo de este sector de costa, viene ocurriendo desde hace varias décadas, tal como fue documentado por Jones (1956). Este autor registró los efectos de la sedimentación dunar a partir de la comparación de imágenes del año 1952 y 1953 de un chalet construido en Parque del Plata (Figura 15). En esas imágenes se observa que la vivienda se encontraba casi completamente sepultada.



*Figura 15. Arriba: Efectos de los movimientos de arenas a lo largo de la costa, que ha cubierto una vivienda en Parque del Plata durante el invierno de 1952. Abajo: vista del mismo chalet a mayor distancia durante el invierno de 1953. En el fondo de la imagen se observa el Río de la Plata.*

En el período 2005-2006 fueron realizados perfiles de playa en el sector Oeste de la playa, y no se constataron cambios en ese sector (Goso et al., 2014) (Figura 16).

Goso (2011) realizó una descripción de la playa basándose en las geoformas existentes y análisis granulométricos. Según este autor, la playa se caracteriza por presentar las crestas (bermas) bien marcadas, con un ancho desde la zona de lavado hasta las dunas de unos 60 m, y de las dunas hasta la rambla de unos 70 m. Asimismo, se indica que las dunas alcanzan una cota de 13 metros respecto al nivel del mar y que están en parte vegetadas por acacias, pero con evidencias de erosión eólica (deflación) con las típicas formas circulares (*blow-out*). Se destaca la homogeneidad del tamaño granulométrico de las arenas de la playa distal y de las dunas a lo largo del tiempo. En todos los muestreos efectuados los ensayos granulométricos de dos perfiles mostraron siempre la presencia de arenas medias, cuarzosas, unimodales y moderadamente bien seleccionadas.

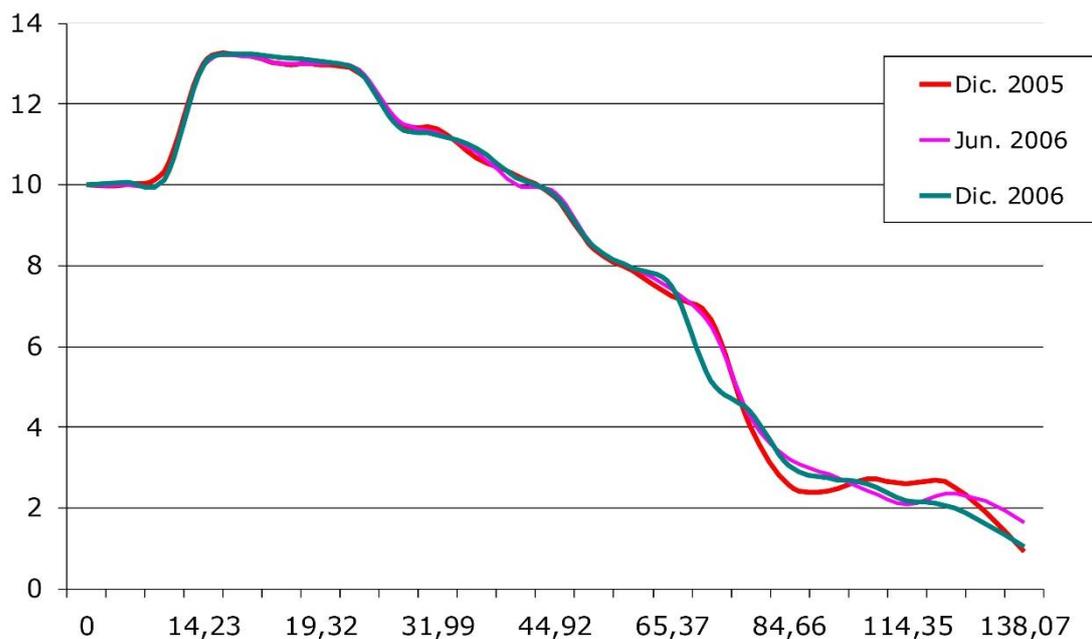
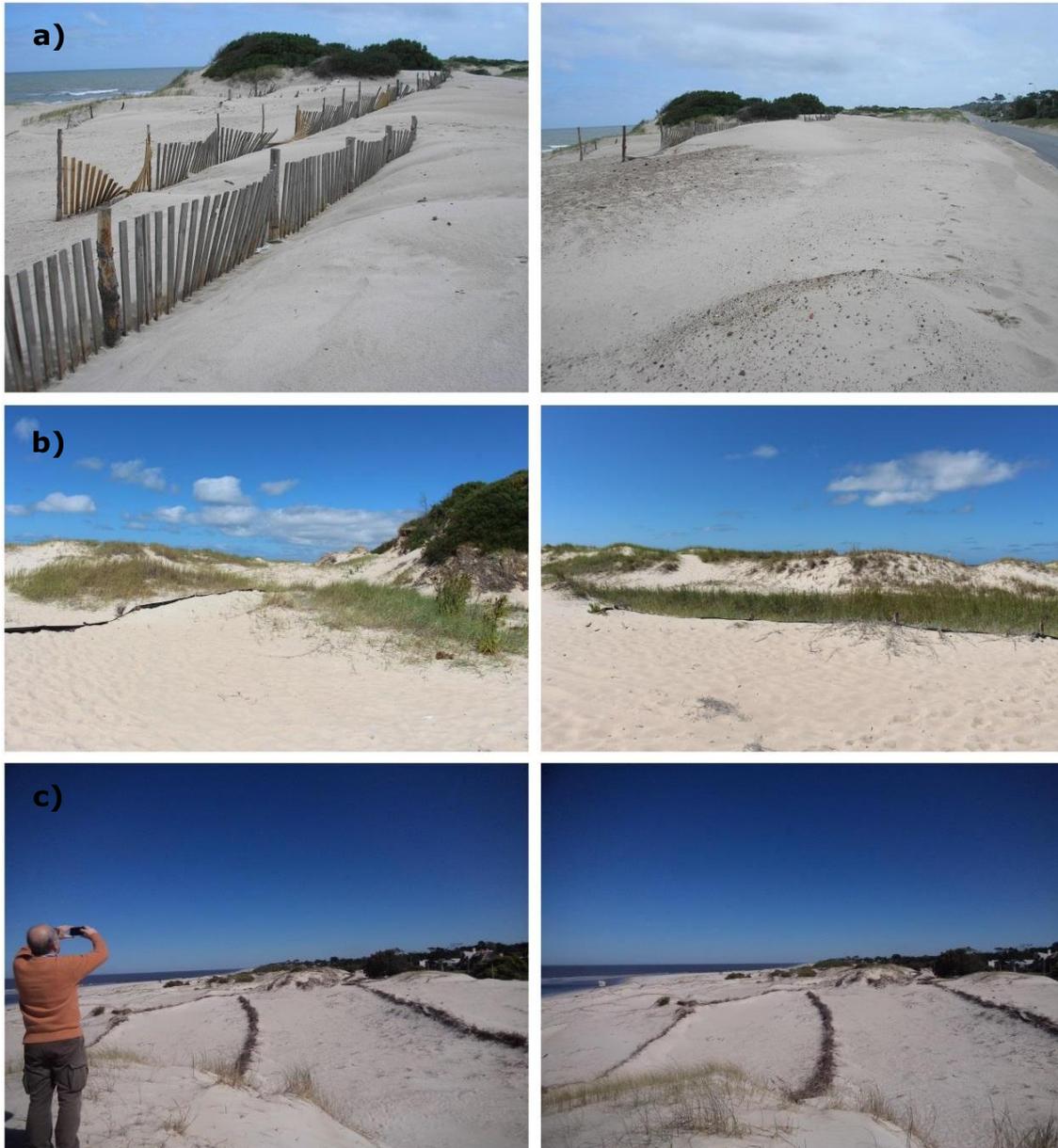


Figura 16. Perfiles de playa de Parque del Plata desde la zona de lavado hasta la rambla (Goso et al., 2014)

Este movimiento dunar motivó la removilización de arena por parte de la Intendencia. En ocasiones las arenas eran trasladadas en camiones a la planicie aledaña al arroyo Solís Chico, próxima al puente sobre la Ruta Interbalnearia. A su vez, se han realizado distintos intentos de control del avance dunar en la zona a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la instalación de cercas captoras de distintos materiales como tablestacas de madera, restos

de podas, tejido malla sombra (Figura 17), la construcción de accesos de madera elevados, e implantación de vegetación con plantas psamófilas (pasto dibujante).



*Figura 17. Medidas de control de sedimentación dunar: cercas captoras construidas con tablestacas de madera (a), tejido malla sombra (b) y restos de podas (c)*

En el año 2009 se planificaron y ejecutaron algunas acciones para contener el movimiento dunar, a partir de un acuerdo entre la Intendencia de Canelones y el Programa Ecoplata, con el asesoramiento de la Facultad de Ciencias. Se realizaron dos etapas de trabajo que insumieron gran cantidad

de recursos humanos y materiales. En primer lugar, se removilizaron uno 15000 m<sup>3</sup> de arena con medios mecánicos depositándolas en los espacios deflacionados. En segundo lugar, se construyeron unos 1200 m de cercas con malla sombra (sombrite) dispuestas en forma zig-zag (de unos 4 m por lado). Las cercas se orientaron un lado en dirección perpendicular a la dirección del viento predominante (ESE), y el otro perpendicular a la dirección del viento con mayor intensidad (WSW), según datos de la dirección Nacional de Meteorología (Base Aeropuerto Internacional de Carrasco) (Goso, 2011). Dos días después de su colocación, fueron robados 500 metros de malla sombra. A pesar de estas dificultades, las cercas restantes mostraron en pocas semanas el acierto de su localización y orientación, ya que comenzaron a colmatarse rápidamente. En un principio, la intención era realizar un seguimiento de su función y dar continuidad en el tiempo a la construcción de cercas ubicándolas por delante del flujo de arena, pero esto se vio impedido debido a dificultades presupuestales del municipio.

Dentro del plan de manejo a cargo de la Dirección de Gestión Ambiental de la Intendencia de Canelones, en 2012 se empezaron a construir cercas más o menos rectilíneas utilizando restos de podas (fundamentalmente ramas) atadas y dispuestas directamente sobre la arena, con alturas variables entre 0,50 y 0,70 m. Las mismas fueron colmatadas rápidamente. Asimismo, en octubre del mismo año, una parte de la arena de la rambla de Parque del Plata fue retirada por medios mecanizados y se dispuso en uno de los sectores del acantilado de la playa Las Vegas.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. GEOMORFOLOGÍA COSTERA Y GEOFORMAS ASOCIADAS**

La zona costera es una franja de amplitud variable en donde existe una marcada interacción entre el medio marino y el terrestre. El término "costa" hace referencia al sector de territorio cercano al mar que se extiende hacia el interior hasta donde desaparece la influencia marina en el ambiente (Marcomini & López, 2014). A su vez, la "línea de costa" es la línea de contacto entre las tierras emergidas y las aguas estabilizadas, y puede ser variable en función de los procesos costeros que ocurran en diferentes períodos de tiempo.

#### **3.2. PROCESOS LITORALES**

Los procesos litorales son fenómenos que resultan de las interacciones entre grandes masas de agua estabilizadas en cuencas o depresiones (lagos, mares y océanos) y las tierras emergidas. Implica una zona de interrelación mutua, el litoral, y las subzonas o dominios de interferencia que soportan y condicionan directa o indirectamente la intervención de las aguas, originando acciones específicas (Pedraza Gilsanz, 1996).

Según Christofolletti (1980), los factores responsables de la morfogénesis litoral varían de un sector a otro de la costa, así como también en la escala temporal y son controlados por factores ambientales como el geológico, climático, biótico y oceanográfico.

El factor geológico es determinante en la conformación de la costa dado que las formas presentes están condicionadas por el tipo litológico presente. La existencia de puntas rocosas, acantilados, planicies y lagunas costeras tienen que ver con la evolución geológica de la costa durante los últimos miles de años. La conjunción de todas estas partes permite comprender la geomorfología de la franja costera. Por otro lado, el factor climático es el que controla los procesos físicos, químicos y biológicos que provocan la fragmentación de las rocas en pequeños tamaños, que posteriormente serán transportados y acumulados en las costas. El viento, por su parte, tiene una

importante influencia en el modelado de la costa porque actúa como un agente de erosión, transporte y sedimentación. Es el responsable de la formación de dunas, olas y corrientes que, conjuntamente con las mareas, establecen el patrón de circulación de las aguas marinas en las zonas litorales. El factor biológico actúa directamente sobre los materiales geológico promoviendo la erosión a través de la excavación de los mismos, pero también en la construcción, por retención de sedimentos y acumulación de detritos. La presencia de determinados organismos depende del clima por lo que ambos factores se relacionan. Por último, el factor oceanográfico se relaciona con las variaciones de salinidad del mar, y ello condiciona el mayor o menor poder corrosivo que tiene el agua sobre los afloramientos rocosos. Además, las condiciones de oleaje, corrientes de deriva litoral, marinas y mareas son fenómenos que dependen también de las condiciones oceanográficas (Christofolletti, 1980).

### **3.2.1. Fuerzas marinas en la dinámica litoral**

Las Olas: son ondas estacionarias en el agua que conllevan transporte de energía y son generadas a partir de una perturbación. Se generan en mar abierto por la fricción del viento sobre la masa de agua en un proceso que alcanza un máximo durante las tempestades (Panario, 2000). Es uno de los factores modeladores dominantes en costas abiertas. Según la energía de generación se las puede clasificar en (Carter, 1991):

Olas marinas o de vientos locales: sometidas directamente a la influencia del viento que las produce, pudiendo llegar a anularse o reforzarse.

Olas de fondo o *swell*: no están influenciadas directamente por el viento, porque este cesó o porque se alejaron de la fuente. Pueden trasladarse decenas a centenas de kilómetros desde su origen y según la dirección del viento, pero sin ser mantenidas por él.

Olas de temporal: se originan igual que las de vientos locales, pero son transportadas y mantenidas por vientos de eventos de tormentas.

Tsunamis: oleaje asociado a la actividad tectónica, volcánica o de deslizamientos que desplaza masas de agua a gran profundidad originando olas en superficie con amplitud pequeña y gran longitud de onda.

Las olas se describen como un movimiento ondulatorio en el cual cada partícula de agua realiza un movimiento orbital retornando a su punto de partida una vez que la ola ha pasado. Cuando se aproximan a la costa, su parte inferior comienza a tocar el fondo por lo que el movimiento inicial se transforma en elíptico, el cual se aplanan progresivamente hasta transformarse en un movimiento plano de vaivén sobre el fondo (Figura 18) (Christofoletti, 1980). Manteniendo estas condiciones y con la profundidad disminuyendo hacia la costa, se produce una diferencia de velocidades entre el frente y la parte trasera de la ola, a una determinada profundidad en relación a su altura, que se potencia cuanto más cerca están de la orilla. Según Komar (1976) las ondas empiezan a sentir el fondo cuando la profundidad es aproximadamente la mitad de la longitud de onda.

Luego de alcanzar un punto crítico la ola rompe y da lugar a remolinos que giran alrededor de un eje vertical, los cuales son los responsables de remover el sedimento del fondo hacia adelante formando una rampa de arena, y de poner en suspensión la fracción fina que es fácilmente arrastrada mar adentro (Christofoletti 1980). La mencionada rampa es la denominada "zona de saca y resaca" y es en donde la arena se puede acumular y ser retomada por el viento cuando el mar baja para ser trasladada al continente.

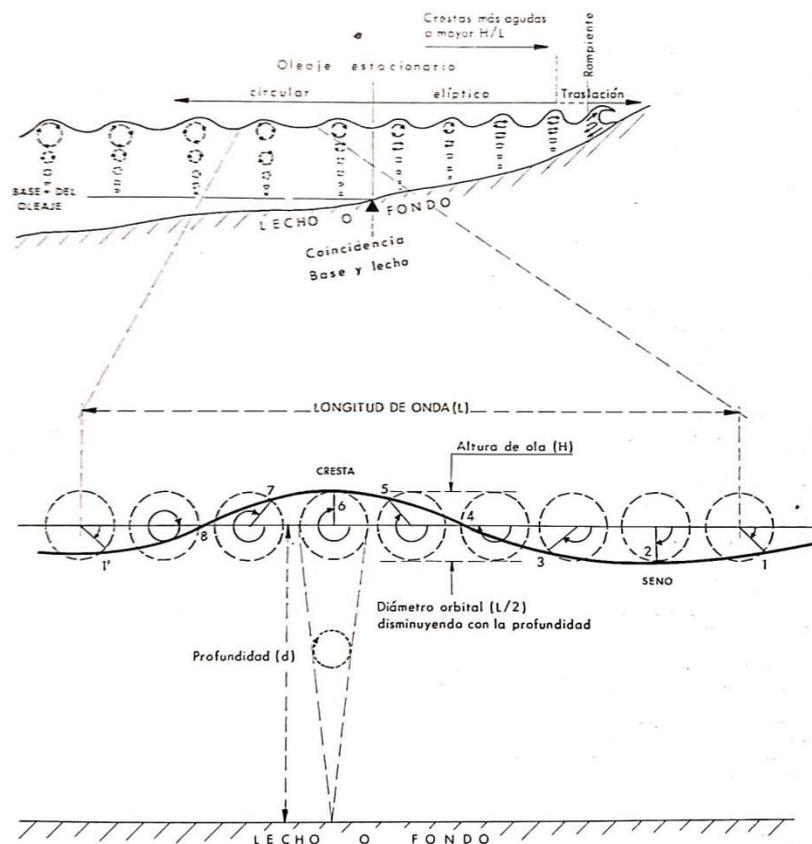


Figura 18. Transformaciones del oleaje en la costa o ribera. Arriba: paso desde órbitas circulares a elípticas de estas a la zona de rompiente. Abajo: geometría y terminología del oleaje estacionario (Tomado de Christofolletti, 1980).

Corrientes litorales: Son flujos de agua que circulan paralelos o perpendiculares a la costa, producto de la acción del oleaje. Cuando el ingreso de las olas a la playa ocurre en forma oblicua se produce un flujo de agua paralelo a la costa denominado corriente de deriva litoral (Pedraza Gilsanz 1996; Marcomini & López, 2014). La arena de la playa, al recibir el impacto de la ola en forma oblicua, se desplaza en sentido perpendicular al frente incidente (*swash*), y cuando la ola se retira los sedimentos se mueven hacia atrás siguiendo la máxima pendiente de la playa (*backwash*), describiendo un movimiento en zigzag. Este movimiento es realizado por todas las partículas presentes en el ambiente con cada ingreso de la ola a lo largo de la costa. La infinidad de partículas desplazándose con cada ingreso de la ola generan un movimiento de arena a lo largo de la costa que se denomina

deriva litoral (Christofoletti, 1980; Marcomini & López, op cit). El sentido de la misma depende del ángulo de incidencia del tren de olas, por lo que van a existir variaciones periódicas en función de la dirección de aquella (Figura 19). La deriva litoral transporta arena generando una rampa por la cual la arena asciende hasta un punto y cuando la velocidad disminuye a cero, retrocede por la misma para continuar con su desplazamiento en el sentido que traía. Esta rampa es conocida como zona de saca y resaca.

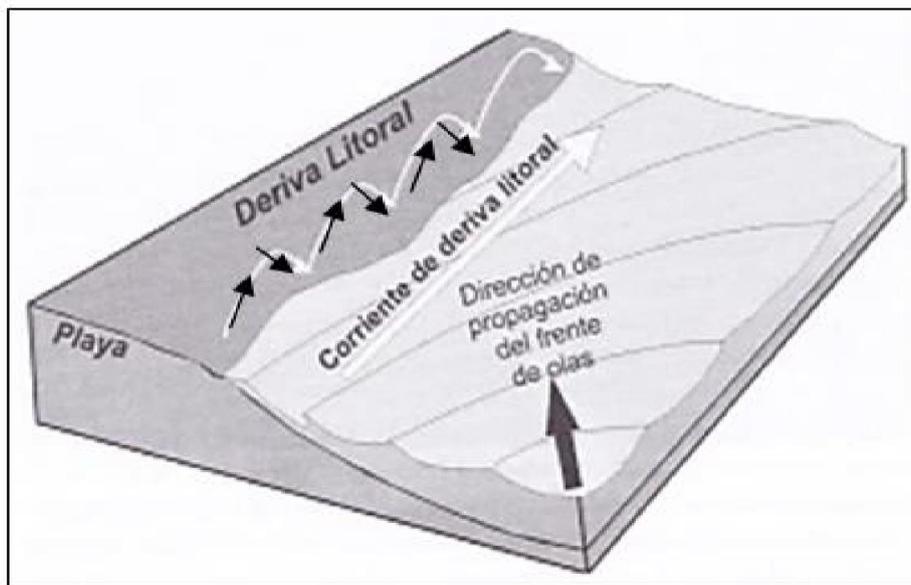


Figura 19. Esquema de la corriente de deriva litoral (agua) y la deriva litoral (sedimento) (Tomado de Marcomini & López, 2014)

**Mareas:** Las mareas son ascensos y descensos periódicos del nivel del mar producto de la interacción gravitatoria entre la Luna, la Tierra y el Sol. Este movimiento vertical es acompañado por otro horizontal designado como corriente de marea. El nivel más alto y más bajo alcanzado en un punto determinado por la superficie del agua en el curso de un período de oscilación de la marea, se denominan pleamar y bajamar, respectivamente. El tamaño, profundidad y topografía de la cuenca influyen decisivamente en la magnitud de los ascensos y los descensos, y pueden ser: micromareales (menor a 2 metros), mesomareales (entre 2 y 4 metros) y macromareales (superior a los 4 metros) (Pedraza Gilsanz, 1996). En el Río de la Plata se tiene un

régimen de características micromareal, de tipo semidiurno con desigualdades diurnas.

Tormentas: Son fenómenos naturales que ocurren por la combinación de un centro de baja presión barométrica y altos vientos hacia la playa. Esto puede elevar el nivel del agua algunos pocos metros, y ocasionar una importante erosión sobre la playa de acuerdo a la intensidad del evento (Marcomini & López, 2014).

Las tormentas actúan directamente sobre el perfil de playa disminuyendo su nivel. Cuando sube el nivel del mar y la altura de la ola aumenta, la arena de la playa posterior (berma) y anterior se moviliza hacia la playa sumergida formando barras sumergidas, las cuales permanecen estables durante algunos días y retornan a la playa en condiciones de ola normal, recomponiendo el perfil de playa que se había afectado, formando bermas amplias, un perfil suavizado y una pendiente abrupta en la cara de playa (Komar, 1976; Marcomini & López, op cit.) (Figura 20). Los eventos de tormenta generan playas altas y de mayor pendiente, más o menos alejadas del nivel medio del mar (Panario, 2000).

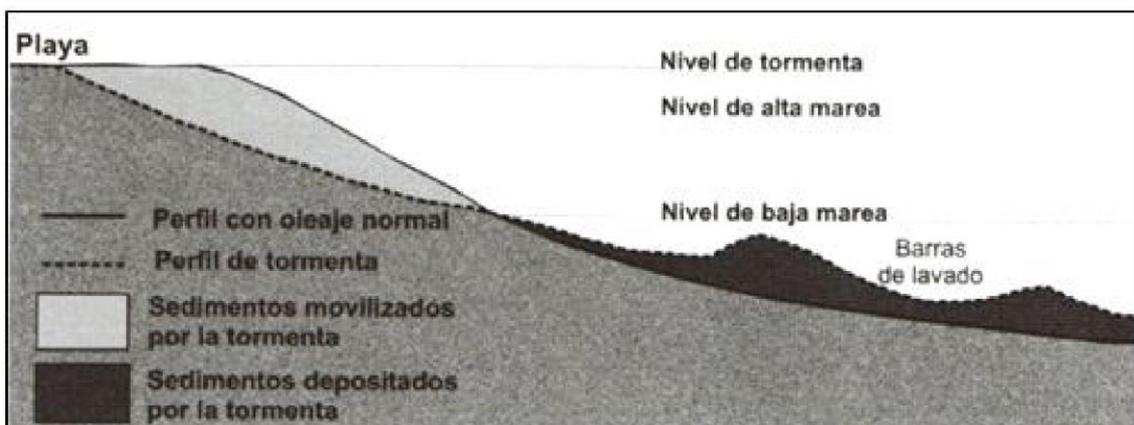


Figura 20. Perfil general de tormenta (Tomado de Marcomini & López 2014)

### 3.2.2. Geoformas costeras

Como consecuencia de la conjunción de los factores mencionados anteriormente, aparecen fisonomías características clasificadas comúnmente según su génesis, es decir de origen marino y eólicas. Las mismas se presentan en el Cuadro III.

*Cuadro III. Clasificación de geoformas costeras.*

Geoformas costeras		
Origen marino		De origen eólico
De erosión		De acumulación
Acantilados	Activos	Cordones litorales
	Inactivos	Espigas
	Paleoacantilados	Tómbolos
Plataformas de abrasión marina		Territorios cuspidados
Terrazas de erosión		Terraza de acumulación
Cavernas		Planicie de marea y marismas
Pilares		Playas
Arcos		
		Dunas

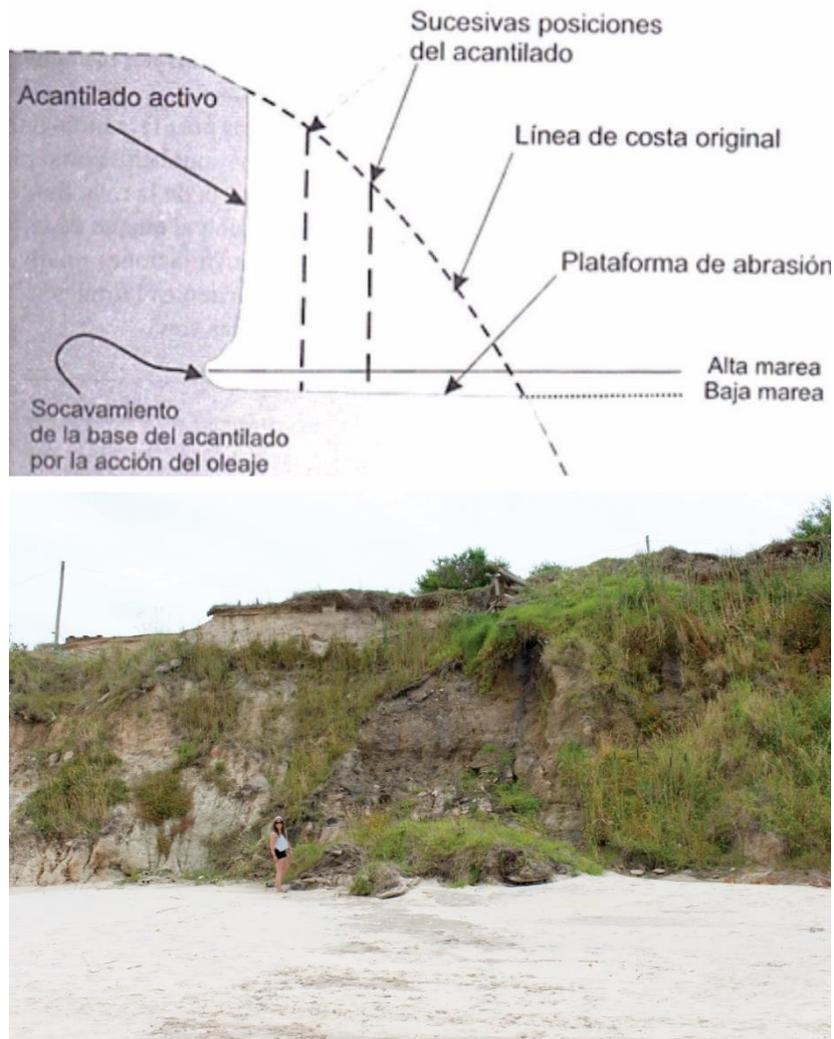
#### 3.2.2.1. Geoformas de origen marino

##### Geoformas de Erosión

Acantilados: son geoformas verticales o subverticales elevadas que forman una escarpa de gran pendiente, adosadas al mar (Figura 21). Pueden ser de cualquier tipo de roca o sedimento con relieve adecuado. Pueden ser activos o inactivos si están sometidos a un retroceso por erosión o no, respectivamente. Los paleoacantilados no tienen relación con la dinámica litoral del sistema actual, ya que representan una antigua línea de costa.

Plataformas de abrasión: son superficies subhorizontales con una leve inclinación hacia el mar (1 grado) generadas sobre rocas producidas por el

desgaste del oleaje. Se exponen durante la bajamar y se asocian generalmente al retroceso de los acantilados.



*Figura 21. Esquema general de un acantilado (arriba) y foto del acantilado en Las Vegas tomada en Setiembre 2015 (abajo).*

Cavernas, pilares y arcos: Las cavernas son huecos que se forman en la base de los acantilados debido a la acción del oleaje sobre la zona de debilidad de la roca que aflora. Los arcos son aberturas formadas en cuerpos rocosos salientes, cuando la erosión desgasta dos lados opuestos. Cuando colapsan estos arcos, quedan pináculos aislados de rocas y esos son los denominados pilares, aunque también pueden tener otros orígenes.

## **Geoformas de Acumulación**

Espigas: representan proyecciones subaéreas de sedimento arenoso o gravilloso, acumulados a lo largo de la costa como resultado de la deriva litoral. Se forman hacia el mar, donde existe un cambio abrupto en la dirección de la línea de costa.

Cordones litorales: Son geoformas alargadas y subparalelas originadas en la zona intra o supralitoral. Se producen por la acción del oleaje o viento y están compuestas por material silíceo o calcáreo.

Tómbolo: formado por deriva convergente a partir de la refracción y difracción de olas, que depositan arena en torno a una isla o islote quedando unida al continente.

Isla de barrera: cuerpo arenoso que se extiende bordeando la costa, integrados por sedimentos no consolidados que se separan del continente por cuerpos de agua.

Territorios cuspidados: conforman territorios de origen marino, con formas triangulares que pueden contener una secuencia de cordones litorales o encerrar lagunas costeras o pantanos.

Terrazas de acumulación: están integradas por una serie de cordones litorales depositados a una misma cota, con una leve inclinación hacia el mar.

Planicies de marea y marismas: las planicies de marea son superficies extensas de muy baja pendiente que se cubren y descubren durante las mareas. La marisma es un ecosistema costero que ocupa el sector intermareal superior y que es inundado por las mareas altas o extraordinarias.

Playas: Son depósitos de sedimentos acumulados por la acción de las olas que, por presentar movilidad, se ajustan a las condiciones de las olas y el mar (Teixeira & Baptista, 2001). Las playas pueden ser arenosas o compuestas por material más grueso, como gravas o cantos, y se extienden desde la línea de costa hacia el mar (Marcomini & López, 2014). Vista en

planta, la morfología de una playa es mayoritariamente formada por arcos entre puntos duros, los que se despliegan a partir de un cabo o "punta" proyectado hacia el mar (Panario & Gutiérrez, 2006).

Para que exista una playa arenosa, se requiere un ambiente dominado por olas, ya que son las que producen la reclasificación de materiales haciendo que se depositen los sedimentos más pesados (arena, grava y cantos rodados) y no los más finos (limo y arcilla). La otra condición es la disponibilidad de sedimentos con el tamaño necesario para cumplir con el requisito anterior. La masa de una partícula a ser depositada y el tamaño del material que formará la playa, depende de la frecuencia y la energía de las olas; es decir, si aumenta la frecuencia y energía, la playa estará formada por materiales más gruesos y pesados y con pendientes más elevadas que las de grano fino (Panario, 2000).

- Las playas presentan distintos subambientes, que se describen a continuación (Marcomini & López, 2014) (Figura 22).
- Playa distal: es el sector comprendido entre el pie de duna y el nivel medio del oleaje en marea alta. Permanece expuesta en mareas ordinarias y constituye la "playa seca". Se distinguen como rasgo morfológico las bermas estables (ocupan la parte más alta), estacionales (se ubican junto a la zona de lavado) y los canales.
- Playa frontal: representa la zona intermareal y permanece húmeda porque es cubierta por el lavado en pleamares normales. Se pueden diferenciar barras de lavado (swash bars) como rasgo geomorfológico.
- Cara de playa: sector de la playa que se extiende desde el nivel medio del oleaje en marea baja hasta el nivel de base de la ola. Se puede reconocer una o más barras de rompiente dependiendo de la pendiente de la playa.

A su vez, en el agua se pueden diferenciar tres zonas:

- Zona de rompiente: sector donde la ola rompe, en donde una corriente vertical ascendente levanta los sedimentos del fondo para luego ser retransportados hacia la costa. En playas de baja pendiente puede existir una o más zonas de rompiente.

- Zona de deslizamiento (surf): Se extiende desde la línea de rompiente hasta la zona de lavado, y en ella, los sedimentos son transportados en forma traslacional en una corriente hacia la costa generada por la ruptura del oleaje, para luego volver por el fondo durante el retorno del oleaje.
- Zona de lavado (swash): sector en donde las olas alcanzan su máximo ingreso en la playa. Como consecuencia de ello, las partículas transportadas adquieren un movimiento de vaivén. Los sedimentos son impulsados por el oleaje hacia arriba (upwash) retornando luego al mar siguiendo la máxima pendiente.
- Offshore: es la zona del litoral más alejada de la orilla (aguas adentro).

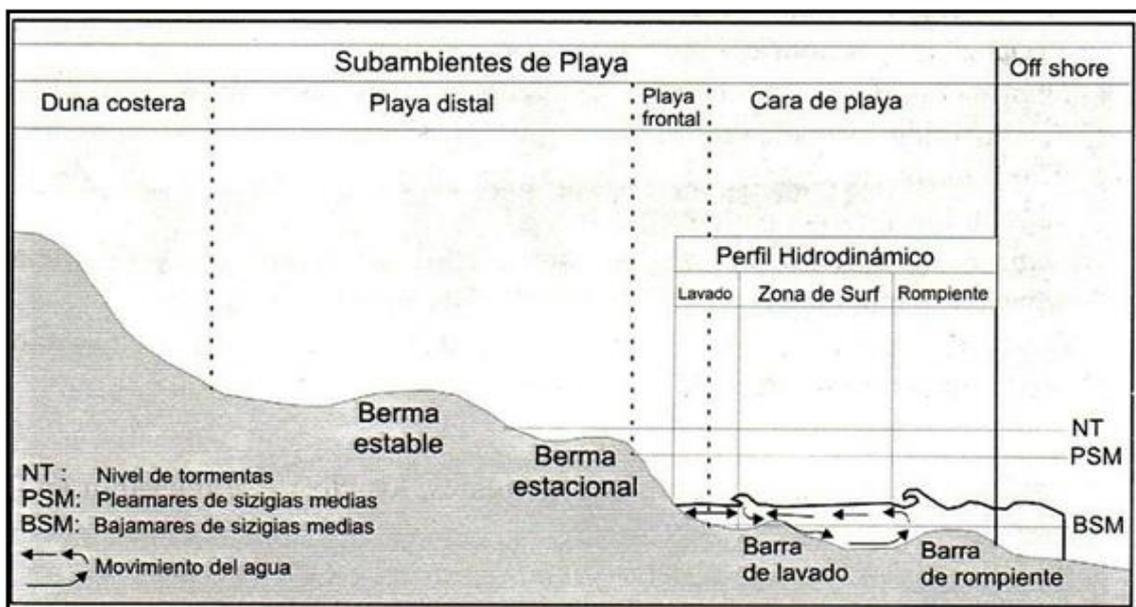


Figura 22. Distribución de los subambientes de playa (Tomado de Marcomini & López, 2014)

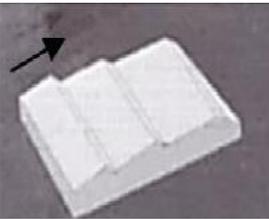
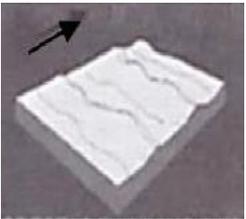
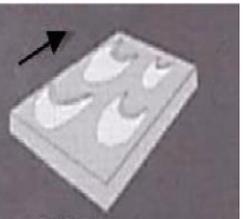
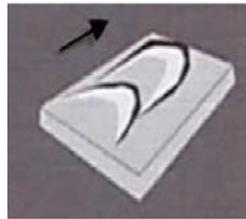
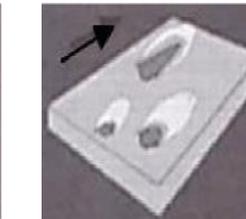
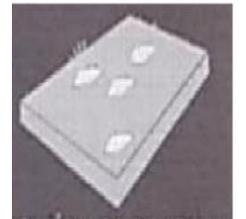
### 3.2.2.2. Geoformas de origen eólico

Dunas costeras: son elementos dinámicos del paisaje y corresponden a geoformas deposicionales cuya configuración y tamaño depende del viento que las forma, del tipo y cantidad de sedimento disponible y de la vegetación. Se localizan sobre la playa alta (backshore) y normalmente fuera de la zona de batida del oleaje, con excepciones de los momentos de temporales. Están

formadas por arenas desde finas a medias, blancas a amarillentas, estructuras sedimentarias como estratificación horizontal y cruzada de bajo ángulo.

Las dunas se clasifican en primarias y secundarias. Las primarias son formadas por el suministro de arena procedente de la playa y pueden ser libres (sin vegetación sustancial) o estancadas (fijadas por abundante cobertura vegetal). Las secundarias se forman por la arena derivada de la erosión de dunas primarias estancadas. Estas generalmente son más altas que las primarias y pueden ser transgresivas o remanentes (Pedraza Gilzans, 1980). Las morfologías más comunes que integran los campos eólicos litorales se describen en el Cuadro IV.

Cuadro IV. Esquema que muestra los distintos tipos de dunas. Modificado de Marcomini & López, (2014)

MORFOLOGÍAS DE DUNAS COSTERAS							
Crestas	Crestas barjanoides	Barján	Dunas parabólicas	Dunas en voladura	Montículos de arena	Duna costera, duna anterior, foredune	Dunas reversibles
<p>Cordones elongados de arena productos del predominio de vientos unidireccionales y alto aporte del sedimento.</p> <p>El perfil lateral es asimétrico y presenta una "cara de impacto" (baja pendiente y mayor compactación) y una "cara de deslizamiento" (pendiente más elevada y poco compactada).</p>	<p>Crestas de arena sinuosas. Indican vientos unidireccionales pero menos aporte o mayor velocidad de vientos que las crestas transversales</p>	<p>Dunas semilunares con sus extremos apuntando hacia el viento debido a que ellos migran más rápido que el cuerpo central, formadas por una dirección de viento predominante</p>	<p>Crestas arqueadas con la parte cóncava apuntando en la dirección del viento, y como su nombre lo indica se asemejan a una parábola.</p> <p>Tienen pendientes altas e indican vientos unidireccionales, menor aporte y presencia de vegetación</p>	<p>Cubetas o canaletas con sus respectivos lóbulos de acumulación formadas sobre dunas previas</p>	<p>Núcleos irregulares generados al reparo de la vegetación</p>	<p>Cordones o montículos de arena adyacentes a la playa que sirven como buffer para las tormentas</p>	<p>Crestas empinadas debidas a dos direcciones de vientos predominantes en direcciones opuestas</p>
							

### **3.2.3. Balance sedimentario**

Considerando la playa como un sistema, parte de la arena que se mueve en ella lo hace siguiendo un ciclo de recirculación y otra parte puede salir del sistema, en tanto nuevos materiales arenosos ingresan al mismo (Figura 23). Para que ocurra acumulación de sedimentos, se debe cumplir que la tasa de acreción sea mayor que la de erosión. En caso de que la segunda sea mayor, no habrá una acumulación permanente (Panario, 2000).

Las olas impulsan la arena hacia la playa. Los eventos de tormenta generan playas altas y de mayor pendiente. Como se mencionó anteriormente, cuando la ola se retira, la arena queda expuesta a la acción del viento la cual es trasladada hacia sectores alejados de la zona de incidencia del oleaje. En esos lugares, comienza a instalarse vegetación psamófila que ayuda a disminuir la velocidad del viento en sus alrededores permitiendo la depositación de arena, dando lugar a la formación de cordones dunares.

Las olas de tormentas son impulsadas hasta el cordón dunar infiltrándose en él disipando su energía. Cuando la ola se retira devuelve la arena al mar, la cual será redepositada en la misma playa, en otro sitio o en otra playa. Detrás del cordón dunar primario formado, se pueden formar campos de dunas y dunas transgresivas que avanzan hacia el continente por la acción de los vientos fuertes, que mueven la arena depositada en el cordón dunar o la que directamente no se depositó y siguió su recorrido desde la playa (Panario op.cit.).

Los campos de dunas tienen gran importancia en la dinámica litoral ya que son la principal fuente de sedimentos para la recarga del sistema. Además, son la defensa natural que tiene la franja costera frente a la acción del oleaje en momentos de temporales, por lo que su formación es de gran importancia para el mantenimiento del sistema.

También contribuyen al aporte de arena al sistema litoral los ríos, las barrancas sedimentarias directamente alcanzadas por las olas, las antiguas playas y campos de médanos o planicies aluviales sepultadas actualmente por el mar y que las olas llevan a la costa, moluscos marinos fragmentados,

materiales producto del desgaste de las puntas rocosas por la acción de las olas y de las cárcavas (Panario, 2000).

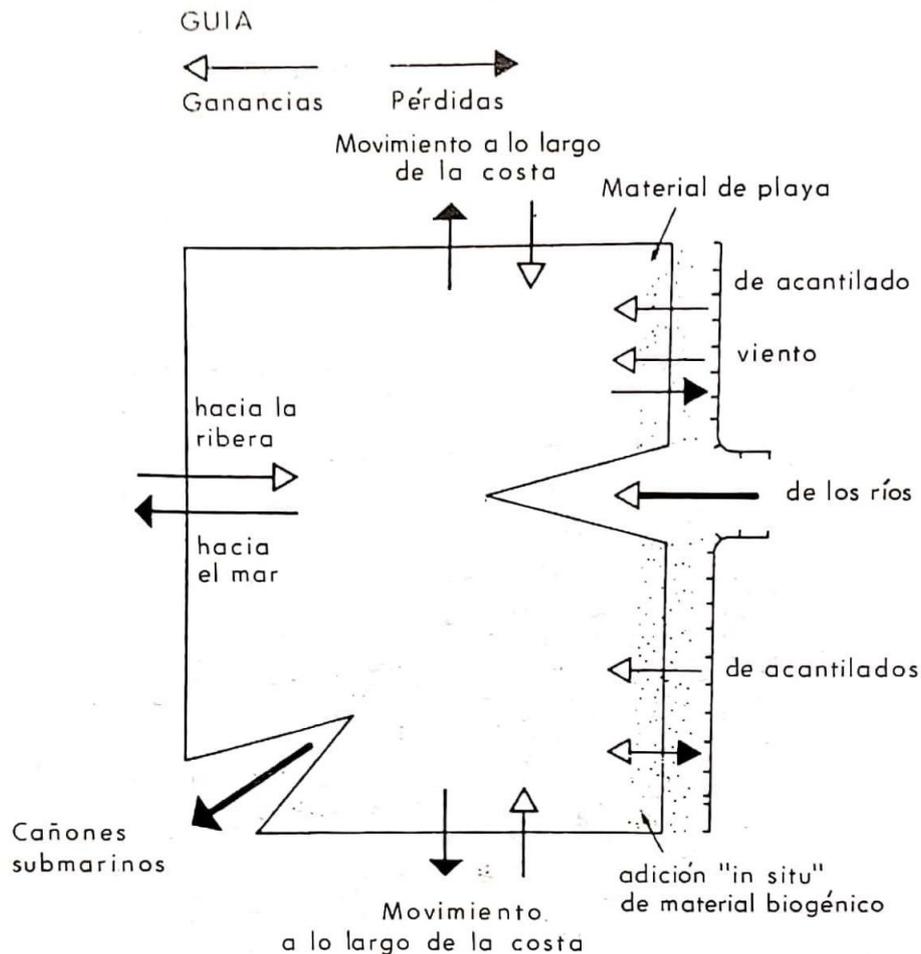


Figura 23. Esquema de la distribución y procedencia de los materiales en el medio litoral (según Selby, 1985)

El transporte de sedimentos a lo largo de la costa es el proceso más importante en control de la morfología de las playas, ya que éste determina en última instancia el balance sedimentario (Álvarez & Goso, 2014). Cuando ocurre un déficit del suministro en relación a la tasa de remoción de los sedimentos, el balance es negativo. En caso contrario, el mismo es positivo. Todas las playas alcanzan un equilibrio natural entre la acreción y la erosión. Cuando se interviene en esta relación, el equilibrio puede alterarse, provocando la modificación total o destrucción de una playa (Panario, 2000).

Los procesos de erosión y acreción pueden verse reflejados además en la mineralogía de los sedimentos que la componen. Estudios realizados en la costa del Delta del Nilo en un lapso de 20 años (Frihy & Komar, 1993), obtienen que las áreas erosionadas están asociadas a arenas de playa de grano más fino ricas en minerales pesados, y disminuyen a lo largo de la costa hacia áreas en donde se produce acreción. Los autores interpretan que, cuanto mayor es la tasa de erosión, más fina será la arena de playa y tendrá mayores concentraciones de minerales pesados (arenas negras). Inversamente, las playas en donde ocurre acreción, tendrán arenas con tamaño mayor, con menos cantidad de minerales pesados y mayor de minerales livianos (cuarzo-feldespato). Esto se atribuye a que el oleaje de la playa toma y transporta preferentemente los granos minerales ligeros (cuarzo y feldespatos), tendiendo a quedar depositados los minerales pesados densos y de grano más fino (Komar & Wang, 1984; Frihy & Komar, 1991; Li & Komar, 1992).

Entre los factores naturales que pueden generar pérdida o ganancia de arena se destacan la acción de las olas, corrientes de marea, de deriva litoral y el viento (Suguio, 1992). Otro factor importante es la actividad antrópica. Los cambios producidos en el litoral a causa de ella han sido importantes y han acelerado los procesos de erosión en la mayoría de los casos. El rápido incremento de la población, así como la falta de un manejo del territorio y de políticas adecuadas para las áreas costeras son las principales causas que han desencadenado el desequilibrio dinámico de la costa.

Una manera de estudiar las variabilidades morfológicas de las playas es realizando perfiles topográficos en diferentes períodos. De esta forma, se pueden reconocer en los perfiles las formas cóncavas, convexas o planos inclinados que muestran un comportamiento erosivo o de acumulación (Thom & Hall, 1991). Por lo tanto, este mecanismo constituye un instrumento que permite evaluar el estado y los cambios en las playas arenosas y es de gran utilidad en la gestión y la recuperación de playas. La forma de los perfiles es resultado de complejos procesos de transporte y acumulación y en ella subyace información de gran utilidad para el estudio de la dinámica costera (Bernabeu et al. 2002, Andrade & Ferreira 2006).

### **3.2.4. Impactos ambientales en las zonas costeras**

Las zonas costeras son ambientes que actúan como defensa frente al oleaje incidente, y tiene un valor ecosistémico que se debe preservar, así como también tienen una importancia turística y económica. Cualquier alteración de estos medios puede generar consecuencias negativas tanto a corto como a largo plazo. Algunas de las intervenciones que pueden alterar la dinámica natural de las costas y dar lugar a consecuencias ambientales negativas se describen en el Cuadro V.

Una de las intervenciones más comunes en la costa uruguaya que presenta mayor importancia por las consecuencias que ha generado es la construcción de espigones (Figura 24). Los espigones se muestran eficaces en sitios donde el mar aporta significativas cantidades de arena. Cuando esto no sucede, como es el caso de las playas de Canelones, cada espigón genera una corriente de retorno que suele llevar gran parte de la arena fuera del alcance de las olas rompientes, que son las que generan el principal aporte de sedimentos a la costa. Asimismo, interceptan cierta cantidad de sedimentos y al mismo tiempo desvían de forma perpendicular otra porción, parte de la cual retorna a la playa. En cada desvío en dirección aguas adentro se pierden las granulometrías más finas que son transportadas en suspensión. Esta reclasificación sucesiva se produce hasta que finalmente uno de los espigones retiene la arena más gruesa, y como consecuencia el balance erosión-transporte se vuelve negativo. En estas condiciones, en la batería de espigones, los primeros retienen arena entre ellos, pero amplifican su falta progresivamente en el sector de playa contiguo en el sentido de la deriva litoral dejando de ser operativos (Panario & Gutiérrez, 2006). Esto se visualiza claramente en campo dado que los mismos se muestran “descalzados” de la arena exponiendo sus estructuras de apoyo (Figura 25).

A su vez, en el entorno de los espigones se desarrollan zonas profundas, que además de dificultar el retorno de los sedimentos, son peligrosas para los bañistas.



*Figura 24. Imagen que muestra la batería de espigones de Las Vegas. Obsérvese el descalce de los mismos hacia el agua. También puede apreciarse la exposición de la plataforma en algunos sectores*



*Figura 25. Situación de espigones en diferentes momentos: a) abril 2010, b) enero 2015, c) setiembre 2015 y c) diciembre 2015.*

*Cuadro V. Factores, efectos y consecuencias de la actividad antrópica en la franja costera (modificado de Marcomini & López, 2014)*

<b>FACTORES</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>
Construcción de defensas duras, espigones, muros	Interrupción en el transporte de sedimentos por deriva litoral	Generación de erosión corriente abajo y acumulación en el sector de la estructura.
Destrucción de la duna costera y destrucción en el frente costero	Pérdida del equilibrio natural entre la playa subaérea y la duna costera	Incremento en la velocidad de retroceso de la costa y erosión de playa durante tormentas
Drenajes artificiales a la playa por construcción de calles perpendiculares a la costa	Generación de canales artificiales sobre la playa, incremento de cárcavamientos	Pérdida de arena en la playa durante fuertes precipitaciones e ingreso de contaminantes de zonas urbanas
Construcción de balnearios en la playa posterior	Incremento de la impermeabilización natural del terreno	Elevación del nivel freático en playa y reducción de arena seca para removilización eólica
Implantación de vegetación alóctona como acacias en la duna costera	Menor ingreso de arena a la duna. Cambios en el intercambio natural de arena entre la playa subaérea y la duna costera.	Mayor susceptibilidad a la erosión durante tormentas
Tareas de limpieza con nivelado mecánico de playa	Cambios en la morfología de la playa y en la pendiente natural	Aceleración de la erosión de playa durante tormentas
Forestación de campos de dunas activos	Interrupción aerodinámica	Aceleración de la erosión de playas. Degradación de la duna costera por déficit en el transporte de sedimentos en las escorrentías
Barreras eólicas	Interrupción aerodinámica en el sentido de la playa	Degradación de dunas y disminución de aporte a la playa
Construcción de defensas duras, espigones, muros	Interrupción en el transporte de sedimentos por deriva litoral	Generación de erosión corriente abajo y acumulación en el sector de la estructura.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

A efectos de lograr los objetivos planteados se realizaron actividades de gabinete, campo y laboratorio.

### **4.1. ETAPA DE GABINETE INICIAL**

#### **4.1.1. Recopilación bibliográfica**

Durante esta etapa se realizó una recopilación bibliográfica sobre estudios de dinámica costera e intervenciones ejecutadas en el área de estudio, así como de la costa uruguaya en general. Asimismo, para el análisis morfoSEDIMENTARIO de la playa Las Vegas, se recopilaron datos de perfilaje de playas y análisis granulométricos, los cuales se toman como base para hacer comparaciones con datos más recientes. Se recopilaron datos de intensidad y dirección del viento medidas por la estación meteorológica de Carrasco (INUMET).

### **4.2. ACTIVIDADES DE CAMPO**

Las actividades de campo consistieron en el reconocimiento de las geoformas presentes en el ambiente costero; en los perfilajes de las playas; así como en la colecta de muestras de sedimentos arenosos para su posterior análisis.

#### **4.2.1. Perfiles de playa**

Fueron realizados cinco perfiles topográficos, tres en Las Vegas y dos en Parque del Plata, para conocer los cambios morfológicos en distintos momentos del año. En la Tabla 3 se exponen los momentos en que fueron realizados los perfiles.

Tabla 3. Fechas de los relevamientos topográficos y extracción de muestras.

Relevamiento	Parque del Plata	Las Vegas
1	5-03-2015	21-01-2015
2	-----	12-09-2015
3	14-01-2016	29-12-2015
4	18-08-2016	18-08-2016
5	21-02-2017	21-02-2017

Para ser comparables los distintos relevamientos, hubo que adoptar un punto fijo *in situ*, y referir las medidas respecto a él en los distintos períodos estacionales. Los puntos fijos se seleccionaron en función de criterios de visibilidad y perdurabilidad en el tiempo. Para la elaboración de los perfiles se utilizó un nivel automático óptico marca Leica JoggerX32 (Figura 26), con el cual se tomaron lecturas de cotas en las secciones transversales a la costa.



Figura 26. Imagen del nivel en salidas de campo en Las Vegas (izquierda) y Parque del Plata (derecha), tomadas en enero y marzo de 2015, respectivamente.

#### 4.2.2. Ubicación de los perfiles

Fueron relevados para el caso de Las Vegas, tres secciones transversales a la costa (LV1, LV2 y LV3) en los diferentes períodos. Las mismas se extienden desde la zona de lavado hasta el pie del acantilado. En ocasiones, cuando el tiempo lo permitió se pudo ingresar parcialmente en la zona de rompiente. En Parque del Plata se realizaron dos perfiles, desde la zona de lavado hasta

la rambla costanera. En ocasiones se pudo ingresar parcialmente a la zona de rompiente. La ubicación de los perfiles de playa se presenta en la Figura 27. Particularmente en la playa Las Vegas, se realizaron mediciones de distancias entre el borde de los espigones y la base del acantilado para determinar la tasa de erosión.



Figura 27. Ubicación de perfiles de playa en Las Vegas (arriba) y Parque del Plata (abajo).

### **4.2.3. Muestreo**

Para el estudio de las características texturales (granulometría, mineralogía, forma, grado de selección, color) de los sedimentos arenosos de las playas, se realizó la extracción de muestras puntuales de arena de aproximadamente 1200 gramos en cada subambiente. Para ellos se retiraron los primeros 2 centímetros de arena y luego, utilizando una pala, se procedió a recolectar la muestra, colocarla en doble bolsa plástica y etiquetarla. De esta forma, se obtuvieron muestra de rompiente, zona de lavado, bermas, playa distal, y duna, según cada perfil.

## **4.3. ETAPA DE GABINETE FINAL**

### **4.3.1. Tratamiento preliminar de muestras**

El procesamiento de las muestras fue llevado a cabo en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias Geológicas. El mismo consistió en el tratamiento preliminar para sedimentos. Se procedió a secar las muestras en horno eléctrico a 60 °C, desagregarlos y someterlos a un cuarteo manual. Para ello, se colocó la muestra en una pila cónica y se separó el montículo en cuatro partes a lo largo de dos diámetros normales. Posteriormente, se retuvieron los cuartos opuestos para su análisis granulométrico. El proceso fue repetido hasta alcanzar la cantidad de muestra necesaria.

### **4.3.2. Ensayos granulométricos**

Luego de obtener aproximadamente 300 gramos de muestra, se procede al ensayo granulométrico. El tamizado es el método más común y ampliamente aceptado para separar en clases granulométricas establecidas. El análisis granulométrico se efectuó por tamizado con Ro-Ta p (marca Restch AS 200) durante 10 minutos a una frecuencia de 60 Hz. Los tamices utilizados tienen la siguiente abertura: 2000  $\mu\text{m}$ , 1000  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$ , ciego.

Se tamizaron 59 muestras correspondientes a los diferentes subambientes de la playa Las Vegas y 33 muestras correspondientes a Parque del Plata.

#### **4.3.3. Descripción de muestras con lupa binocular**

Se seleccionó una muestra de cada subambiente y se extrajo una fracción de la misma para realizar su descripción con lupa binocular (marca Stemi 508 ZEISS con cámara axiocam ERc 5s). A partir de comparadores visuales de abundancia se determinó la selección de los clastos, los porcentajes de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos, y se describieron las diferentes formas (esfericidad y redondez) de acuerdo a Power (1953, 1982). Se completó la descripción con la determinación del color de la muestra utilizando la Tabla de Munsen. Se tomaron fotografías ilustrativas con el software ZEN Blue 2.5lite.

#### **4.3.4. Análisis de los perfiles de playa**

Para el análisis y comparación de los perfiles de playa, los relevamientos topográficos realizados fueron ploteados en el Programa Excel.

#### **4.3.5. Determinación de parámetros estadísticos texturales**

Los resultados de los ensayos granulométricos se procesaron en planillas electrónicas que fueron utilizadas para obtener los gráficos y parámetros estadísticos texturales mediante el empleo del software GRADISTAT Versión 8.0 que calcula los parámetros de tamaño de grano aritméticamente, geoméricamente (en microns) y logarítmicamente (usando la escala phi, Krumbein & Pettijohn, 1938). Con ello, el programa determina los parámetros estadísticos según Folk & Ward (1957). Los parámetros estadísticos granulométricos de Las Vegas obtenidos en muestras del 2006 y 2015 en los mismos subambientes de playa fueron analizados por Goso & Olivera (2017). Para continuar con el seguimiento de la evolución de los mismos, se estudiaron los parámetros correspondientes a las muestras recolectadas en 2016 y 2017 de los sedimentos arenosos en las ocasiones que se hicieron los perfiles. En el caso de Parque del Plata se analizaron muestras del 2006 y los obtenidos para este trabajo. Utilizando el programa mencionado, se obtuvieron las curvas de frecuencia acumulada.

#### **4.3.6. Análisis de imágenes satelitales**

Para complementar el análisis de la evolución de las playas en estudio, se compararon imágenes satelitales de Google Earth de diferentes años, para constatar y visualizar los cambios del acantilado de Las Vegas, así como el movimiento del campo dunar.

#### **4.3.7. Redacción de informe final**

A partir de la recopilación bibliográfica de antecedentes de la costa, los datos recolectados de relevamientos anteriores y los resultados obtenidos, se redactó este informe final.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Descripciones de muestras con lupa binocular**

La Tabla 4 muestra las características de los sedimentos de playa distal, berma, zona de lavado y zona de rompiente de Las Vegas. Existen solo muestras de rompiente para verano de LV2, dado que en los otros períodos no fueron extraídas. También se presentan las de duna, zona de berma y zona de lavado de los perfiles P5 y P6. Esta tabla considera rangos de todo el período. Si bien los minerales no son fácilmente distinguibles, se trata de una aproximación por lo que podrían existir variaciones en los porcentajes presentados. Pueden visualizarse las descripciones en detalle en el Anexo I, ítem a y b.

Las Figuras 28, 29 y 30, corresponden a fotografías ilustrativas de algunas de las muestras estudiadas en LV, P5 y P6, respectivamente.

A continuación, se realiza una descripción de los resultados obtenidos.

#### **5.1.1. LAS VEGAS**

Del trabajo de descripción realizado se desprende que, en todas las muestras, la playa distal de los tres perfiles se compone de arenas finas, de selección moderada a moderadamente buena. Los porcentajes de cuarzo oscilan entre 93 y 98 % y presentan formas entre redondeadas a subredondeadas, con esfericidad alta en la mayoría de los casos. Los feldespatos se encuentran entre 1-2% y son mayormente redondeados, variando entre esfericidades altas y medias. Se presentan en formas esféricas, discoidales y subdiscoidales. Por otro lado, el porcentaje de fragmentos líticos oscila entre 1 y 2 %, existiendo muestras en los que llegan hasta el 5-6 %. Estos clastos varían entre muy redondeados a subangulosos, predominando los redondeados. En este rango de variabilidad de redondez, y siendo la esfericidad entre media a alta, se destacan los fragmentos líticos esféricos, subdiscoidales e irregulares, pero también se observan tabulares, discoidales, elipsoidales, y elongados prismáticos. Se pudieron distinguir entre éstos, fragmentos de rocas volcánicas, bioclastos y de minerales opacos.

En la zona de la berma las arenas presentan granulometría fina, excepto en muestras de LV1 de enero y de febrero de LV3, las cuales corresponden a mayormente a arena media y muy gruesa, respectivamente. En cuanto a la selección de los clastos, predominan las arenas moderadamente bien seleccionadas, aunque existen variaciones a moderada. Los porcentajes de cuarzo oscilan entre 92 y 99%, variando los clastos entre muy redondeados a subangulosos. Las formas que presentan los clastos subredondeados a muy redondeados son esféricas, existiendo también discoidales que indican esfericidad media a baja; e irregulares, dados por los clastos subangulosos de esfericidad media. Por otro lado, la abundancia de feldespatos oscila entre <1 y 3%, y están representados por formas redondeados a subredondeados, con esfericidades medias a altas, encontrándose mayormente feldespatos esféricos. Por último, los fragmentos líticos se encuentran en porcentajes entre <1 y 5%, con formas que varían entre muy redondeadas y subangulosas, predominando las redondeadas a subredondeadas, con esfericidad media a alta encontrándose mayor cantidad de esféricos y discoidales a subdiscoidales. Entre los fragmentos líticos se distinguen minerales opacos, bioclastos y granos de rocas volcánicas.

En las muestras de la zona de lavado varían entre arenas finas a medias, predominando las de selección moderadamente buena en las muestras de granulometría fina, mientras que las arenas medias presentan selección moderada a pobre. La mineralogía está compuesta de 98-93% de cuarzo, 1-2% de feldespatos y 1-5% de fragmentos líticos. Los clastos de cuarzo varían entre muy redondeados a subredondeados, existiendo también clastos subangulosos en algunas muestras. La esfericidad varía entre alta y media siendo los clastos esféricos e irregulares en la mayoría de los casos. Por otro lado, los feldespatos varían entre formas redondeadas a angulosas. La esfericidad es variable entre alta y media, dando lugar a feldespatos esféricos, subdiscoidales y discoidales. Por último, los fragmentos líticos varían entre redondeados a subangulosos. Los mismos presentan esfericidad alta a baja observándose fragmentos líticos esféricos, discoidales, subdiscoidales, irregulares, tabulares y elongados prismáticos.

Por último, en las muestras de rompiente de LV2 se puede observar cambios granulométricos en los diferentes períodos (Figura 28 g y h). En enero de 2015 se observa que la granulometría corresponde a arenas muy gruesas, muy mal seleccionadas; en diciembre de 2015 las arenas son finas a medias de selección moderada; y en febrero de 2017 el tamaño de grano disminuye a arenas finas moderadamente bien seleccionadas. Los porcentajes de cuarzo corresponden a 86% en enero de 2015, 93-94% en diciembre de 2015, y 96-97% en febrero de 2017. Los mismos varían entre muy redondeados a subangulosos, con esfericidad media a alta, y son esféricos e irregulares (en el caso de los subangulosos). Los feldespatos se encuentran en menor porcentaje hacia el 2017 (1-2%). Entre ellos, predominan los esféricos y discoidales. Los fragmentos líticos aparecen en porcentajes en torno al 9-10% en enero de 2015, e igualan los porcentajes de feldespatos en diciembre de 2015 y febrero de 2016, alcanzando valores de 1-2 y 3-4%, respectivamente. Los mismos son subredondeados a angulosos, presentan esfericidad alta a baja y aparecen con formas irregulares y esféricos predominantemente, aunque también existen elongados y algunos con tendencia a elipsoidales. A partir de estas características, se puede observar que a medida que aumenta la cantidad de cuarzo y se pierde porcentaje del resto de minerales, la selección mejora.

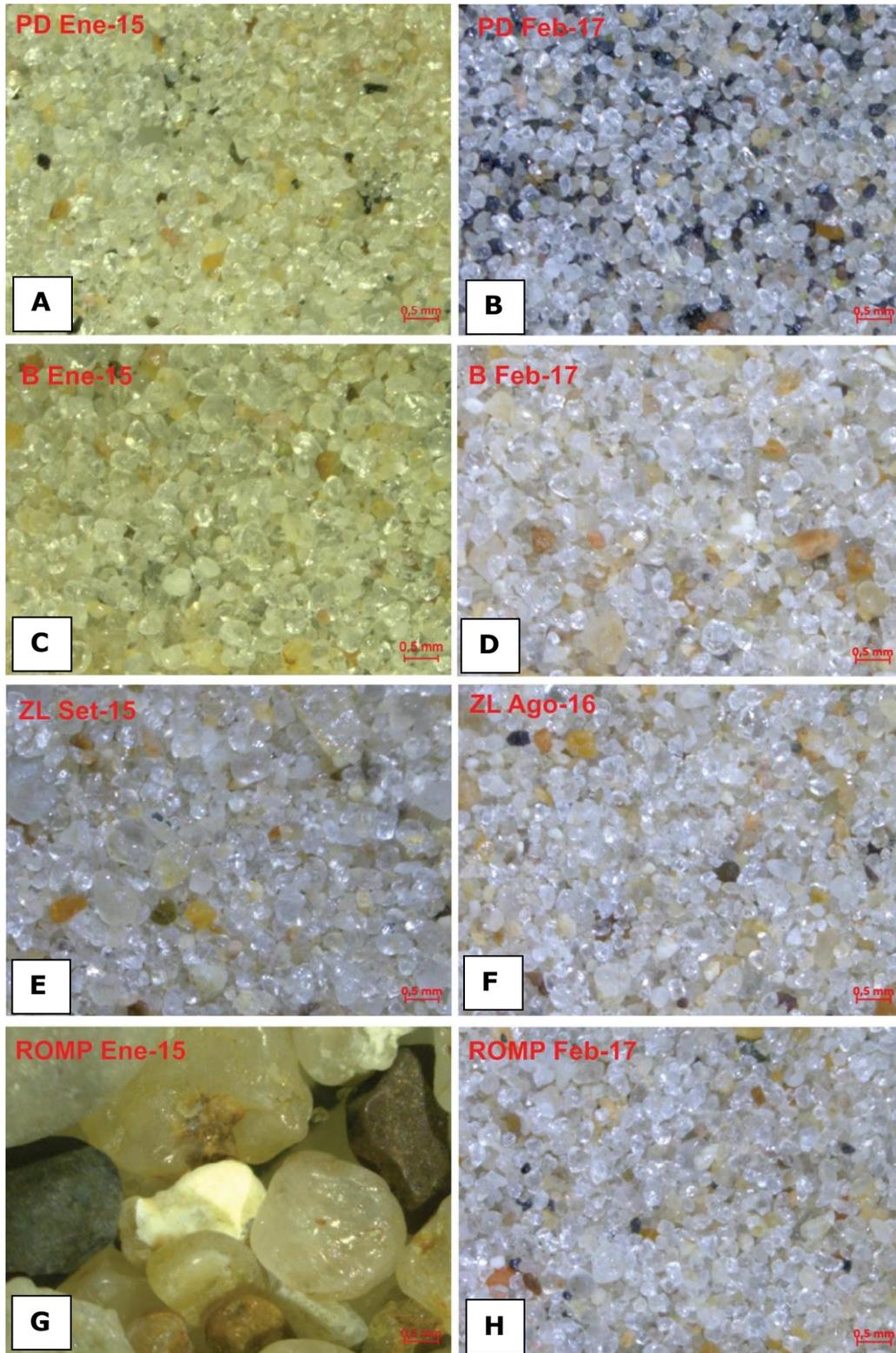


Figura 28. Muestras de arena de los distintos subambientes de LV2 (PD=Playa distal, B=Berma, ZL=Zona de lavado, Romp=Rompiente; Ene=enero, Feb=Febrero, Set=Setiembre, Ago=Agosto; 15=2015, 16=2016, 17=2017). Nótese la abundancia de minerales transparentes atribuibles a cuarzo. Nótese, además, la mayor cantidad de minerales opacos en la muestra PD-Feb17

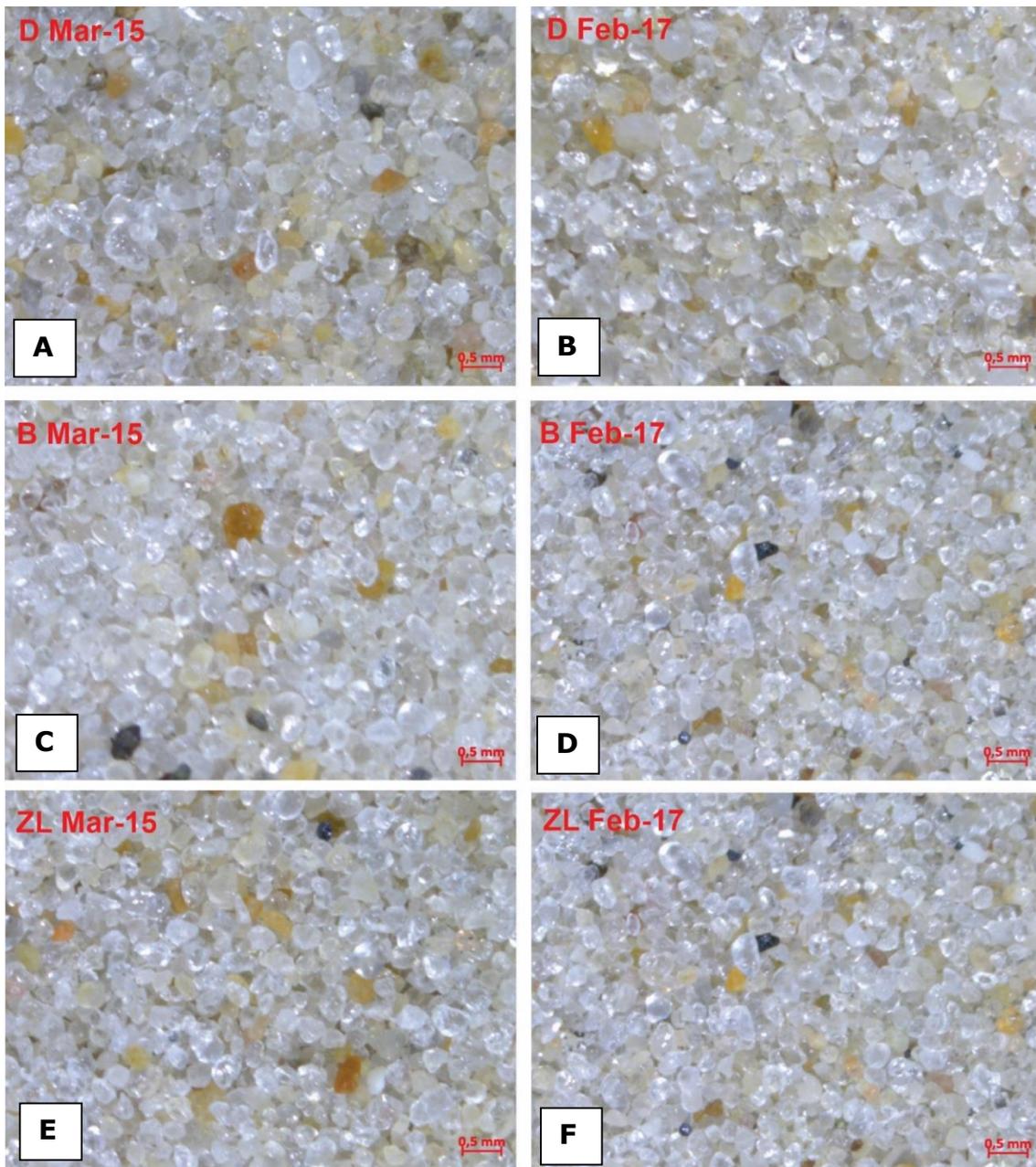
### **5.1.2. PARQUE DEL PLATA**

En el Perfil 5 de Parque del Plata, las arenas de las dunas son de granulometría media, moderadamente bien seleccionadas y cuarzosas dado que alcanzan porcentajes del 96-98%. Los clastos de este mineral son muy redondeados a subredondeados en la mayoría de los casos, predominando los esféricos, aunque existen algunos con tendencia discoidal. Los feldespatos aparecen en porcentajes bajos al igual que los fragmentos líticos, siendo de 1-2% y 1-3%, respectivamente. Los primeros varían entre formas redondeadas a subredondeadas y son esféricos a discoidales. Por su parte, los fragmentos líticos varían entre formas muy redondeados a subangulosos y la mayoría son esféricos, existiendo también irregulares, y otros con tendencia a elongados.

En la zona de berma, se observan arenas medias en todos los períodos relevados predominando las muestras con selección moderadamente buena. Los porcentajes de cuarzo oscilan entre el 96 y 98% siendo los mismos desde muy redondeados a subredondeados, con esfericidad alta a media. Los feldespatos en este caso son muy redondeados a redondeados y conforman alrededor del 1% de las muestras. Predominan los esféricos, aunque existen también discoidales. Por último, los fragmentos líticos se encuentran en porcentajes del 1 al 3% y varían entre formas subredondeadas a subangulosas, y entre esfericidades altas a bajas lo que se traduce en clastos esféricos, irregulares, subdiscoidales, discoidales.

La zona de lavado muestra arenas medias moderadamente bien seleccionadas en todos los momentos relevados. Los cuarzos conforman el mayor porcentaje de las muestras, variando entre 93-98%. Los clastos de este mineral varían entre muy redondeados a subredondeados y son esféricos, aunque aparecen discoidales en ocasiones. Los feldespatos alcanzan valores alrededor del 1 al 3% y varían entre formas redondeadas a subredondeadas en la mayoría de los casos, presentando esfericidad alta. Por último, el porcentaje de fragmentos líticos oscila entre 1-4%, y se encuentran con formas redondeadas a subangulosas, variando la esfericidad entre alta, media y baja, lo que se traduce en una amplia gama de formas, entre las que

se destacan las irregulares, tabulares y discoidales, elipsoidales, elongadas prismáticas, esféricas y discoidales para este subambiente.



*Figura 29. Muestras de arena de diferentes subambientes del Perfil 5 (D=Duna; B=Berma; ZL=Zona de Lavado). Nótese la abundancia de minerales transparentes atribuibles a cuarzo. Se puede observar la similitud en la composición y granulometría de todas las muestras*

En el Perfil 6, las dunas se componen principalmente de arenas medias moderadamente bien seleccionadas. Existe una variación de granulometría en agosto 2016 en la cual se observan arenas finas predominantemente, de selección moderadamente buena, y una variación en la selección en cuanto a las arenas medias dado que en enero de 2016 las mismas son bien seleccionadas. El porcentaje de cuarzo varía entre 96 y 98%, y los mismos tienen formas subredondeadas a muy redondeadas, presentando la mayoría esfericidad alta. Los feldespatos conforman entre el 1 a 2% del total de los clastos, predominando las formas subredondeadas a redondeadas, de esfericidad alta. Por otro lado, el porcentaje de fragmentos líticos oscila entre 1 y 4% del total, y varían predominantemente entre formas subredondeadas a subangulosas con esfericidad media a alta, lo que se traduce en clastos esféricos, discoidales, elipsoidales y esféricos con tendencia a irregulares a medida que aumenta la angulosidad.

Por otra parte, las arenas de la berma varían entre medias y finas, y presentan selección moderadamente buena en todos los casos. Las arenas son cuarzosas, alcanzando este mineral el 97-98% de abundancia. Los mismos varían entre formas muy redondeadas a subredondeadas y son esféricos en todos los casos. Por otro lado, los feldespatos aparecen en muy bajos porcentajes (<1-1%), y son subredondeados con esfericidad alta a media, variando entre esféricos y discoidales. Por último, los fragmentos líticos también se encuentran en porcentajes muy bajos (entre 1 y 2%) y varían entre formas redondeadas a subangulosas. La esfericidad que presentan es alta a baja y son esféricos, irregulares, discoidales, subdiscoidales, apareciendo en ocasiones fragmentos líticos elongados prismáticos.

En la zona de lavado, las arenas que predominan son medias. La selección es moderadamente buena en todos los casos a excepción de febrero de 2017, en el cual la misma es moderada. El cuarzo alcanza porcentajes entre 94 y 96%, siendo el mineral predominante en las muestras. Los mismos presentan esfericidad alta a media y son esféricos a irregulares en casi todos los casos. Los feldespatos alcanzan el 3% del total de los clastos y varían entre formas redondeadas a subredondeadas existiendo también formas subangulosas en

febrero de 2017. Los primeros mencionados varían entre esféricos y discoidales, y en los casos en los que existe angulosidad, los feldespatos son irregulares. Por último, los fragmentos líticos también alcanzan el 3% de abundancia y varían entre muy redondeados a subangulosos con clastos esféricos, irregulares, discoidales y tabulares.

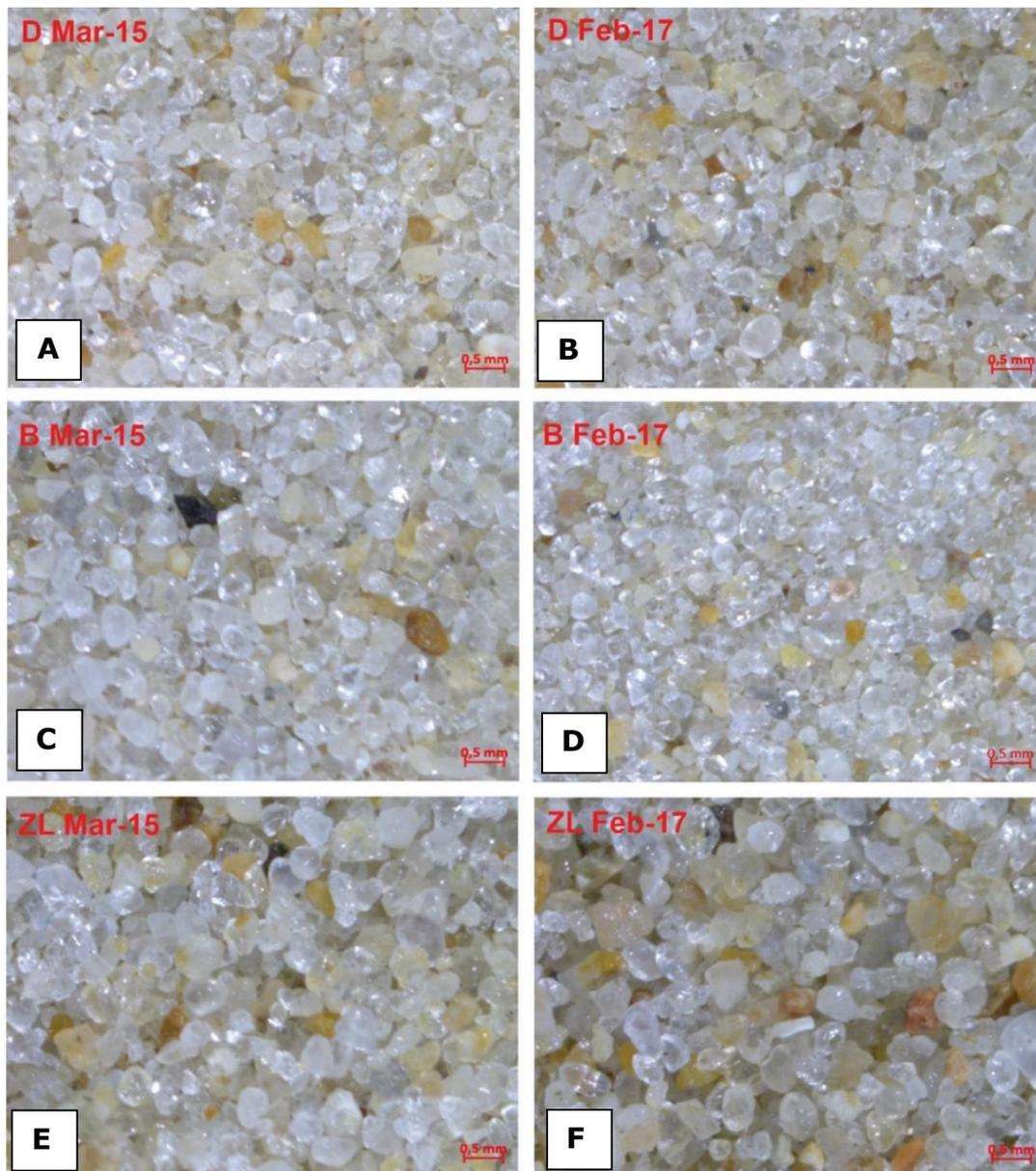


Figura 30. Muestras de arena de diferentes subambientes del Perfil 6 (PD=Playa Distal; B=Berma; ZL=Zona de Lavado). Nótese la similitud en la composición y granulometría en todas las muestras, y el aumento de tamaño de la muestra ZL Feb-17. Nótese la abundancia de minerales transparentes atribuibles a cuarzo.

Tabla 4. Resultados de las descripciones con lupa binocular según rangos, en el período 2015-2017. (LV1=Perfil Las Vegas 1, LV2=Perfil Las Vegas 2, LV3=Perfil Las Vegas3; Subambientes: PD=Playa distal, B=Berma, ZL=Zona de Lavado, R=Rompiente, D=Duna. F=Arena fina, AM=Arena Media, AG=Arena Gruesa. Selección: B=Buena, Mod.=Moderada, Mod. B=Moderadamente Buena, MM=Muy Mala)

		LV1			LV2				LV3			P5			P6		
		SUBAMBIENTE															
		PD	B	ZL	PD	B	ZL	R	PD	B	ZL	D	B	ZL	D	B	ZL
Tamaño de clastos		AF	AF-AM	AM	AF	AF-AM	AF	AF a M-MG	AF	AF a M	AF a M	AM	AM	AM	AM-AF	AM-AF	AM
Mineralogía (%)	Qz	95-98	97-99	93-97	93-98	95-97	95-97	86-97	93-97	94-98	97-98	96-98	96-98	93-98	96-98	97-98	94-96
	Fd	1	<1-2	1-2	1-2	1	1-2	1-5	<1-2	1-3	1-2	1-2	1	1-3	1-2	<1-1	2-3
	FL	1-5	2-3	2-5	2-6	<1-4	2-4	1-10	2-6	1-5	1-4	2-3	1-3	1-4	1-4	1-2	2-3
Selección		Mod. B	Mod. B	Mod. a Pobre	Mod. B a B	Mod. B	Mod. B a B	MM-Mod. Mod. B	B a Mod	Mod. B	Mod. B	Mod. B	Mod. B a B	Mod. B	Mod. B a B	Mod. B a B	Mod. B a B

## 5.2. Análisis granulométricos

A partir de los ensayos granulométricos efectuados a las muestras de los distintos subambientes correspondientes a la playa Las Vegas y Parque del Plata, se obtuvieron los valores de los parámetros estadísticos texturales correspondientes a la Media ( $M_z$ ), Mediana ( $M_{d_\phi}$ ), Selección ( $\sigma_1$ ), Asimetría ( $Sk_1$ ) y Curtosis ( $K_g$ ) según Folk & Ward (1957). Los parámetros estadísticos por subambiente son presentadas en el Anexo II, ítem a y b. La Tabla 5 presenta el rango de variación (Máx=máximo, Prom=promedio, Mín=mínimo) de estos parámetros en el período 2015-2017. Para el cálculo del promedio allí mostrado, se utilizaron los resultados presentados en el Anexo II, ítem a y b. Los promedios calculados en el período 2006-2017 se presentan en el Anexo II, ítem c.

En las Figuras 31, 32 y 33, se muestran las curvas de frecuencia acumulada obtenidas para cada subambiente en el período 2006-2017. Se grafican juntas por motivos de practicidad a la hora de identificar cambios.

A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada playa.

### 5.2.1. LAS VEGAS

En la playa distal las medias oscilan entre 2,28 y 2,35 $\phi$  situándose entre arenas finas, tal como se observó con lupa binocular. Los valores de selección varían entre 0,59 y 0,51 $\phi$  lo que representa sedimentos con selección moderadamente buena. La asimetría varía entre -0,24 y -0,16 $\phi$  resultando en asimetrías negativas. La curtosis varía entre platicúrtica y muy leptocúrtica ( $K_g=0,78-1,59 \phi$ ).

En la zona de berma, las medias varían entre 1,91 y 2,09 $\phi$ , lo que corresponde a arenas medias a finas. Los valores de selección oscilan entre 0,62 y 0,65 $\phi$  indicando predominancia de sedimentos bien seleccionadas. Por otro lado, la asimetría varía entre -0,19 y -0,03 $\phi$  resultando en asimétricas negativas. La curtosis en este caso varían entre 0,85 y 1,09  $\phi$ , indicando variación entre platicúrtica y leptocúrtica.

En la zona de lavado, los valores de media varían entre  $1,46$  y  $2,19\phi$ , lo que representa arenas medias a finas. Los valores de selección oscilan entre  $0,62$  y  $0,96\phi$ , indicando que predomina una selección de clastos moderada, aunque también se encuentran sedimentos pobremente seleccionados. A su vez, la asimetría varía entre  $-0,24$  y  $-0,03\phi$  lo que resulta en asimétricas negativas. Por último, la curtosis varía entre  $0,82$  y  $0,87\phi$ , lo que indica curvas platicúrticas.

En la rompiente de LV2 se observa que la media en enero de 2015 es la menor obtenida para los 3 casos, la cual corresponde a  $-0,43\phi$  (arenas muy gruesas) la que cambia a tamaños menores en los siguientes relevamientos. La selección varía entre muy mala y moderadamente buena, siendo la primera correspondiente a enero 2015 y la última la a febrero 2017 (ver Anexo I, ítem b). Las asimetrías varían entre  $-0,74$  y  $-0,21\phi$ , lo que corresponde a muy asimétricas negativas. A su vez, la curtosis indica una variación entre muy platicúrticas y muy leptocúrticas ( $K_g=-1,32-1,82\phi$ ).

### 5.2.2. PARQUE DEL PLATA

Las arenas de duna del perfil 5 no muestran diferencias granulométricas en los momentos muestreados manteniéndose dentro de arenas medias ( $M_z=1,80\phi$ ). La selección ( $\sigma_1=0,61\phi$ ), indica predominancia de arenas moderadamente bien seleccionadas, la asimetría es positiva ( $Sk_1=0,20\phi$ ), y la curtosis indica curvas mesocúrticas ( $K_g=0,78-1,03\phi$ ). En la berma los valores de media granulométrica indican la predominancia de arenas medias ( $M_z=1,77\phi$ ), la selección es buena a moderadamente buena ( $\sigma_1=0,43$  y  $0,54\phi$ ), la asimetría es positiva ( $0,19\phi$ ), y la curtosis también indica curvas mesocúrticas ( $K_g=0,76-1,11$ ). Por último, en la zona de lavado, predominan las arenas medias ( $M_z=1,61\phi$ ), bien a moderadamente bien seleccionadas ( $\sigma_1=0,51-0,65\phi$ ), e indican asimetrías que varían entre negativas y positivas ( $Sk_1=-0,16$  y  $0,26\phi$ ), predominando las positivas ( $Sk_1=0,12$ ) (Anexo II, ítem b). La curtosis varía entre  $0,76$  y  $1,11\phi$ , indicando curvas mesocúrticas.

Por otro lado, las dunas del perfil 6 están compuestas de arenas medias ( $M_z=1,73\phi$ ) bien a moderadamente bien seleccionadas ( $\sigma_1=0,46-0,61\phi$ ), con asimetrías positivas ( $Sk_1=0,19\phi$ ), y valores de curtosis entre  $0,82$  y  $1,19\phi$ ,

que corresponde a curvas mesocúrticas. En las muestras de berma, se observan arenas medias a finas ( $1,71-2,10 \phi$ ), moderadamente bien seleccionadas ( $\sigma_1=0,53-0,62 \phi$ ), con asimetrías que varían entre negativas y positivas ( $Sk_1=0,15-0,25 \phi$ ), y valores de curtosis entre  $0,74$  y  $1,09 \phi$ , lo que corresponde a curvas platicúrticas a mesocúrticas. Por último, la zona de lavado se caracteriza por la predominancia de arenas medias ( $Mz=1,29-1,85\phi$ ), moderadamente bien a moderadamente bien seleccionadas ( $\sigma_1=0,55-0,74 \phi$ ) y con asimetría varía entre positivas a negativas ( $Sk_1=-0,14$  y  $0,26\phi$ ). Por último, la curtosis varía entre platicúrticas y leptocúrticas en este subambiente ( $K_g=0,81-1,36$ ).

ANÁLISIS MORFOSEDIMENTARIO DE PLAYAS LAS VEGAS Y PARQUE DEL PLATA, DEPARTAMENTO DE CANELONES

Tabla 5. Rango de variación de los parámetros estadísticos en el período 2015-2017 (LV=Perfil Las Vegas, P=Perfil Parque del Plata)

Parámetros estadísticos	PERFIL LV1 Valores en phi			PERFIL LV2 Valores en phi			PERFIL LV3 Valores en phi				PERFIL 5			PERFIL 6			
	Mín	Prom	Max	Mín	Prom	Max	Mín	Prom	Max		Mín	Prom.	Max	Mín	Prom.	Max	
Playa distal	Media	2,11	2,21	2,14	2,21	2,35	2,52	2,09	2,28	2,43	Duna	1,75	1,80	1,87	1,58	1,73	1,84
	Selección	0,53	0,58	0,61	0,41	0,51	0,58	0,47	0,59	0,89		0,57	0,61	0,63	0,46	0,57	0,61
	Asimetría	-0,25	-0,21	-0,16	-0,26	-0,16	0,13	-0,48	-0,24	-0,20		0,17	0,20	0,25	0,17	0,19	0,23
	Curtosis	0,80	0,92	1,1	1,00	1,05	1,09	0,78	1,14	1,59		0,78	0,90	1,03	0,82	0,99	1,19
	Mediana	2,17	2,29	2,38	2,30	2,40	2,52	2,20	2,34	2,44		1,66	1,72	1,80	1,58	1,67	1,76
Berma	Media	1,63	1,91	2,03	1,90	2,09	2,32	1,23	2,03	2,42	Berma	1,57	1,77	1,92	1,71	1,91	2,10
	Selección	0,56	0,64	0,75	0,52	0,62	0,74	0,46	0,65	1,03		0,43	0,54	0,61	0,53	0,59	0,62
	Asimetría	-0,21	-0,03	0,16	-0,25	-0,14	-0,08	-0,26	-0,19	-0,11		0,14	0,19	0,25	-0,15	0,08	0,25
	Curtosis	0,74	0,90	1,20	0,74	0,85	1,09	0,75	0,97	1,12		0,76	0,94	1,11	0,74	0,87	1,09
	Mediana	1,60	1,92	2,05	1,90	2,13	2,37	1,33	2,10	2,41		1,57	1,72	1,86	1,64	1,89	2,17
Zona de lavado	Media	1,09	1,46	1,87	1,96	2,07	2,19	1,88	2,10	2,32	Zona de lavado	1,11	1,61	1,75	1,29	1,59	1,85
	Selección	0,61	0,96	1,27	0,61	0,70	0,83	0,53	0,62	0,73		0,51	0,58	0,65	0,55	0,62	0,74
	Asimetría	-0,21	-0,03	0,18	-0,27	-0,24	-0,15	-0,24	-0,14	-0,03		-0,16	0,12	0,26	-0,14	0,08	0,26
	Curtosis	0,65	0,82	0,93	0,76	0,87	0,98	0,74	0,87	1,09		0,76	0,92	1,11	0,81	1,13	1,36
	Mediana	1,16	1,50	1,79	2,05	2,16	2,29	1,86	2,34	2,96		1,18	1,58	1,84	1,40	1,58	1,77
Rompiente	Media	-----	-----	-----	-0,43	1,27	2,14	-----	-----	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Selección	-----	-----	-----	0,27	0,62	0,96	-----	-----	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Asimetría	-----	-----	-----	-0,74	-0,49	-0,21	-----	-----	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Curtosis	-----	-----	-----	-1,32	0,43	1,82	-----	-----	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Mediana	-----	-----	-----	-1,66	1,29	2,34	-----	-----	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----

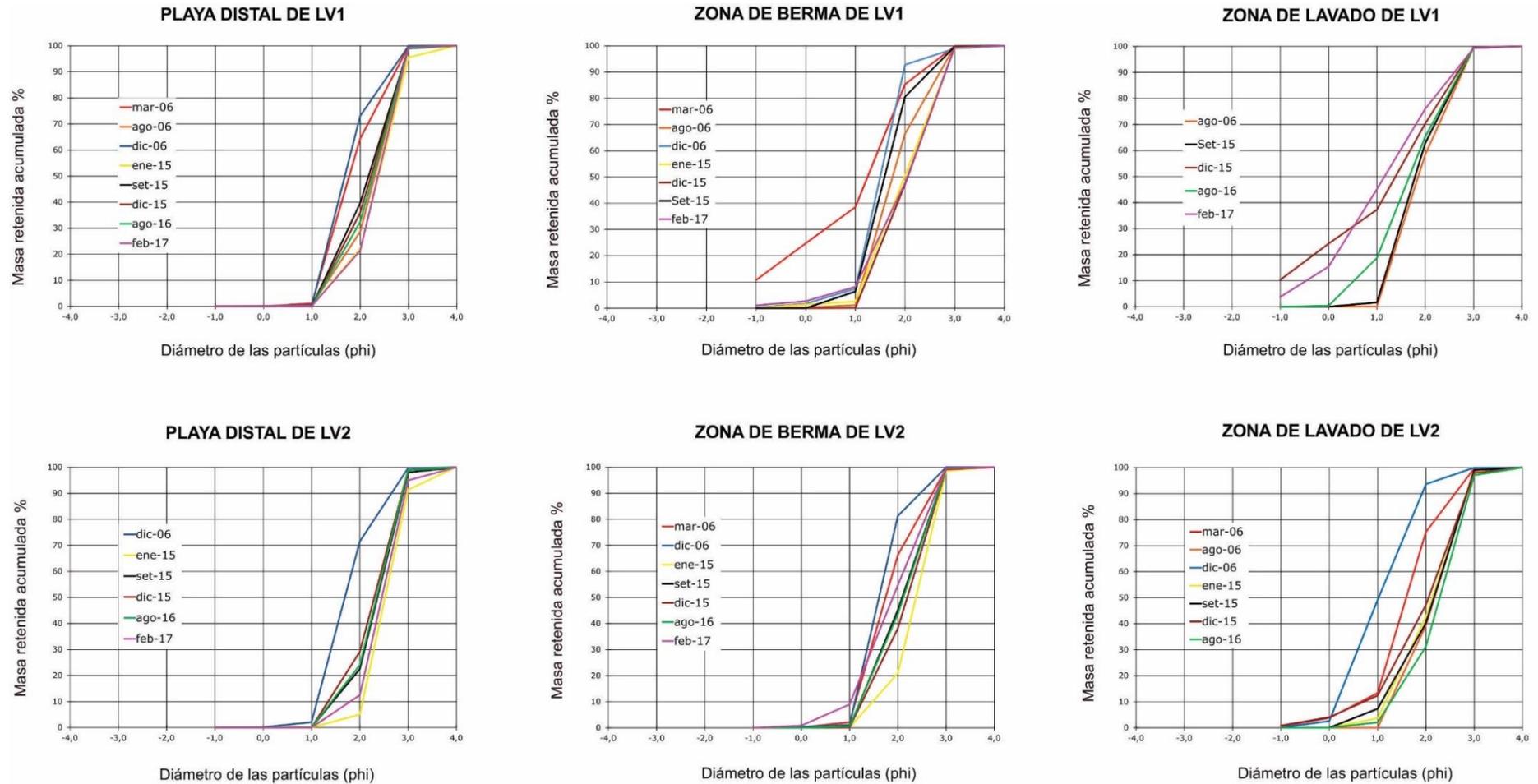
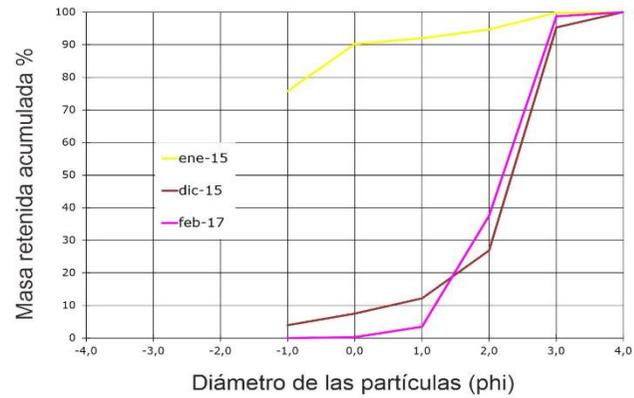
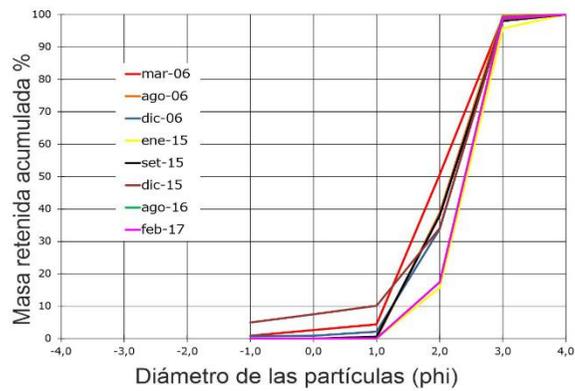


Figura 31. Curvas de frecuencia acumulada por subambiente en perfiles LV1 y LV2 en el periodo 2006-2017. Se incluyen curvas publicadas por Goso & Olivera (2017).

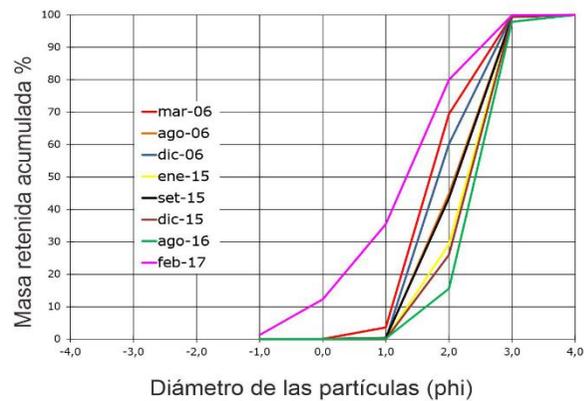
**ROMPIENTE Lv2**



**PLAYA DISTAL LV3**



**ZONA DE BERMA LV3**



**ZONA DE LAVADO LV3**

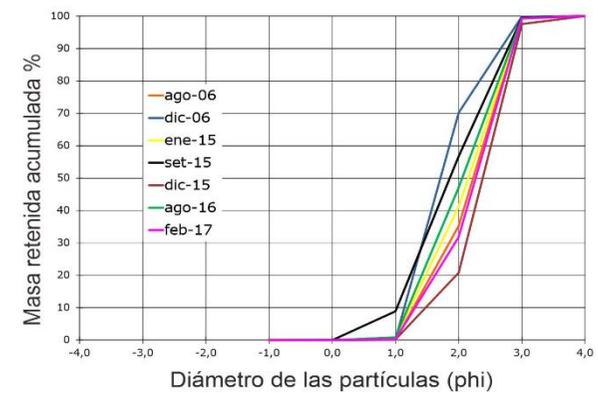


Figura 32. Curvas de frecuencia acumulada por subambiente en perfiles LV2 y LV3 en el periodo 2006-2017. Se incluyen curvas publicadas por Goso & Olivera (2017).

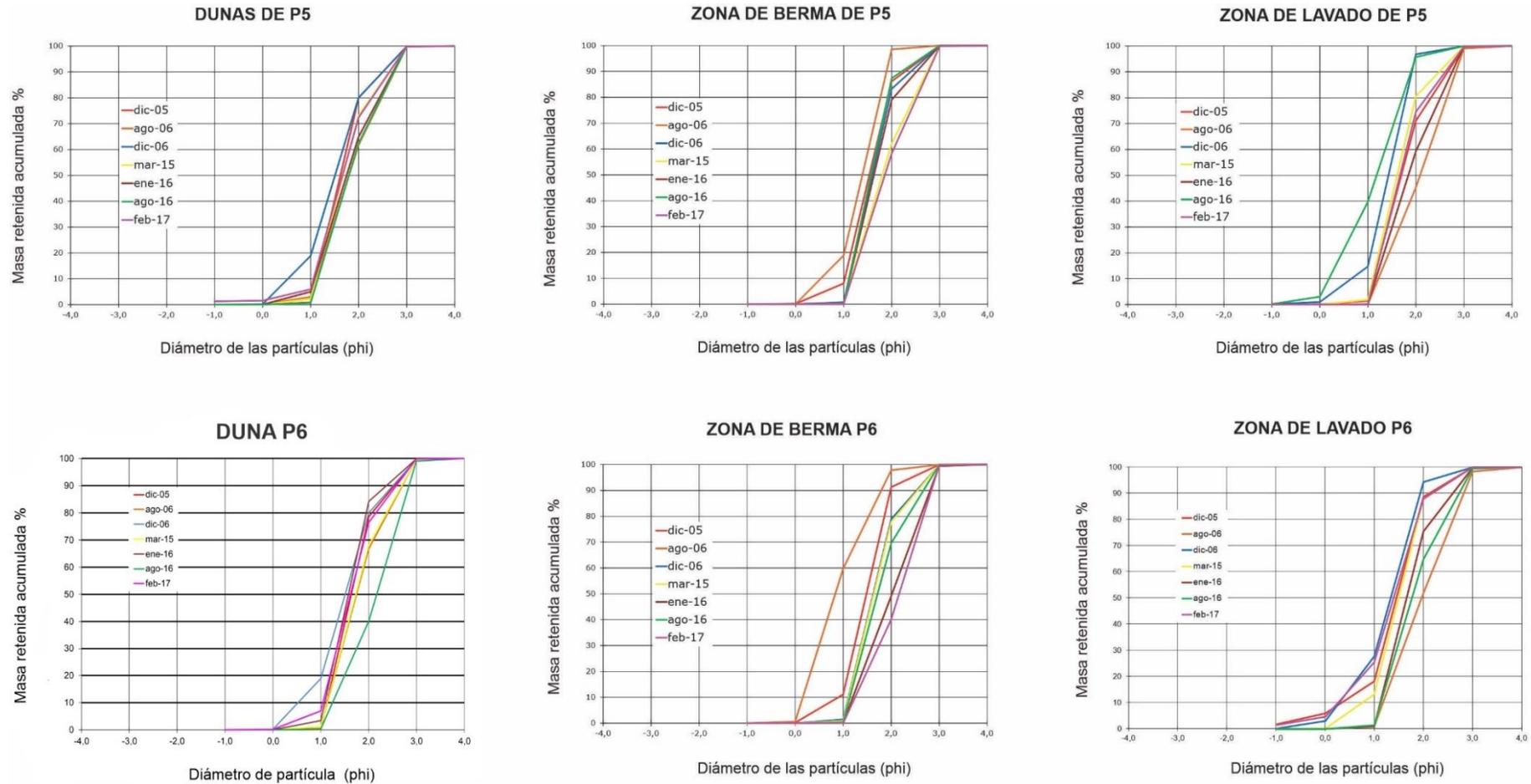


Figura 33. Curvas de frecuencia acumulada por subambiente en perfiles de Parque del Plata en el período 2005-2017.

### **5.3. Perfiles de playa**

Los cambios topográficos ocurridos en Las Vegas en el período 2015-2017 se muestran en las Figuras 34, 35 y 36, y los de Parque del Plata en las Figuras 37 y 38.

Es importante aclarar que, en los perfiles de Las Vegas, por motivos operativos, el acantilado se ha considerado vertical a partir del punto medido en su base. En Parque del Plata, se toma como plano de referencia horizontal el correspondiente a la rambla.

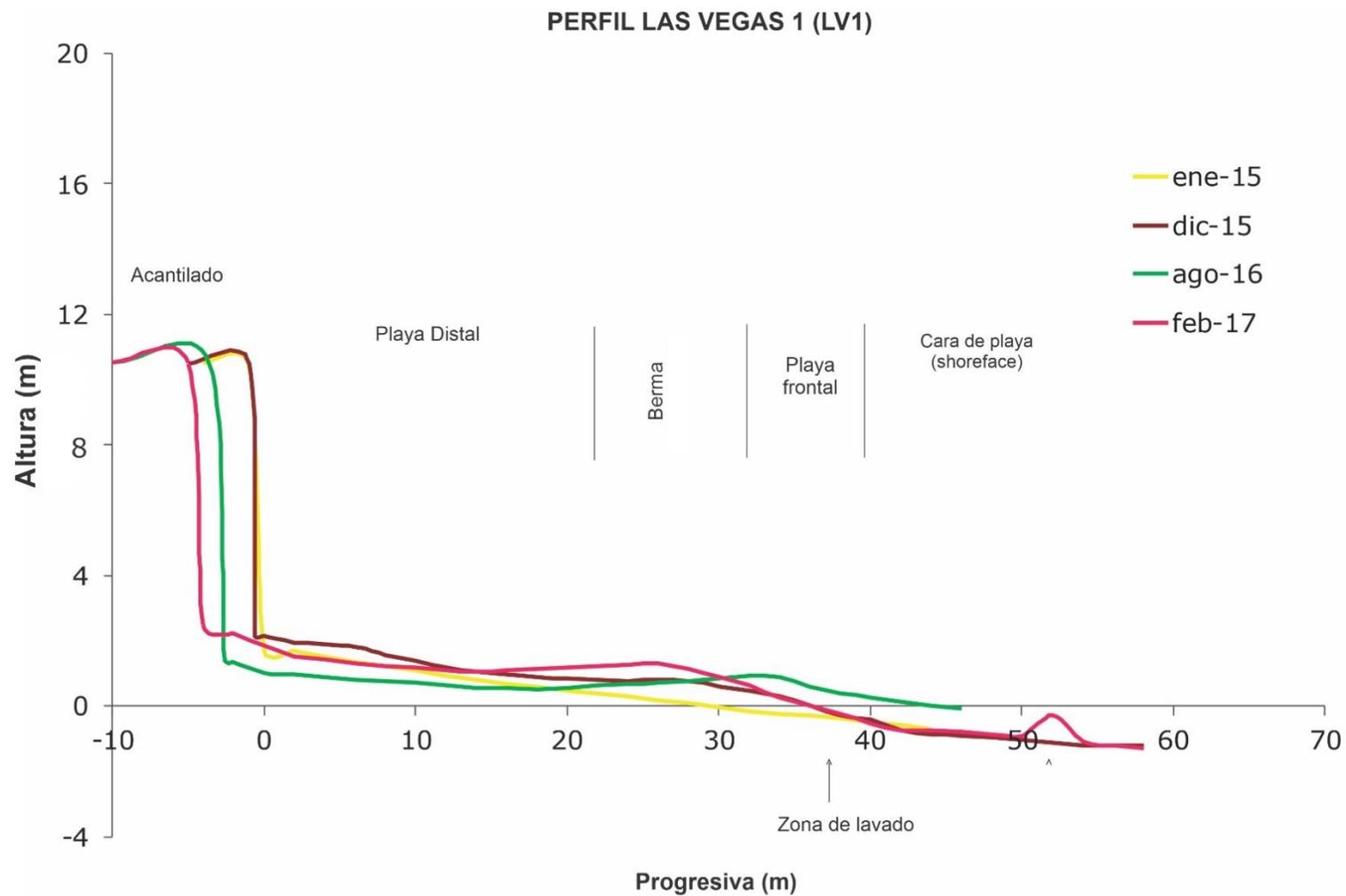


Figura 34. Variaciones de los perfiles de playa en LV1. Se incluyen los perfiles publicados por Goso & Olivera (2017)

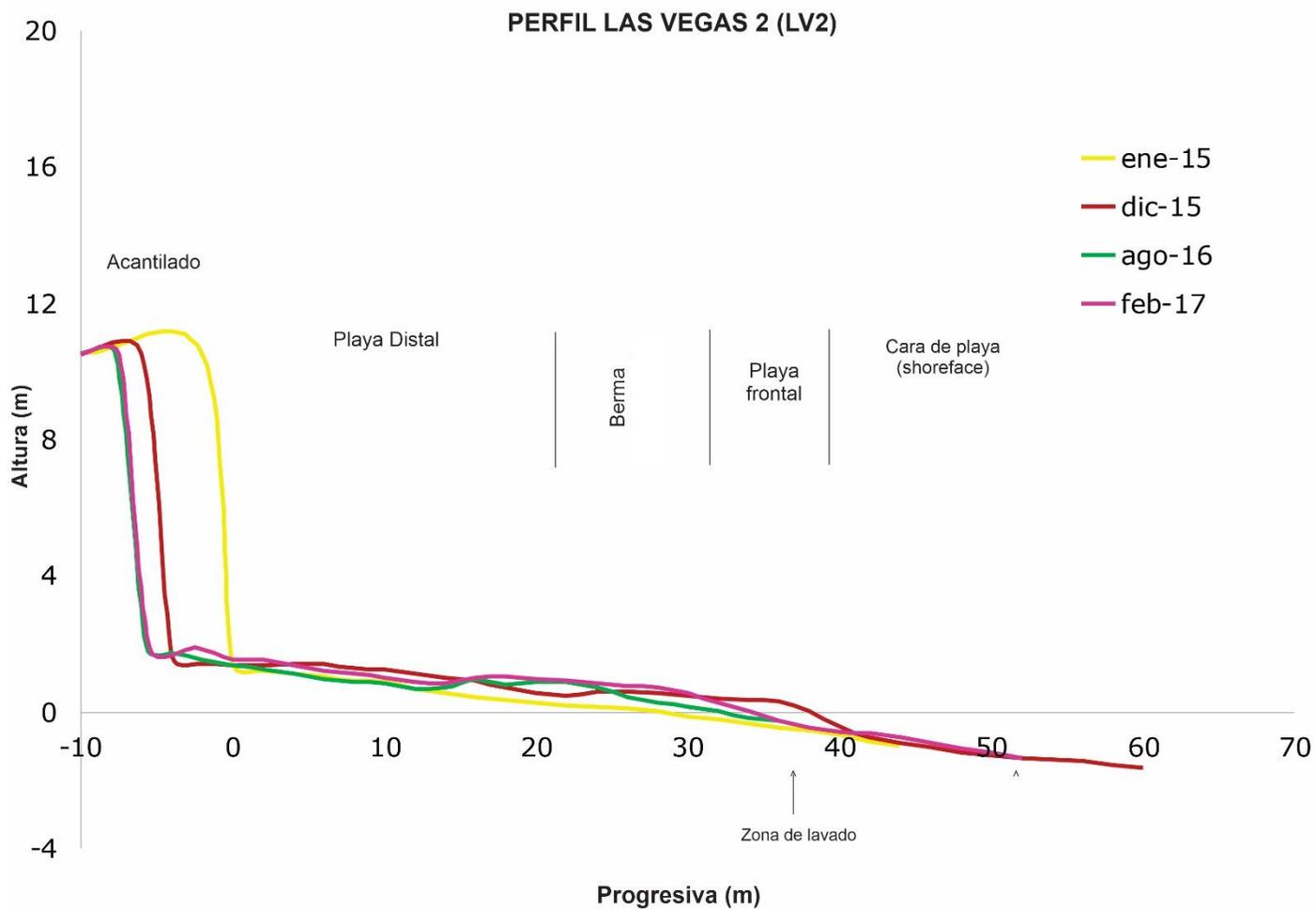


Figura 35. Variaciones de los perfiles de playa en el LV2. Se incluyen los perfiles publicados por Goso & Olivera (2017)

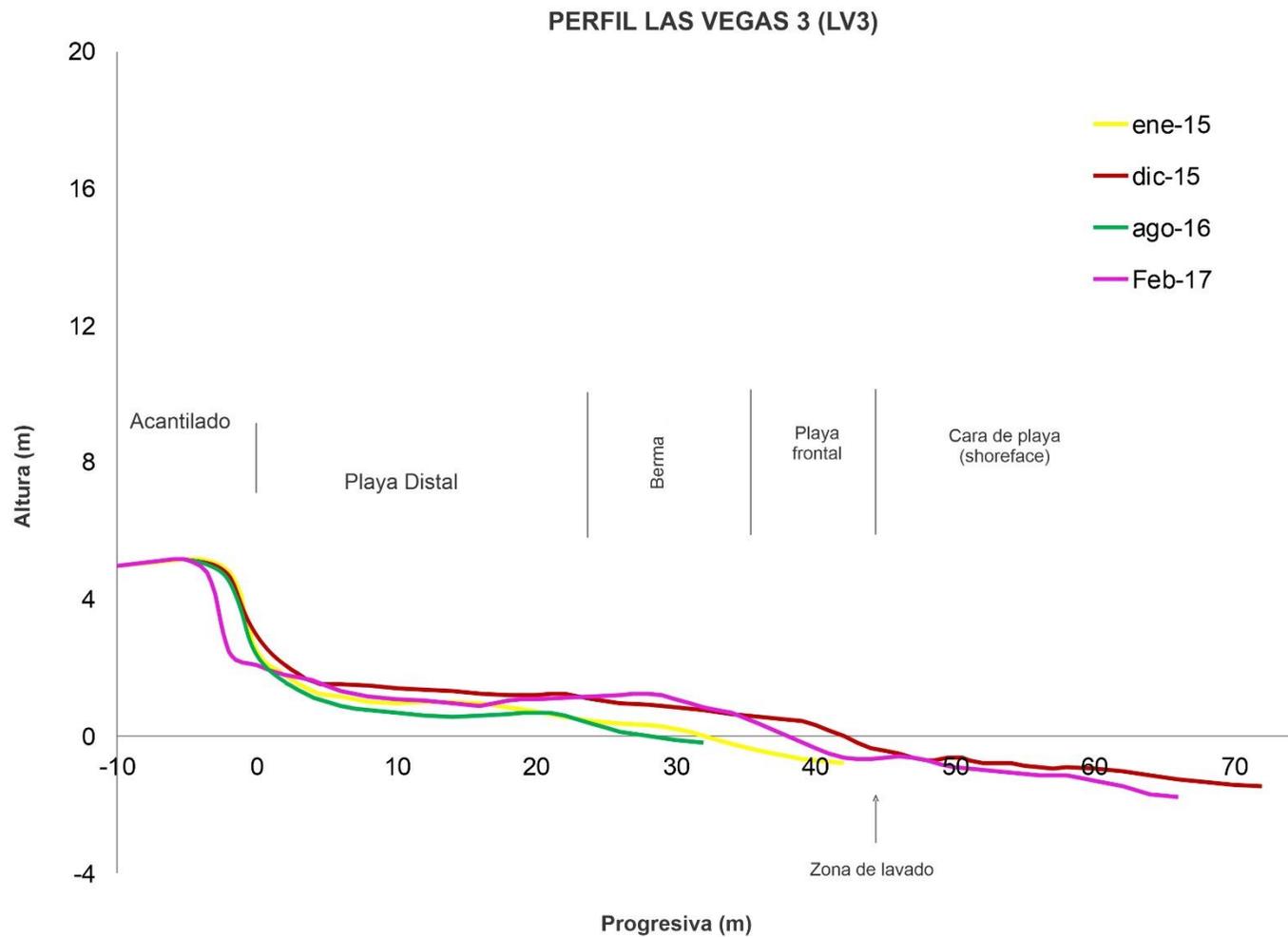


Figura 36. Variaciones de los perfiles de playa en LV3. Se incluyen los perfiles publicados por Goso & Olivera (2017)

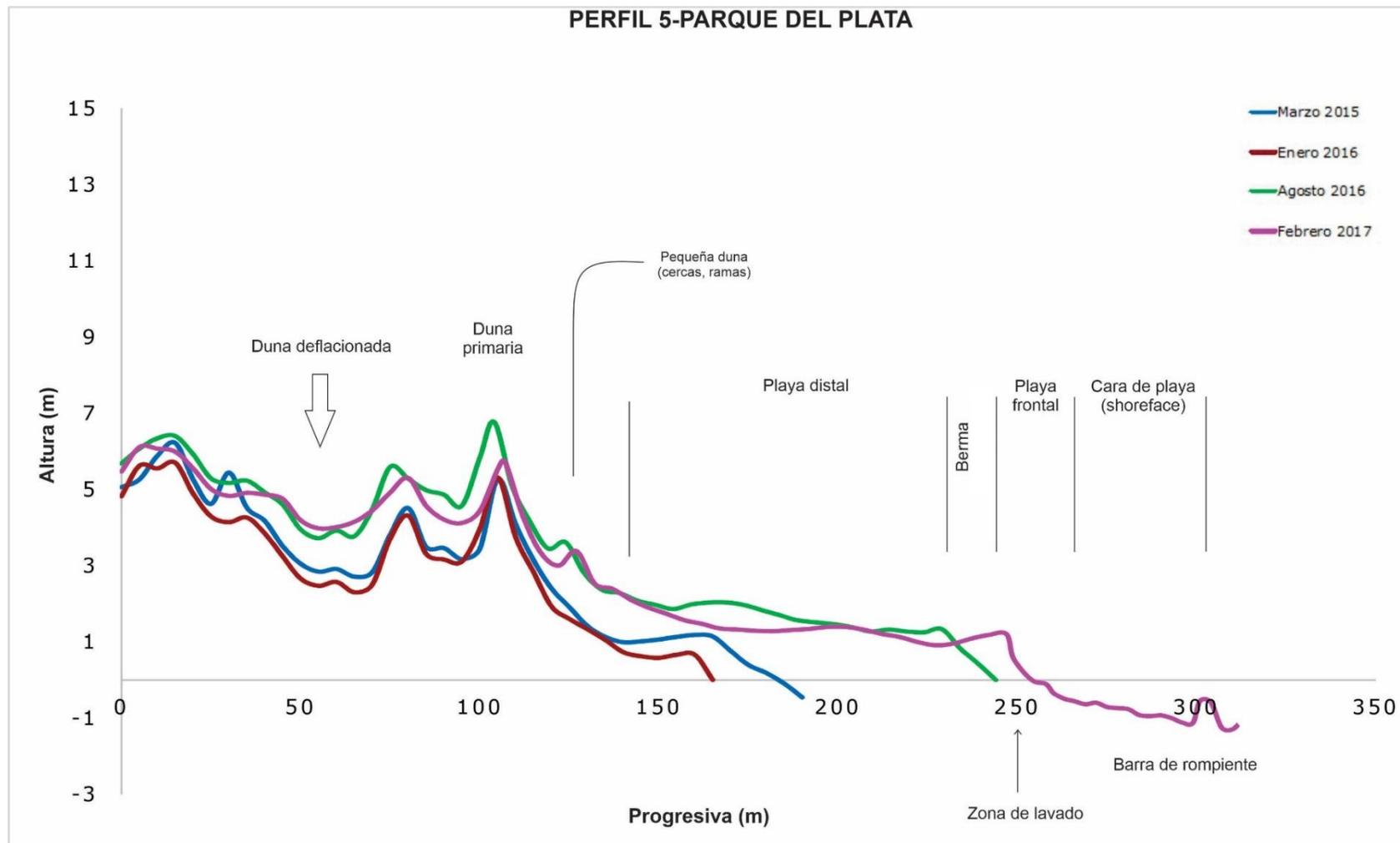


Figura 37. Perfiles de playa de Parque del Plata en el período 2015-2017

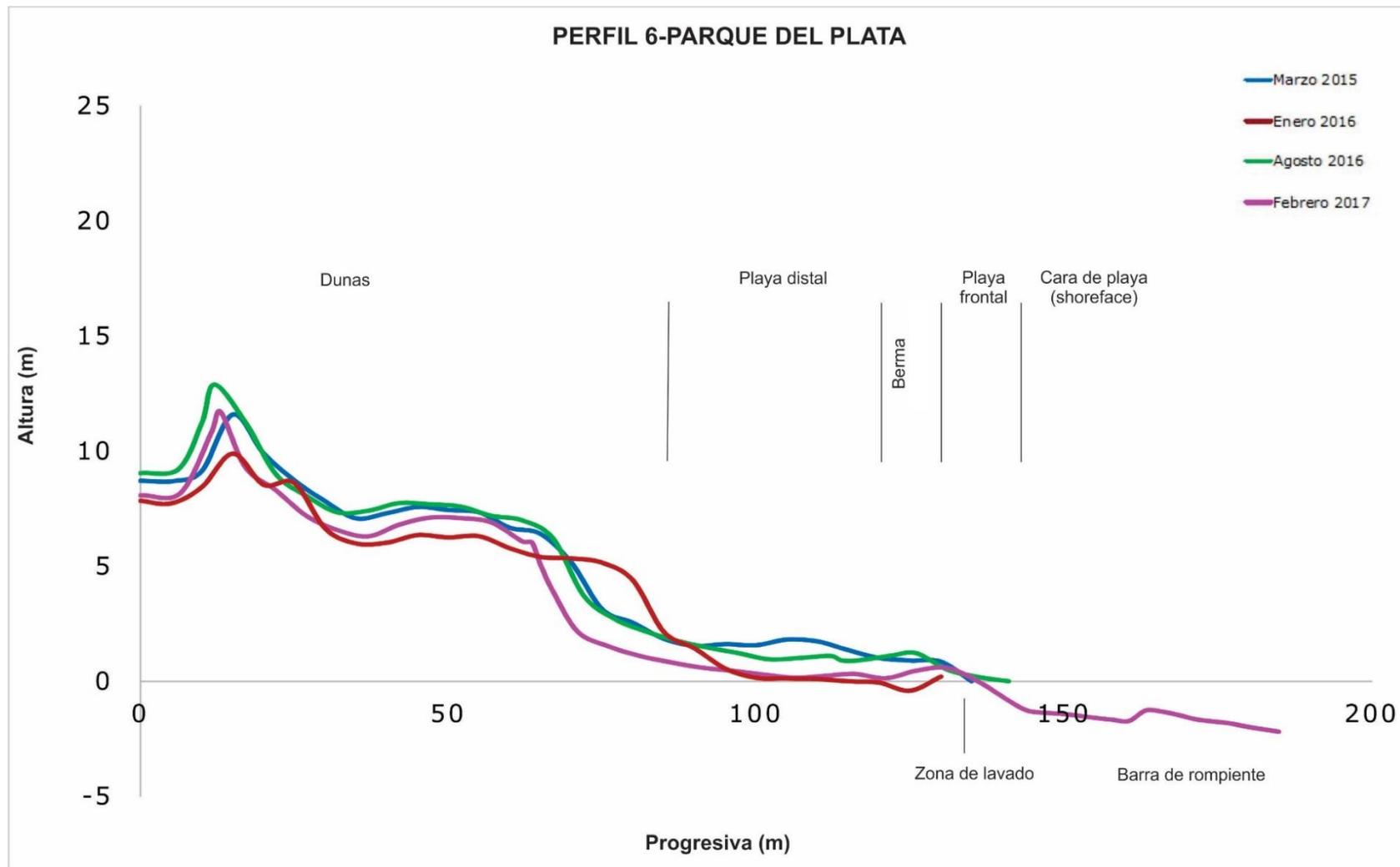


Figura 38. Perfiles de playa de Parque del Plata en el período 2015-2017

## **5.4. Evolución geomorfológica**

### **Imágenes satelitales de Las Vegas y Parque del Plata**

Las Figuras 39 y 40 muestran una serie de imágenes satelitales *Google Earth* de la playa Las Vegas y Parque del Plata, respectivamente, tomadas en el período 2006-2017. Las líneas fucsias representan el perfil de playa. En el caso de Las Vegas, la línea fucsia paralela a la costa es el borde sur la rambla Dr. Adolfo Perea.

En la Tabla 6, se muestran las medidas de retroceso del acantilado tomadas en el marco de este trabajo y, en la Tabla 8, las velocidades de retroceso calculadas para el período 2015-2017.

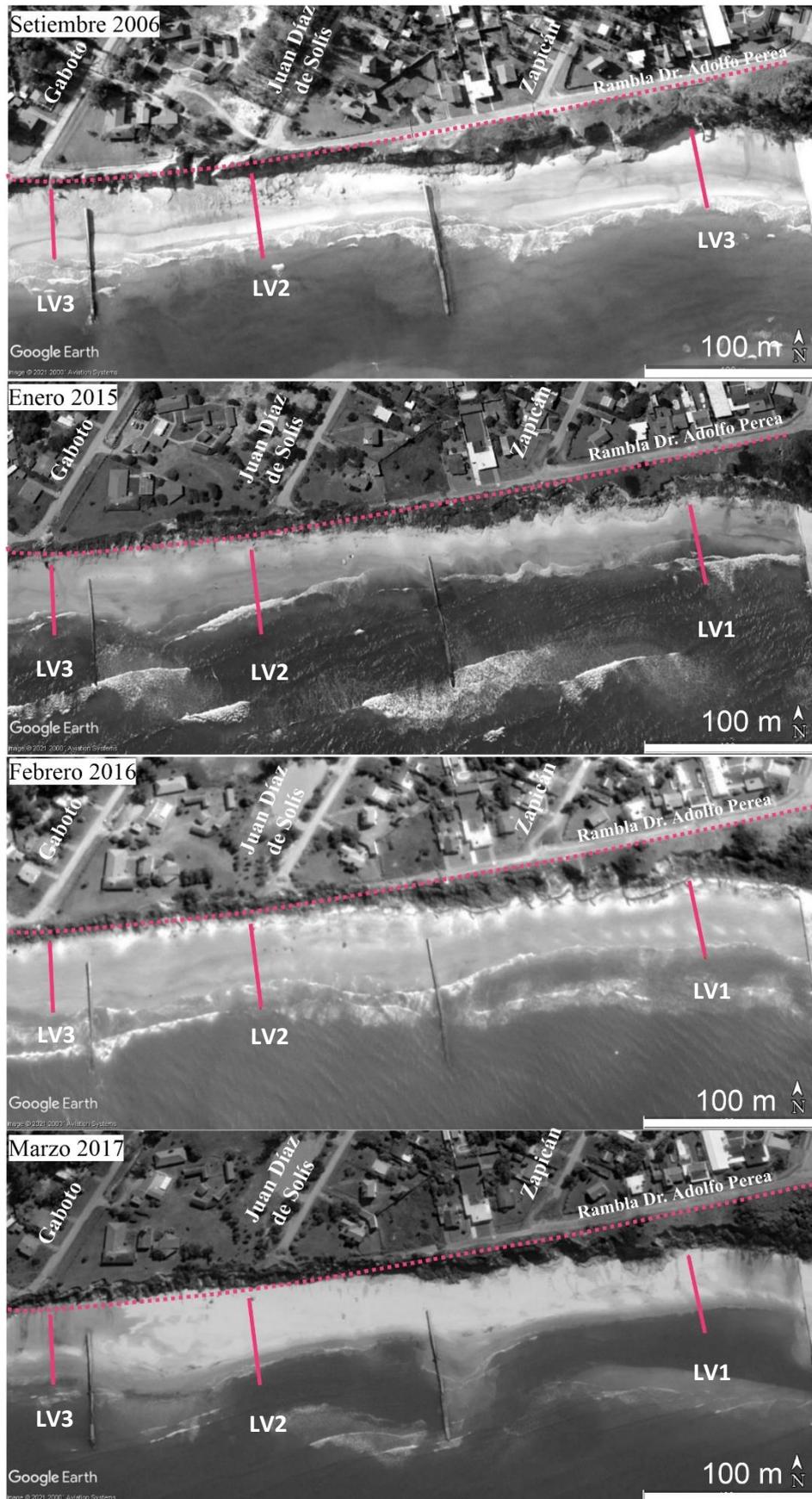


Figura 39. Imágenes satelitales de Las Vegas en el período 2006-2017. La línea de referencia es la de color fucsia que representa el límite Sur de la rambla

### **Rangos de retroceso del acantilado**

Como forma de conocer la erosión en el acantilado, se presentan en la Tabla 6 las mediciones de distancias a puntos fijos (espigones) desde el pie del acantilado. Con estas medidas se pudo conocer la velocidad de retroceso del acantilado en los diferentes sectores en el período 2015-2017 (Tabla 7).

*Tabla 6. Distancias entre el extremo del espigón y el borde del acantilado. Se incluyen los valores publicados por Goso & Olivera (2017).*

<b>Fecha</b>	<b>Distancia espigón 6 (m)</b>	<b>Distancia espigón 7 (m)</b>	<b>Distancia espigón 8 (m)</b>
21/01/2015	1,90	18,80	17,60
29/12/2015		21,30	18,00
18/08/2016	2,34	23,10	19,20
21/02/2017	----	18,70	20,20

*Tabla 7. Velocidades de retroceso del acantilado en el período 2015-2017*

<b>Espigón 6 (m/año)</b>	<b>Espigón 7 (m/año)</b>	<b>Espigón 8 (W) (m/año)</b>
0,28	2,74	1,25

*Tabla 8. Volúmenes anuales calculados de sedimentos erosionados según distintas fuentes y datos propios en Las Vegas*

<b>Período</b>	<b>Volúmen m<sup>3</sup>/año</b>
1995-2017	1000
1995-2006	3300
2006-2012	2580
2006-2017	1600
2015-2017	3500

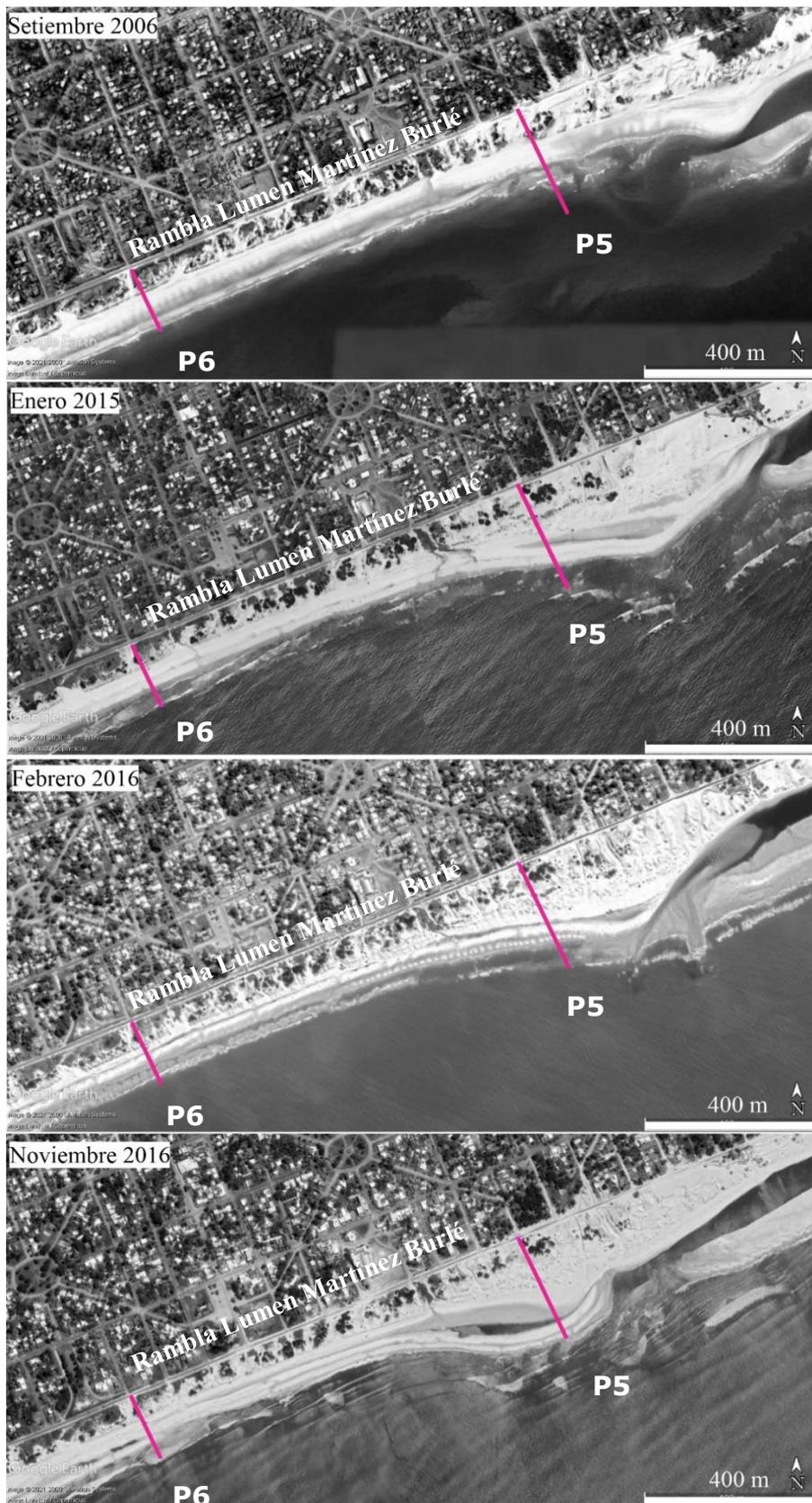


Figura 40. Secuencia de imágenes satelitales Google Earth en el período 2006-2016. La línea fucsia indica la ubicación y extensión del perfil P5 y P6 en el último relevamiento de 2017. Nótese la variación de la extensión del perfil en el sector.

## 6. DISCUSIONES

### 6.1. Análisis composicional, textural y granulométrico

#### 6.1.1. Las Vegas

A partir del análisis de muestras con lupa binocular, se obtiene que, en el área de Las Vegas, predominan las arenas cuarzosas con bajos porcentajes de feldespatos y fragmentos líticos en el período 2015-2017 (Tabla 4). Es de destacar que ocurre en la zona distal de LV1, un aumento en la cantidad de minerales opacos en febrero de 2017 (Figura 28b). Posiblemente, en los momentos de mayor energía del medio, cuando el oleaje alcanza la zona distal, erosiona los minerales de menor densidad, quedando en la zona mayores concentraciones de minerales densos, los que se mantienen en el sector, tal como fue sugerido por Frihy et. al., (1995) para los estudios de la costa del Delta del Nilo.

Las descripciones con lupa binocular nos indica que los clastos de la playa distal, berma, zona de lavado, y rompiente varían entre formas subangulosos a muy redondeadas (Anexo I, ítem a). Esto es una característica común a todos los subambientes en el período estudiado.

El análisis estadístico 2015-2017 muestra la distribución de la granulometría de la playa Las Vegas (Tabla 5). La misma se caracteriza por una variación de arenas medias a finas, bien a moderadamente bien seleccionadas, desde la rompiente hasta el pie del acantilado. En la playa distal predominan las arenas finas ( $Mz=2,21\phi$ ) moderadamente bien seleccionadas ( $\sigma_1=0,63$ ), mientras que, en la berma y zona de lavado, aparecen mayormente arenas medias ( $1,76\phi$  y  $1,74\phi$ , respectivamente) con selección que fluctúa entre  $0,46\phi$  y  $0,74\phi$  en el primero, y  $0,53\phi$  y  $0,96\phi$  en el segundo, mostrando la variabilidad de este parámetro en estos subambientes. Asimismo, se observan arenas medias en el Este de la playa, quedando las finas hacia el Oeste de la misma (Anexo IIa). Esto puede atribuirse a la existencia de espigones, que son los que retienen las granulometrías mayores, depositándose las más finas en el sentido de la deriva.

Las variaciones en la berma y zona de lavado, quedan demostradas en las curvas de frecuencia acumulada (Figura 31 y 32), así como la predominancia de arenas finas en la playa distal en el período de estudio. Este sector se encuentra bajo influencia de la marea y el oleaje, por lo que estos cambios se atribuyen a la acción de las mismas. Por ejemplo, la aparición de granulometrías gruesas en la rompiente de LV2 en enero de 2015 (Figura 28g), puede atribuirse a un aumento de la velocidad del viento en los días previos al relevamiento. Los datos del INUMET indican que el 19 de enero de ese año, predominaron vientos provenientes del S-SW de 35 km/h. Estas velocidades se mantienen el día 20 de enero, previo al relevamiento de campo.

Los resultados indican una predominancia de las asimetrías negativas en el período 2015-2017 (Anexo II, ítem b). Esto puede deberse a que en playas erosivas (o con erosión antrópica inducida), al aumentar la energía del oleaje (peor selección del medio de transporte), se eliminan las granulometrías más finas y existe un mayor tenor de sedimentos gruesos. Es decir, el medio de transporte presenta menor saturación en sedimentos finos por lo que toma la mayor cantidad de sedimentos finos de la playa, predominando las asimetrías negativas, tal como lo sugiere Marcomini & López (1997). Una respuesta sedimentaria a la existencia de espigones, es la subsaturación de sedimentos lo que puede verse reflejado en estos resultados.

Considerando datos publicados por Goso & Olivera (2017) (Anexo II, ítem b), puede verse que los mayores valores de selección (tendencia a selección más pobre) ocurren en la playa frontal, lo que es atribuible a la misma causa que se mencionó anteriormente. La granulometría muestra una variación, ya que en la playa distal en 2006 aparecen arenas medias (Figura 31 y 32; Anexo II, ítem b). Estas variaciones puntuales de granulometría, pueden atribuirse a aportes por derrumbe de los acantilados. Cabe destacar que la Intendencia de Canelones en ocasiones ha retirado la arena que invade la rambla de Parque del Plata, y la ha depositado en la playa Las Vegas desde el acantilado, lo que circunstancialmente pudo haber contribuido a la presencia de arenas medias allí, tal como fue mencionado por Goso & Olivera (2017). Las asimetrías predominan en valores negativos, no mostrando variaciones significativas con las obtenidas más recientemente.

Antecedentes del área (Goso 2011; Goso et al., 2014; Goso & Olivera, 2017), establecen que, desde la zona de lavado al pie del acantilado, las arenas varían desde medias a finas, bi a unimodales, y desde pobres a moderadamente bien seleccionadas. Del análisis estadístico y de las observaciones de campo, se constata que en el período 2006-2017, la playa mantiene las mismas características. Asimismo, Missimer et al. (2019), determina un valor de media correspondiente a arena fina en el sector Oeste de Las Vegas, concordante con lo obtenido en este trabajo.

Considerando lo anterior, para evaluar cambios sedimentarios en largos períodos de tiempo, debe estudiarse la playa distal, ya que la playa frontal indicará la energía del oleaje precedente a los relevamientos.

### **6.1.2. Parque del Plata**

A partir del análisis con lupa binocular, se obtiene que, en el área de Las Vegas, predominan las arenas cuarzosas con bajos porcentajes de feldespatos y fragmentos líticos en el período 2015-2017 (Tabla 4, Figuras 29 y 30), con clastos de las dunas, berma, y zona de lavado varían entre formas subangulosas muy redondeadas, manteniéndose homogéneas estas características en todos los subambientes.

Los porcentajes de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos determinados por Missimer et al., (2019) muestran que, en las playas, predominan porcentajes de cuarzo por encima del 75%. La diferencia respecto a este trabajo se explica por el grado de detalle en la que se realiza la identificación y la metodología utilizada. Asimismo, la diferencia de proporción entre minerales es concordante, dado que siempre predomina el cuarzo sobre los otros minerales, y los líticos son más abundantes que el feldespato en la zona de lavado.

El tamaño granulométrico de los distintos subambientes de Parque del Plata indica el predominio de arenas medias en toda la playa en el período 2015-2017, no existiendo variaciones significativas dentro del período. La selección es moderadamente buena, y predominan las asimetrías positivas en el período 2015-2017. Los valores de Media obtenidos corresponden a  $1,77\phi$ ,  $1,84\phi$  y  $1,58\phi$  para dunas, berma y zona de lavado, respectivamente. Este valor

considera todas las medias de subambiente sin discriminar por perfiles. El rango de variación del desvío estándar (0,43-0,74 $\phi$ ) indica arenas bien seleccionadas a moderadas, pero en el total de los muestreos, predominan las moderadamente bien seleccionadas (promedio=0,56 $\phi$ ) (Tabla 5, Anexo II ítem b). Asimismo, las variaciones de las diferentes poblaciones granulométricas ocurren en la zona de berma y zona de lavado (Figura 33), atribuibles a la acción constante del oleaje.

Las asimetrías indican valores positivos en este período. Esto puede ocurrir dado que, en playas naturales, existe saturación de sedimentos, por lo que, cuando ocurren aumentos de energía del oleaje (peor selección), no se pierde tanta cantidad de sedimentos finos, predominando las poblaciones simétricas positivas, tal como lo sugiere Marcomini & López (1997).

Considerando lo anterior, y teniendo en cuenta los parámetros calculados para períodos anteriores (Anexo II, ítem b y c), se obtiene que, para el período de tiempo 2006-2017, no existen variaciones significativas (Medias corresponden a 1,74 $\phi$ , 1,66 $\phi$ , 1,62 $\phi$  en duna, berma y zona de lavado, respectivamente. El desvío estándar promedio en este período no muestra cambios manteniéndose el mismo valor (0,55 $\phi$ ). Las asimetrías se mantienen positivas con un valor cercano a cero.

Los resultados obtenidos para la playa Parque del Plata son concordantes con los publicados por Goso (2011), Goso et. al., (2014), por lo que las arenas medias, cuarzosas, unimodales y moderadamente bien seleccionadas son características de esta playa y se mantienen en el tiempo.

Missimer et al., (2019), establece un valor de media de 1,88 en un sector cercano al P5 (1,84 $\phi$  en la playa y 1,90 $\phi$  en la duna), valor similar al obtenido en este trabajo.

## **6.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO**

### **6.2.1. Las Vegas**

Del análisis de los relevamientos topográficos de playa Las Vegas (Figura 34, 35 y 36) se obtiene que LV1, LV2 y LV3 muestran mínimas variaciones en el período 2015-2017. En el primer relevamiento la playa es un plano inclinado y en los siguientes perfiles existen fluctuaciones en la altura de la berma. El perfil rectilíneo de enero de 2015, podría estar indicando el resultado de la acción de un evento meteorológico. Durante los mismos, el material de la playa frontal es movilizado a la playa sumergida formando barras (en este caso no detectadas), las cuales permanecen estables durante algunos días. Cuando el oleaje se normaliza, esa arena es devuelta a la playa y se forma la berma, que en este caso es pequeña, a causa de la subsaturación de sedimentos en la playa.

Los perfiles elaborados en LV2 por Goso et al., (2014) en el período 2005-2009 (verano y otoño) (Figura 11), son rectilíneos similares a los de enero 2015. Considerando esto, y teniendo en cuenta el análisis de los perfiles 2015-2017, se puede afirmar que la playa se encuentra en constante estado de cambio, por lo que no se puede establecer una relación respecto al período estacional. La zona de berma y zona de lavado, son las que mejor reflejan las variaciones energéticas del medio.

De acuerdo a estos perfiles, el retroceso del acantilado corresponde a 4 metros en LV1, 5 metros en LV2 y 2 metros en LV3, en el período enero 2015-febrero 2017 (Figuras 34, 35 y 36). La presencia de restos de troncos, escombros de diversos tamaños y derrumbes condicionan la forma del perfil en el pie del acantilado.

Del relevamiento de distancias espigón-acantilado, se obtiene que el mayor retroceso ocurre en el tramo frente al espigón 7 (Tabla 7). El mismo corresponde a 4,3 metros en el período enero 2015-agosto 2016, lo que equivale a una velocidad promedio de retroceso de 2,74 m/año en ese período (Tabla 8). No se toma en cuenta para este cálculo la medida tomada en el último relevamiento dado que no es consistente con la secuencia. La presencia de derrumbes en el sector altera la distancia real entre los puntos de referencia.

Las medidas tomadas respecto al espigón 8 (Tabla 6), indican un retroceso de 2,6 metros en el período 2015-2017, lo que corresponde a una velocidad promedio de 1,25 m/año en ese período (Tabla 7).

El retroceso brusco de 1 metro en LV3 en el período agosto de 2016-febrero de 2017 en LV1 puede atribuirse al ciclón extra tropical ocurrido el 27 de octubre de 2016, en el cual los vientos más fuertes registrados superaron los 100 km/h provenientes desde el S-SW, provocando elevaciones del nivel del mar de 3,12 metros sobre el cero Wharton. En LV2 posiblemente la existencia de derrumbes haya frenado el impacto directo del oleaje a la base del acantilado en ese momento, por lo que no hubo retroceso medible, y si una alteración de la medida.

Goso et al., (2007) determina una velocidad de 1,1 m/año en el tramo entre los espigones 7 y 8. Por otro lado, Goso & Olivera (2017) calculan velocidades de 1 m/año, y de 0,66 m/año para el espigón 7 y 8, respectivamente. Las velocidades calculadas en el período 2015-2017 son mayores a las establecidas anteriormente, y esto se explica por la acción de probables eventos meteorológico extremos.

Considerando los datos publicados por estos autores, es posible establecer un retroceso de 10,6 metros frente al espigón 7, y de 7,7 metros frente al espigón 8 en el período 2006-2017. Esto equivale a velocidades de 0,96 m/año y 0,73 m/año, respectivamente, siendo valores similares a los calculados por los autores anteriores. Asimismo, para el tramo frente al espigón 6, se obtiene un retroceso de 0,44 metros en un año y siete meses, y esto equivale a una velocidad de retroceso de 0,28 m/año (Tabla 7). Este sector es el que tiene menos mediciones realizadas, ya que es el punto menos afectado por la erosión, por lo que no fue considerado relevante tomar medidas en el pasado. En este trabajo, se tomó en cuenta lo anterior y se realizaron mediciones con el fin de establecer un valor para futuros seguimientos y controles del sector.

La velocidad calculada por Goso (2011), toma como base un retroceso de 12 metros entre 1995 y 2006. Teniendo en cuenta ese valor, las nuevas estimaciones indican retrocesos de 22,6 metros, de 19,7 metros en el lapso de tiempo 1995-2017, en el espigón 7 y 8, respectivamente. Esto equivale a

velocidades de 0,87 m/año en el tramo frente al espigón 7, y 0,75 m/año frente al espigón 8, en ese período. Si bien este es el valor más ajustado y actualizado, debe tenerse en cuenta que, luego de eventos extremos, el retroceso puede ser mayor.

El aumento en las estimaciones de volúmenes de sedimentos perdidos en el acantilado (Tabla 8), indican que la erosión se ha intensificado en el período 2015-2017 estudiado.

Cabe consignar, que en el relevamiento de enero de 2015 se observó expuesta la plataforma constituida por los sedimentos pelíticos marrones de la Formación Libertad en la base del acantilado evidenciando el déficit de arena en el sector. En agosto de 2016 y febrero de 2017, se expone en algunos sectores de la base del acantilado un escarpe conformado por sedimentos arcillosos de coloración verdosa fosilíferos atribuibles a la Formación Chuy.

Los sectores más afectados por el retroceso del acantilado continúan siendo los predios que se encuentran en el tramo frente a los espigones 7 y 8 (sector comprendido entre las calles Gaboto y Zapicán), tal como fue documentado por Goso (2011), Goso et al., (2014) y Goso & Olivera (2017), manteniéndose aún esta problemática (Figura 39).

La playa distal erosionada, la exposición de la plataforma y el retroceso del acantilado dejan en evidencia el grado de vulnerabilidad que tiene este sector costero.

### **6.2.2. Parque del Plata**

En Parque del Plata, ocurren procesos diferentes a los de Las Vegas. La Figura 37 muestra algunas variaciones ocurridas en el sector de P5 (al Este de la playa). En marzo de 2015 se ha desarrollado un perfil de 180 metros hasta el agua, el cual disminuye en enero de 2016 en aproximadamente 15 metros en la horizontal, siendo estos los menores anchos de playa del período. En el mes de agosto de 2016 la extensión es de aproximadamente 245 metros, la cual aumenta en febrero alcanzando los 262 m. Puede constatarse además la formación y estabilidad de la berma en el tiempo.

En P5, la playa muestra una elevación en la vertical de más de un metro a lo largo del perfil, entre los dos primeros relevamientos y los últimos. Este perfil se encuentra próximo a la desembocadura del arroyo Solís Chico. Si se observa la imagen 40, pueden constatar las modificaciones en la extensión de la playa concordantes con la dinámica de la desembocadura. La mayor extensión del perfil provoca la formación de un área considerable de playa seca, lo que favorece, a su vez, la disponibilidad de grandes volúmenes de arena para que el viento pueda transportar hacia la duna y sector de rambla. De esto se deduce que la dinámica de la desembocadura influye tanto en la extensión del perfil como en la disponibilidad de sedimentos.

El campo de dunas tiene un ancho aproximado de 120 m en este perfil, y presenta figuras de voladura por deflación en la zona central. La duna primaria alcanza los 7 metros de altitud en el último relevamiento, a causa de su acreción por la mayor disponibilidad de sedimentos mencionadas anteriormente.

En el caso de P6 (Figura 38) los perfiles muestran fluctuaciones en la vertical. De marzo 2015 a diciembre de 2016 el sector se erosiona, hacia agosto aumenta su espesor y luego vuelve a erosionarse. En cuanto a la extensión de las transectas, las mismas se mantienen relativamente similares. El campo de dunas tiene un ancho de 70 m aproximadamente y alcanzan los 13 m de altura.

Si se compara con lo presentado por Goso et al. (2014) (Figura 16), se constata diferencias en la forma de la duna provocadas posiblemente por una extracción de arena.

En la Figura 40 se pueden identificar los sectores en donde se generan los mayores problemas de sedimentación dunar. Estos sectores se corresponden con los referidos por Goso (2011) y Goso et. al., (2014). Puede observarse que, a medida que la desembocadura migra, los puntos en donde ocurre sedimentación dunar en la rambla van cambiando. Esto ocurre porque genera playas más extensas y, por lo tanto, hay mayores volúmenes de arena disponibles para ser transportados.

Si se considera un período de tiempo mayor (Figura 40), puede observarse que en el año 2006 ocurrió una importante sedimentación de dunas en la zona Este

de la playa, en donde la arena alcanzó hasta la mitad de la manzana del sector. En esa imagen se observa que aproximadamente 700 metros de rambla están invadidas por la arena dunar. Asimismo, existen otros sectores aislados al Oeste que también son afectados, pero en menor proporción. En esta zona, fueron instaladas una serie de cercas captoras oblicuas y paralelas a la línea de costa, las cuales se utilizan como medida de mitigación. El campo dunar en el sector Este carece de vegetación, por lo que sus arenas son susceptibles a ser movilizadas. Esta carencia se ha mantenido en el tiempo, y se acompaña de una pérdida de áreas verdes al Este, en el margen del arroyo Solís Chico.

Las medidas de manejo de la problemática dunar implementadas por la Intendencia han sido la instalación de cercas captoras (maderas, malla sombrite), que no han sido sostenidas en el tiempo. Si bien se ha podido observar su efectividad es necesario tener un plan de gestión continuo en el tiempo. Otra acción implementada por el gobierno local ha sido la construcción de pasarelas elevadas para la llegada de las personas a la playa. Esto si bien permite el tránsito de arenas eólicas por debajo, a la luz de los resultados obtenidos deberían construirse las mismas más elevadas, ya que en buena medida han sido cubiertas por los sedimentos eólicos.

Por otro lado, en el sector Oeste, se observan pequeñas variaciones del ancho de la playa y el desarrollo de las bermas de alta pendiente ya mencionadas. Otra característica observada en el campo dunar, es una disminución de la vegetación por aparición de senderos peatonales. Para mitigar los impactos que generan estos caminos, se han construido pasarelas de madera. Las mismas, no solo evitan la pérdida de vegetación, sino que también permiten el libre tránsito de sedimentos sin alterar el sistema. Por último, otro elemento que también afecta el perfil de playa son los desagües ya que potencian la erosión.

Dada la presencia urbana y la intensa actividad turística que tiene esta playa, se debe realizar un "Plan de Manejo Dunar" adaptado y persistente en el tiempo, particularmente en el sector de la desembocadura del arroyo Solís Chico, al estar sometido a modificaciones permanentes.

### **6.3. SECTOR: LAS VEGAS-PARQUE DEL PLATA**

En el sector costero Las Vegas-Parque del Plata ocurren dos problemáticas claramente diferenciadas, erosión en la primera y sedimentación dunar en la segunda. Ambas se limitan con el arroyo Solís Chico. Por fotointerpretación, se sabe que la desembocadura ha migrado hacia el Oeste, condicionando la dinámica del sector. Posiblemente si la desembocadura del arroyo migrara al Este por un cambio en la deriva, el proceso de erosión en Las Vegas se detendría, ya que habría mayor disponibilidad de sedimentos.

Ambas playas tienen predominancia de arenas medias en todos los subambientes, a excepción de la playa distal de Las Vegas, en la cual predominan las arenas finas.

Las asimetrías indican valores negativos y positivos al Este y Oeste del arroyo Solís Chico, respectivamente. Esto puede deberse a la subsaturación y sobresaturación de sedimentos en ambos subsistemas. En Las Vegas, La subsaturación queda en evidencia por el descalce decimétrico variable mostrado por los espigones 7 y 8 (Figura 25).

En este trabajo no fueron cuantificados los volúmenes de arena acrecidos en Parque del Plata, pero si se realizaron estimaciones de volúmenes erosionados en Las Vegas. Quizás, la ganancia de sedimentos en el Oeste del arroyo Solís Chico sea mayor a los erosionados en el Este. Estudios futuros deberían cuantificar los volúmenes de arena acrecidos y erosionados en este sector dinámico, y así determinar el balance sedimentario.

## 7. CONCLUSIONES

La evolución morfosedimentaria del área de estudio está dominada por la erosión y déficit de arena al Este del arroyo Solís Chico, y la sedimentación y sobresaturación de sedimentos al Oeste del mismo.

Las velocidades de retroceso calculadas en el período 2015-2017 son 0,28 m/año, 2,74 m/año y 1,25 m/año, en los tramos frente a los espigones 6, 7 y 8, respectivamente, este aumento del valor se puede explicar por la recurrencia de eventos meteorológicos extremos. Esto demuestra que el sector Este está más estabilizado, atribuible a la presencia de vegetación.

Se vislumbra una tendencia al incremento de las pérdidas de infraestructura vial y en los terrenos privados, a partir del aumento de la tasa de erosión del sector Oeste.

La velocidad de retroceso en el período 2006-2017 corresponde a 0,96 m/año y 0,73 m/año en los espigones 7 y 8, respectivamente.

Las estimaciones de volúmenes de arena perdidos y la velocidad calculada en el último período indica que en Las Vegas la erosión se ha ido incrementando en el período 2015-2017.

El aumento de concentración de minerales opacos en la playa distal de Las Vegas puede estar relacionada con la tasa de erosión y la disminución del tamaño de grano, por lo que el modelo de Frihy & Komar para la costa del Delta del Nilo podría ser aplicable a la costa del Río de la Plata. En los otros subambientes la composición mineralógica no presentó variaciones significativas.

Las arenas finas a medias, cuarzosas, bien a moderadamente bien seleccionadas predominan en el tiempo. Con aumentos de energía aparecen granulometrías más gruesas y disminuye la selección granulométrica, surgiendo pequeñas modificaciones en el porcentaje de cuarzo y feldespato y fragmentos líticos, principalmente en la zona de berma y zona de lavado.

Como se mencionó, existen registros de un cambio de dirección de la deriva litoral de Este a Oeste hace más de medio siglo, lo que podría ser una forzante a la erosión de Las Vegas. Probablemente, con un nuevo cambio de dirección en la corriente, no ocurriría este proceso en la playa.

Los perfiles topográficos han mostrado modificaciones en la playa Las Vegas, evidenciando su comportamiento frente a un aumento de energía del medio y en períodos de calma. Asimismo, en momentos de tormenta se exponen plataformas de abrasión de la Formación Libertad, indicando la degradación extrema del sector dada la escasez de sedimento.

En Parque del Plata no existieron variaciones composicionales significativas en el período 2015-2017 y 2006-2017, manteniéndose predominantemente las arenas medias, cuarzosas, bien a moderadamente bien seleccionadas.

La desembocadura del arroyo Solís Chico condiciona la morfología del sector Este de Parque del Plata. Cuanto mayor es la extensión del perfil, mayor es la disponibilidad de arena, por lo que el perfil muestra acreción. A su vez, esto genera en el sistema un mayor movilidad y sedimentación en la rambla contigua.

El sector Oeste de esta playa se mantiene constante en relación a la forma a lo largo del tiempo (considerando ambos períodos). Las variaciones estarían ocasionadas por acciones antrópicas relacionadas con la gestión dunar.

El relevamiento topográfico de las playas y muestreos a lo largo del tiempo, es una metodología eficiente para conocer los cambios sedimentológicos y morfológicos que tienen estos ambientes costeros.

## **8. CONSIDERACIONES FINALES**

Para comprobar si el modelo de Frihy & Komar (1993) es aplicable a las costas del Río de la Plata, se deberían realizar estudios composicionales en detalle en sectores en donde ocurre erosión y sedimentación, siguiendo la metodología de dichos autores, para poder establecer una relación.

Para determinar un balance sedimentario en el sector de ambas playas, se recomienda realizar perfiles en Parque del Plata a distancias cortas entre sí, para cuantificar volúmenes de arena acrecidos.

Se deben implementar medidas de contención para detener el retroceso del acantilado en Las Vegas, así como también una gestión continua de las dunas en Parque del Plata

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Álvez, C. (2011): Aspectos geomorfológicos de la costa atlántica uruguaya. Trabajo de Grado. Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. 110pp.
- Álvez, C. & Goso, C. (2014): Sedimentación dunar y vulnerabilidad a la erosión en la costa atlántica uruguaya. En: Goso, C. (compilador y revisor): Nuevas miradas a la problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay, Argentina. p. 173-196. DIRAC, Montevideo, Uruguay.
- Andrade, F. & Ferreira, M.A. (2006): A simple method of measuring beach profiles. *Journal of Coastal Research*. 22(4), 995-999. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.
- Antón, D. & Goso, H. (1974): Estado actual sobre el conocimiento del Cuaternario en el Uruguay. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Montevideo. 12pp.
- Bernabeu, A.M.; Medina, R.; Vidal, C. (2002): Efecto de la reflexión sobre la forma de equilibrio del perfil de playa: validación para la costa de la península Ibérica. *Rev. C. & G.*, 16-(1-4), 83-95.
- Bossi, J. (1965): Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, Montevideo. 462 pp.
- Bossi, J. (1966): Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones. Universidad de la República. Montevideo. 411p.
- Bossi, J. & Ferrando, L. (2001): Carta geológica del Uruguay. Escala 1:500.000. V. 2.0. Geo-editores.
- Bossi, J.; Ferrando, L.; Fernández, A.; Elizalde, G.; Morales, H.; Ledesma, J.; Carballo, E.; Medina, E.; Ford, I.; Montaña, J. (1975): Carta Geológica del Uruguay. Escala 1/1.000.000. Edición de los autores, Montevideo.
- Bossi, J.; Ferrando, L.; Montaña, J.; Campal, N.; Morales, H.; Gancio, F.; Schipilov, A.; Sprechmann, P.; Gaucher, C.; Piñeyro, D. (1998): Carta geológica del Uruguay a escala 1/500.000. Geoeditores SRL, Montevideo. 187 pp.
- Bossi, J.; Preciozzi, F.; Campal, N. (1993): Predevoniano del Uruguay. Parte 1: Terreno Piedra Alta. DINAMIGE, Montevideo, pp, 1-50.
- Christofolletti, A. (1980): Geomorfología. Sao Paulo, Edgard Blucher, 2a Edición. pp. 189.

- Defeo, O.; McLachlan, A.; Schowman, D.S.; Schlacher, T.A.; Dugan, J.; Jones, A.; Lastra, M. & Scapini, F. (2009): "Threats to sandy beach ecosystems: A review". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol. 81. p. 1-12.
- Delaney, PJC. (1963): *Fisiografía e Geología de superficie da Planicie Costeira do Rio Grande do Sul*. Tese, Facultad de Filosofia, Ciencias, Letras, Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. "Atlas de cobertura de suelo de Uruguay: cobertura del suelo y detección de cambios 2000-2011". Land cover classification system. Acceso octubre 2019.
- Ferrando, L. & Dasa, M. (1974): Mineralogía de la fracción arcillosa de la Formación Fray Bentos. XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia 2: 3-13. Porto Alegre.
- Frihy, O.E. and Komar, P.D., (1991): Patterns of beach-sand sorting and shoreline erosion on the Nile Delta. *J. Sediment. Petrol.*, 61: 544-550.
- Frihy, O.E. and Komar, P.D., (1993): Long-term shoreline changes and the concentration of heavy minerals in beach sands of the Nile Delta, Egypt. *Mar. Geol.*, 115: 253-261
- Folk, R. L. & Ward W. C. (1957): Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*. 27: 3-26.
- Goñi, JC. & Hoffstetter, R. (1964): Uruguay. *Lexique stratigraphique international, Amérique Latine*. 9a. CNRS, Paris.
- Gómez Rifas, C., (1989): Tectónica Cretácica en Uruguay: Simposio Cretácico de América Latina, IGCP 242: 319-325.
- Goso, C. (2006): Aspectos sedimentológicos y estratigráficos de los depósitos cuaternarios de la costa platense del departamento de Canelones (Uruguay). *Latin American Journal of Sedimentology*, 13(1): 77-89
- Goso, C. (2011): Geología y problemática costera del departamento de Canelones (Uruguay). En: Marcomini & López (comp.): *Problemáticas de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. p. 77-94. Editorial Croquis. Buenos Aires.
- Goso, C.; Faure, J.; Pratto, D.; Barreto, L.; Picchi, D.; Scaglia, F.; Paris, A.; Samaniego, L.; Ubilla, D.; García, G. (2014): Vulnerabilidades geoambientales de la costa del departamento de Canelones. En: Goso, C. (compilador y revisor): *Nuevas miradas a la problemática de los*

- ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay, Argentina. p. 173-196. DIRAC, Montevideo, Uruguay.
- Goso, C.; Goso, H. (2004): Medio ambiente, riesgos geológicos y los registros cenozoicos de Uruguay. Libro: Cuencas Sedimentarias de Uruguay. Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico. p.: 297-314, DIRAC. Fcién, Montevideo, Uruguay
- Goso, H. (1965): El Cenozoico en el Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay. Informe in-terno. 36pp.
- Goso, H.; Bossi, J. (1966): Cenozoico. En Bossi J (1966): Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones. Universidad de la República. Montevideo. 469p.
- Goso, H. & Bossi, J. (1969): Cenozoico. En Bossi J (1969): Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones. Universidad de la República. Montevideo. 469p.
- Goso, C. & Muzio, R. (2006): Geología de la costa uruguaya y sus recursos minerales asociados. En: Menafrá, R.; Rodríguez-Gallego, L.; Scarabino, F. y Conde, D. (eds): Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo, pp. 9-20.
- Goso, C.; Olivera, A. (2017): Evolución morfosedimentaria en playa Las Vegas (Canelones, Uruguay). Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología. N° 20, 3-17.
- Goso, C.; Pratto, D.; Faure, J.; Scaglia, F.; Arballo, V; y Paris, A. (2007): Estudio de dinámica costera en Canelones (Uruguay): primeros resultados. V Congreso Uruguayo de Geología, Resumen. CD Actas. Montevideo.
- Goso, C.; Veroslavsky, G.; Oyhantçabal, P.; Muzio, R. (1990): Memoria explicativa del fotoplano Atlántida a escala 1:100.000. Convenio Dirección Nacional de Minería y Geología-Facultad de Agronomía-Facultad de Humanidades y Ciencias (Montevideo). 12 pp (Inédito).
- IMFIA (2008): Estudio de la zona costera de La Floresta. Informe Final. Convenio Dirección Nacional de Hidrografía. (MTOPI)-Facultad de Ingeniería (UdelaR). Dispone en: 142 pp.
- Jones, G. (1956): Memoria explicativa y mapa geológico de la región oriental del departamento de Canelones. Boletín N° 34, Instituto Geológico del Uruguay, 193pp.

- Komar, P. D. (1976): Beach Processes and sedimentation. New Jersey, Prentice Hall. 429p.
- Komar, P.D. and Wang, C., 1984. Processes of selective grain transport and the formation of placers on beaches. *J. Geol.*, 92: 637-655.
- Krumbein, W.C. & Pettijohn, F.J. (1938): *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Crofts, New York.
- Li, M.Z. and Komar, P.D., (1992): Longshore grain sorting and beach placer formation adjacent to the Columbia River. *J. Sediment. Petrol.*, 62: 429-441.
- López Laborde, J. (1999): Sand deposits of the outer Río de la Plata and adjacent continental shelf. En: Martins, L. & Santana, C. (eds): Non living resources of the southern Brazilian coastal zone and continental margin. IOC-UNESCO, pp. 80-91.
- Marcomini, S.; López, R. (2014): Geología y manejo costero. Editorial Universitaria de Buenos Aires 1ª edición., Buenos Aires: 92 pp.
- Martínez S, Ubilla M, Verde M, Perea D, Rojas A, Guérequiz R & Piñeiro G (2001): Paleo-ecology and Geochronology of Uruguayan coastal marine Pleistocene deposits. *Quaternary Research* 55, 246-254.
- Martínez, S; Ubilla, M. (2004): El cuaternario en Uruguay: En Cuencas sedimentarias del Uruguay. Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico. Capítulo 4. p. 195-227. DIRAC-Fcien. Montevideo.
- Medina, R.; Losada, I.; Losada, M.; Vidal, C (1995): Variabilidad de los perfiles de playa: Forma y distribución. En: Ingeniería del Agua. Vol. 2 Num. Extraordinario. p. 133-142.
- Missimer, M.; Goso, C.; Maliva, R.; Hegy, M. (2019): Immature beach/dune sands along a passive continental margin: Composition, grain size and hydraulic properties of coastal sands, Parque del Plata and Las Vegas, Uruguay. *Depositional Rec.* 2019;1-26.
- Oyhantçabal, P.; Siegfried, S.; Wemmer, K. (2011): The Río de la Plata Cratón: a review of units, boundaries, age and isotopic signature. *Springer* 100:201-220.
- Oyhantçabal, P., Spoturno, J., Aubet, N., Cazaux, S., and Huelmo, S., (2003): Proterozoico del suroeste del Uruguay: nueva propuesta estratigráfica para la Formación Montevideo y el magmatismo asociado: *Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología*, v. 1, p. 38-48.

- Panario, D. (2000): Las playas uruguayas. Su dinámica, diagnóstico de situación actual y tendencias a mediano plazo. En: Perfil ambiental del Uruguay-2000. Coord. Ana Dominguez y Ruben Prieto. Montevideo, Edinor. 111-125 pp.
- Panario, D. & Gutiérrez, O. (1999): The continental uruguayan Cenozoic: an overview. *Quaternary International* 62: 75-84.
- Panario, D.; Gutiérrez O. (2006): Dinámica y fuente de sedimentos de las playas uruguayas. En: Menafrá, R.; Rogríguez-Gallego, L.; Scarabino, F. & Conde, D. (eds). Bases para la conservación y manejo de la costa uruguaya. *Vida Silvestre Uruguay*, Montevideo, pp. 21-34.
- Panario, D.; Gutiérrez O. (2010): La vegetación en la evolución de las playas arenosas. El caso de la costa uruguaya. *Revista Ecosistemas* 14 (2): 150-161.
- Pedraza Gilsanz, J. (1996): Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda, S. L., Madrid. 413pp.
- Preciozzi, F.; Spoturno, J., Heinzen, W. & Rossi, P. (1979): Carta geo-estructural del Uruguay, escala 1:2000000. Instituto Geológico Ing. Terra Arocena.
- Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W. & Rossi, P. (1985). Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000. DINAMIGE-MIEM. Montevideo, pp. 90, 2 figuras, 1 map.
- Powers, M. C. (1953): 'A new roundness scale for sedimentary particles. *J. Sediment. Petrol.*, 23-(2), 117-119.
- Powers, M. C., (1982). 'Comparison charts for estimating roundness and sphericity.' AGI Data Sheets, American Geological Institute, Alexandria, Va.
- Romano AL (1999): Sedimentología de la Formación Fray Bentos (Oligoceno) en el área tipo, República Oriental del Uruguay. Tesis no publicada. 80pp. Departamento Ciencias Geológicas, Facultad Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Sánchez Bettucci, L.; Peel, E.; Oyhantçabal, P. (2010): Precambrian geotectonic units of the Río de la Plata cratón, *International Geology Review*, 52: 1, 32-50.
- Selby, M. J. (1985): *Earth's Changing Surface*. Oxford University Press, N. York, pp. 607.

- Spoturno, J.; Oyhantçabal, P.; Goso, C.; Aubet, N.; Cazaux, S.; Huelo, S.; Morales, E.; Loureiro, J. (2004): Mapa geológico del departamento de Canelones a escala 1:100.000. Memoria explicative+mapa. CONICYT-Facultad de Ciencias-DINAMIGE.
- Sprechmann, P. (1978): The paleoecology and paleogeography of the Uruguayan coastal area during the Neogene and Quaternary. *Zitteliana* 4: 3-72.
- Suguio, K. (1992): Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. São Paulo: T. A Queiroz. Biblioteca de ciências naturais.
- Vanerio, G. (2008): Área conservación, ecosistemas y recursos naturales. Comuna Regional Erosión costera: herramientas para su estudio y gestión. UNESCO-ECOPLATA-Facultad de Ciencias (ponencias), Montevideo (CD-Rom).
- Teixeira, A. & Baptista, S. (2001): Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/organização. 4ª edição- Río de Janeiro, Bertrand Brasil.
- Ubilla, M. (2004): La Formación Fray Bentos (Oligoceno Tardío) y los mamíferos más antiguos del Uruguay. En Cuencas sedimentarias del Uruguay. Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico. 2da Edición. Capítulo 4. p. 83-204. DIRAC-Fcien. Montevideo.
- Thom, B.G. & Hall, W. (1991): Behaviour of beach profiles during accretion and erosion dominated periods. *Earth Surface Processes and Landforms* 16, 113-127.
- Zetina, M. C. E.; Sánchez, P. I.; Osorio, R. H.; Mariño, T. I.; Castillo Ch., R. J.; Cauich T., J. C. (2008): Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México *Ingeniería*, vol. 12, núm. 3, pp. 15-31 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México.

Instituto de Física-FCIEN. El clima y su variabilidad en Uruguay.  
<http://meteorologia.fcien.edu.uy/> acceso 20 de mayo del 2021

---

## **9. ANEXOS**

# ANEXO I

## **Descripciones de muestras con lupa binocular**

---

**a) Descripciones de muestras con lupa binocular de los subambientes de la playa Las Vegas (Período 2015-2017)**

PERFIL LV1: PLAYA DISTAL									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	Arena fina	%Qz	95-94	Muy redondeados a subredondeados	Media a alta	Esféricos a discoidales	-----	5Y 7/2 gris amarillento	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	media	discoidales	Rosados		
		%FL	4-5	Subredondeados a redondeados	Media a alta	Subdiscoidales, esféricos	La mayoría opacos.		
Set-15	Arena fina	%Qz	96	Subredondeados a muy redondeados	alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	Alta a media	Esféricos con tendencia elongada	rosados		
		%FL	3	subredondeados	Alta a media	Subdiscoidales a discoidales esféricos a irregulares	-----		
Dic-15	Arena fina	%Qz	98	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos	blanquecinos		
		%FL	1	Subredondeados a redondeados	alta	esféricos	-----		
Ago-16	Arena fina	%Qz	98	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	Alta	esféricos	rosados		
		%FL	1	Redondeados a subredondeados	Alta a media	Esféricos, algunos subdiscoidales	-----		
Feb-17	Arena fina	%Qz	97	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos	rosados		
		%FL	2	Subredondeados a redondeados	Alta a media	Esféricos a discoidales	Predominan los opacos		

PERFIL LV1: ZONA DE BERMA									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	Arena media	%Qz	97	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	Translúcidos, algunos amarillentos	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	Alta	esféricos	-----		
		%FL	2	Redondeados a subredondeados	Alta a media	Esféricos, tendencia a discoidales	-----		
Set-15	Arena media	%Qz	95	Muy redondeados a subangulosos	alta	Esféricos a irregulares	-----	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	2	redondeados	media	Discoidales	Rosados a blanquecinos		
		%FL	3	Subredondeados a subangulosos	Media a alta	Esféricos, irregulares, subdiscoidales, algunos con tendencia a tabulares	-----		
Dic-15	Arena fina	%Qz	98-99	Muy redondeados a redondeados	Alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	<1-1	Muy redondeados	alta	esféricos	rosados		
		%FL	1	redondeados	Alta	Esféricos, algunos con media	-----		
Ago-16	-----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Feb-17	Arena media	%Qz	97	Redondeados a subredondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy palido	moderada
		%Fd	1	Subredondeados a redondeados	Media a alta	Esféricos a discoidales	rosados		
		%FL	2	Subangulosos a subredondeados	Baja a alta	Esféricos, irregulares, subdiscoidales	-----		

**PERFIL LV1: ZONA DE LAVADO**

Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	-----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Set-15	Arena media	%Qz	97	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	Translúcidos, amarillentos (la minoría)	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos	-----		
		%FL	2	Subredondeados a redondeados	Baja a alta	La mayoría esféricos, pocos con tendencia a elipsoidal	-----		
Dic-15	Arena media	%Qz	93	Subangulosos a redondeados	alta	Esféricos a irregulares	translúcidos	10YR 8/2 naranja muy palido	pobre
		%Fd	2	redondeados	media	subdiscoidales	Rosados a blanquecinos		
		%FL	5	Redondeados a subredondeados	Alta a media	Esféricos, discoidales	Rocas volcánicas, bioclastos		
Ago-16	Arena media	%Qz	94	Redondeados a subangulosos	Media a alta	Esféricos a irregulares, tendencia a elongados	-----	10YR 8/2 naranja muy palido	moderada
		%Fd	2	subredondeados	Media a alta	Esféricos a subdiscoidales	Rosados a blanquecinos		
		%FL	4	Redondeados a subangulosos	Media a alta	Esféricos, irregulares, también discoidales	-----		
Feb-17	Arena media	%Qz	93	Redondeados a subangulosos	Media a alta	Irregulares, esféricos, subdiscoidales	translúcidos	10YR 6/2 marrón amarillento pálido	pobre
		%Fd	2	subredondeados	media	subdiscoidales	blanquecinos		
		%FL	5	Subredondeados a angulosos	Baja a alta	Esféricos, discoidales, subdiscoidales, tabulares, irregulares	Rocas volcánicas, bioclastos		

PERFIL LV2: PLAYA DISTAL									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	arena fina	%Qz	95-97	muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	-----	5Y 7/2 gris amarillento	buena
		%Fd	1-2	redondeados	media a alta	esféricos	-----		
		%FL	2-3	redondeados a muy redondeados y subangulosos	alta y baja	esféricos a irregulares, discoidales y elipsoidales	se distinguen opacos, magnéticos		
Set-15	arena fina	%Qz	97	subredondeados a muy redondeados	alta	esféricos	translúcidos	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	media	esféricos	blanquecinos		
		%FL	2	subredondeados a muy redondeados	media a alta	esféricos a discoidales	-----		
Dic-15	arena fina	%Qz	96-97	subredondeados a muy redondeados	alta a media	esféricos, elongados	transparentes con tendencia a opacidad	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta a media	discoidales a esféricos	-----		
		%FL	2-3	subredondeados a muy redondeados	media a alta	discoidales a esféricos	se distinguen rocas plutónicas (granito) y opacos		
Ago-16	arena fina	%Qz	98	redondeados a muy redondeados	Alta a media	Esféricos/elongados	translúcidos en su mayoría	10YR 8/2 naranja muy palido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos /elongados	rosados a rosados pálido		
		%FL	1	subredondeados a subangulosos	media	discoidales con tendencia a esféricos	-----		
Feb-17	arena fina	%Qz	93-94	redondeados a muy redondeados	alta	esféricos	-----	5Y 7/2 gris amarillento	buena
		%Fd	1	subredondeados	media	esféricos elongados	rosados pálido		
		%FL	5-6	redondeados a muy redondeados	alta	esféricos es su mayoría	tonalidad oscura dada por minerales negros.		

PERFIL LV2: ZONA DE BERMA									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	arena fina	%Qz	aprox. 97	subangulosos a muy redondeados	media a alta	esféricos e irregulares	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	aprox. 2	muy redondeados a redondeados	media a alta	esféricos a discoidales	-----		
		%FL	<1-1	muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	se distinguen opacos, posiblemente diópsido		
Set-15	arena fina	%QZ	95-96	muy redondeados a subangulosos	alta a media	esféricos a discoidales	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%FD	1	subredondeados a redondeados	media y alta en algunos casos	discoidales	rosados a blanquecinos		
		%FL	3-4	subangulosos a redondeados	baja a alta	subdiscoidales, tabulares, irregulares, algunos esféricos	-----		
Dic-15	arena fina	%Qz	95	muy redondeados a subredondeados	media a alta	esféricos a discoidales	translúcidos a opacos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	2	subredondeados	alta a media	discoidales	tonalidades rosadas		
		%FL	3	redondeados a subangulosos	media a alta	discoidales a esféricos, algunos irregulares	se distinguen opacos		
Ago-16	arena fina	%Qz	97	muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	translúcidos en su mayoría	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	subredondeados	media a alta	discoidales	tonalidades rosadas		
		%FL	2	redondeados a subangulosos	media a alta	esféricos a irregulares	se distinguen opacos		
Feb-17	arena media	%Qz	97	muy redondeados a subredondeados	media a alta	esféricos en su mayoría	desde muy translúcidos a amarillentos opacos	10YR 7/4 naranja grisáceo	Moderada
		%Fd	2	redondeados a subredondeados	media a alta	discoidales a esféricos	rosados a blanquecinos		
		%FL	1	redondeados a subangulosos	media a alta	esféricos a irregulares	se distinguen opacos		



PERFIL LV2: ZONA DE ROMPIENTE									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	arena muy gruesa	%Qz	Aprox 86	redondeados a subredondeados	media a alta	tendencia a esféricos	-----	10YR 6/2 marrón amarillento pálido	muy mala
		%Fd	4-5	redondeados a subredondeados	Media a alta	discoidales a esféricos	feldespatos potásico y feldespatos plagioclasa bioclastos, rocas plutónicas y volcánicas, amatistas		
		%FL	9-10	subredondeados a subangulosos	media	esféricos a irregulares			
Set-15	-----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Dic-15	Arena media	%Qz	93	redondeados a subangulosos	media a alta	esféricos a irregulares	-----	5Y 7/2 gris amarillento	moderada
		%Fd	3	redondeados a subredondeados	media	tendencia a discoidales	-----		
		%FL	4	angulosos	baja	irregulares en su mayoría	se distinguen opacos, posiblemente anfíbol		
Ago-16	-----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Feb-17	arena fina	%Qz	96-97	subredondeados a muy redondeados	media a alta	esféricos	translúcidos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	1-2	subredondeados	media a alta	esféricos elongados irregulares y esféricos, también elongados, algunos con tendencia a elipsoidales	rosados a blanquecinos		
		%FL	1-2	subangulosos a subredondeados	media a alta		se distinguen opacos		

LV3 PLAYA DISTAL									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	arena fina	%Qz	93-94	Muy redondeados a subredondeados (el menor de los casos)	Alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	5Y 7/2 gris amarillento	buena
		%Fd	<1	redondeados	media	subdiscoidales	blanquecinos		
		%FL	5-6	Redondeados a subredondeados	Alta a media	Esféricos a subdiscoidales	Opacos la mayoría		
Set-15	arena fina	%Qz	96	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderada
		%Fd	1	subredondeados	media	subdiscoidales	Blanquecinos a rosados		
		%FL	5	Muy redondeados a redondeados	Media a alta	Esféricos, subdiscoidales	-----		
Dic-15	arena fina	%Qz	96	Muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	translúcidos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderada
		%Fd	2	subredondeados	media	subdiscoidales	Rosados a blanquecinos		
		%FL	2	Redondeados a subangulosos	Media a alta	Esféricos, irregulares, subdiscoidales, algunos tabulares	-----		
Ago-16	arena fina	%Qz	97	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos	Rosados pálidos		
		%FL	2	Subredondeados a subangulosos	Baja a alta	Irregulares a esféricos, elongados prismáticos	-----		
Feb-17	arena fina	%Qz	96-97	Muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	buena
		%Fd	<1-1	redondeados	media	subdiscoidales	rosados		
		%FL	2-3	redondeados a subredondeados	alta	esféricos	-----		

**PERFIL LV3: ZONA DE BERMA**

Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	arena fina	%Qz	98	Muy redondeados a subredondeados	alta	Esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	1	subredondeados	media	subdiscoidales	rosados		
		%FL	1	Redondeados a subredondeados	Alta a media	Esféricos a subdiscoidales	-----		
Set-15	arena fina	%Qz	96	Subangulosos a redondeados	Baja a alta	Irregulares a esféricos, subdiscoidales	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	2	subredondeados	Alta a media	Subdiscoidales a esféricos	Rosados a blanquecinos		
		%FL	2	Redondeados a subredondeados	Alta a media	Subdiscoidales	-----		
Dic-15	arena fina	%Qz	98	Muy redondeados a subredondeados	Alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos	rosados		
		%FL	1	Redondeados a subredondeados	alta	esféricos	-----		
Ago-16	arena fina	%Qz	94	Muy redondeados a redondeados. También subangulosos	alta	Esféricos la mayoría, algunos tienden a irregular	Translúcidos a amarillentos (en menor cantidad)	5Y 7/2 gris amarillento	buena
		%Fd	1	subredondeados	alta	esféricos	-----		
		%FL	5	Redondeados a subredondeados	alta	esféricos	La mayoría opacos		
Feb-17	arena muy gruesa	%Qz	92	Redondeados a muy redondeados	Alta y media (en menor cantidad)	Esféricos, discoidales	-----	10YR 6/2 marrón amarillento pálido	pobre
		%Fd	3	redondeados	Alta a media	Esféricos a discoidales	Blanquecinos a rosados		
		%FL	5	Muy redondeados a subangulosos	Alta a media	Irregulares, esféricos, subdiscoidales	Bioclastos, rocas volcánicas		

PERFIL LV3-ZONA DE LAVADO									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Ene-15	arena fina	%Qz	98	Muy redoneados a subredoneados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	1	Redondeados a subredondeados	Media a alta	Esféricos a subdiscoidales	Rosados a blanquecinos		
		%FL	1	Redondeados a subangulosos	Alta a media	Esféricos, subdiscoidales, irregulares	-----		
Set-15	arena media	%Qz	98	Muy redondeados a subredondeados	alta	Esféricos, subdiscoidales en algunos casos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderada
		%Fd	1	subredondeados	media	Esféricos, también discoidales	-----		
		%FL	1	Redondeados a subredondeados	Media a alta	Esféricos y discoidales, también subdiscoidales	-----		
Dic-15	arena fina	%Qz	97	Muy redondeados a subredondeados	alta	Esféricos	translúcidos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	Alta a media	Subdiscoidales a esféricos	Rosados a blanquecinos		
		%FL	2	Subredondeados a subangulosos	Alta a media	Esféricos, irregulares, tendencia elongada	-----		
Ago-16	arena fina	%Qz	95-96	Muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	2	Redondeados a subredondeados	alta	Esféricos a irregulares	blanquecinos		
		%FL	3-4	subredondeados a redondeados	Media a alta	Irregulares, esféricos, subdiscoidales a discoidales	-----		
Feb-17	arena fina	%Qz	97	Redondeados a subredondeados	Alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	moderadamente buena
		%Fd	1	Redondeados a subangulosos	alta	Esféricos e irregulares	Rosados blanquecinos		
		%FL	2	Subangulosos a redondeados	Baja a alta	Elongados prismáticos, esféricos	-----		

**b) Descripciones de muestra con lupa binocular de los subambientes de playa Parque del Plata (Período 2015-2017)**

PERFIL 5: DUNA									
Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Mar-15	arena media	%Qz	96	redondeados a subredondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	2	subredondeados	media a baja	subdiscoidales	rosados a blanquecinos		
		%FL	2	muy redondeados a subangulosos	media	discoidales, esféricos, irregulares	se identifican magnéticos, y posiblemente granate		
Ene-16	arena media	%Qz	96	muy redondeados a subangulosos	alta a media	esféricos a irregulares	transparentes a translúcidos y también opacos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	2	subredondeados a redondeados	alta a media	esféricos	rosados a blanquecinos		
		%FL	2	redondeados a subredondeados	alta	esféricos	opacos, magnéticos		
Ago-16	arena media	%Qz	98	muy redondeados a redondeados	alta	la mayoría esféricos	translúcidos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos elongados	rosados a blanquecinos		
		%FL	1	redondeados a subredondeados, algunos subangulosos	de alta a baja	esféricos la mayoría, también irregulares, tendencia a elongados	se distinguen opacos		
Feb-17	arena media	%Qz	96	muy redondeados a subredondeados	media a alta	esféricos, algunos subdiscoidales	translúcidos a amarillentos (en menor medida)	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	media a alta	Esféricos a discoidales	-----		
		%FL	3	redondeados a subangulosos	alta a media	irregulares a esféricos	-----		

**PERFIL 5: ZONA DE BERMA**

Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Mar-15	arena media	%Qz	96	muy redondeados a subangulosos	alta	esféricos a irregulares	varían desde muy transparentes hasta opacos	10YR 8/2 naranja muy pálido	buena
		%Fd	1	redondeados a subredondeados	alta a media	esféricos	varían entre tonalidades rosadas		
		%FL	3	subangulosos a redondeados	alta a media	tabulares, irregulares, esféricos	se identifican magnéticos		
Ene-16	arena media	%Qz	97	muy redondeados a subredondeados	alta a media	esféricos, discoidales	translucidos a opacos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	2	redondeados a subredondeados	alta	esféricos	rosados a blancos		
		%FL	1	muy redondeados a redondeados	media a alta	esféricos, tabulares	se distinguen opacos		
Ago-16	arena media	%Qz	97-98	muy redondeados a redondeados	alta	esféricos	translúcidos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	<1-1	redondeados	alta	esféricos	rosados		
		%FL	1-2	subredondeados a redondeados	media a alta	Discoidales, subdiscoidales, esféricos, irregulares	-----		
Feb-17	arena media	%Qz	98	redondeados a muy redondeados	alta	esféricos	translúcidos a opacos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados a muy redondeados	alta	esféricos	varían en tonalidades rosadas a rosado pálido		
		%FL	1	subangulosos a subredondeados	alta a baja	irregulares a esféricos	predominan los de esfericidad alta. se distinguen opacos		

**PERFIL 5: ZONA DE LAVADO**

Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía	Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos	
Mar-15	arena media	%Qz	95	muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	translúcidos	10YR 6/2 marrón amarillento pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	subredondeados a redondeados	alta a media	esféricos a discoidales irregulares, tabulares y discoidales	opacos, magnéticos		
		%FL	4	subredondeados	alta, media y baja		rosados a blanquecinos		
Ene-16	arena media	%Qz	96	muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados a subredondeados	alta	esféricos a irregulares	tonalidades rosadas a anaranjadas opacos, posiblemente también turmalina y granates		
		%FL	3	muy redondeados a subredondeados	media a alta	elipsoidales			
Ago-16	arena media	%Qz	93	subredondeados a muy redondeados	media a alta	esféricos, subdiscoidales	translúcido, amarillentos, opacos	10YR 6/2 marrón amarillento palido	Moderadamente buena
		%Fd	3	redondeados a subangulosos	baja a alta	irregulares, subprismáticos elongados	tonalidades rosadas		
		%FL	4	redondeados a subangulosos	baja a alta	prismáticos, esféricos, discoidales	-----		
Feb-17	arena media	%Qz	98	redondeados a muy redondeados	media a alta	esféricos	translúcidos en su mayoría, también amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	<1-1	subredondeados a redondeados	media a alta	esféricos a discoidales	tonalidades rosadas		
		%FL	1-2	redondeados a subangulosos	media a alta	irregulares a esféricos	se distinguen opacos		

**PERFIL 6: DUNA**

Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía	Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos	
Mar-15	Arena media	%Qz	96	muy redondeados a subredondeados	Alta	esféricos	La mayoría translúcidos	Moderadamente buena	
		%Fd	2	Subredondeados a subangulosos	Alta a media	Esféricos con tendencia a irregulares	Rosados a blanquecinos y amarilletos		10YR 8/2 naranja muy pálido
		%FL	2	Subredondeados a subangulosos	Media a alta	Esféricos con tendencia a irregulares	Se distinguen opacos y magnéticos		
Ene-16	Arena media	%Qz	96	Muy redondeados a redondeados	alta	esfericos	Transparentes a opacos	buena	
		%Fd	2	Subredondeados a redondeados	Alta a media	Discoidales a esféricos	Rosados a blancos-blanquecinos		10YR 8/2 naranja muy pálido
		%FL	4	Subangulosos a redondeados	Baja a alta	Elipsoidales a esféricos	Se distinguen los opacos		
Ago-16	Arena fina	%Qz	98	redondeados a muy redondeados	alta	Esféricos	Translúcidos, amarillentos, opacos	Moderadamente buena	
		%Fd	1	Redondeados	media	discoidales elongados	Rosados a blanquecinos		10YR 8/2 naranja muy pálido
		%FL	1	redondeados a subangulosos	Alta a media	irregulares en su mayoría y Esféricos	-----		
Feb-17	Arena media	%Qz	97	subredondeados a muy redondeados, algunos subangulosos	Media a alta	Esféricos a irregulares, algunos tienden a discoidales	Translucidos a opacos. Predominan los muy redondeados	Moderadamente buena	
		%Fd	1	subredondeados	Media a alta	Discoidales a esféricos	Rosados pálidos a blanquecinos		10YR 8/2 naranja muy pálido
		%FL	2	Subredondeados a subangulosos	Media a alta	Algunos irregulares, la mayoría esféricos	Se distinguen opacos, magnéticos, rocas plutónicas		

**PERFIL 6: BERMA**

Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía		Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos
Mar-15	arena media	%Qz	97	muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	la mayoría translúcidos, el resto tendientes a opacos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados a subredondeados	alta a media	esféricos a discoidales	tonalidades rosadas		
		%FL	2	subredondeados a subangulosos	media a alta	esféricos con tendencia a irregulares	-----		
Ene-16	arena fina	%Qz	97	muy redondeados a subredondeados	alta	esféricos	translúcidos a opacos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	2	subredondeados	media a alta	discoidales a esféricos	opacos		
		%FL	1	subredondeados a redondeados	alta a media	esféricos a discoidales	-----		
Ago-16	arena media	%Qz	97-98	subredondeados a muy redondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	<1	redondeados a subredondeados	alta	esféricos	blancos a blanquecinos. rosados pálido		
		%FL	1-2	subredondeados a redondeados	alta a media	esféricos, irregulares, discoidales, algunos irregulares	-----		
Feb-17	arena fina	%Qz	98	subredondeados a muy redondeados	alta	esféricos	-----	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	subredondeados	media	discoidales	rosados a blanquecinos		
		%FL	1	subangulosos a redondeados	baja a alta	irregulares, elongados, prismáticos, esféricos	-----		

**PERFIL 6: ZONA DE LAVADO**

Fecha	Tamaño de clastos	Mineralogía	Grado de redondez	Esfericidad	Forma	Observaciones	Color de muestra	Selección de clastos	
Mar-15	Arena media	%Qz	96	muy redondeados a subangulosos (en menor medida)	alta a media	esféricos e irregulares	translúcidos a opacos	10YR 6/2 marrón amarillento pálido	Moderadamente buena
		%Fd	2	redondeados	media	discoidales en su mayoría	varían en tonalidades rosada		
		%FL	2	subangulosos a redondeados	alta a media	irregulares	se distinguen opacos, magnéticos		
Ene-16	Arena media	%Qz	96	muy redondeados a subangulosos	media a alta	esféricos a irregulares	transparentes a opacos. predominan los esféricos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados, también subredondeados	alta	esféricos	tonalidades rosadas		
		%FL	2	redondeados a subangulosos	media a alta	discoidales a esféricos	se distinguen opacos, magnéticos		
Ago-16	Arena media	%Qz	96	redondeados a muy redondeados	alta	esféricos	Translúcidos a amarillentos	10YR 8/2 naranja muy pálido	Moderadamente buena
		%Fd	1	redondeados	alta	esféricos	-----		
		%FL	3	subredondeados a redondeados	alta a media	esféricos a irregulares	-----		
Feb-17	Arena media	%Qz	94	muy redondeados a subangulosos	media a alta	esféricos a irregulares	muy redondeados= clastos de arena media. subangulosos=clastos de arena gruesa	10 YR 6/2 marrón amarillento pálido	moderada
		%Fd	3	subangulosos a redondeados	baja a alta	irregulares, elipsoidales, con formas elongadas	rosados a blanquecinos		
		%FL	3	angulosos a subredondeados	baja a alta	esféricos, irregulares, discoidales, tabulares	se distinguen los magnéticos		

# ANEXO II

## **Parámetros estadísticos granulométricos**

a) Valores de los parámetros estadísticos de los subambientes de la playa Las Vegas (Período 2015-2017). En las tablas se incluyen datos publicados por Goso & Olivera (2017)

		PERFIL LV1-Valores en phi								
		Mar 2006	Ago 2006	Dic 2006	Ene 2015	Set 2015	Dic 2015	Ago 2016	Feb 2017	
<b>SUBAMBIENTE</b>	<b>Playa distal</b>	<b>Media</b>	1,85	2,21	1,77	2,31	2,11	2,14	2,18	2,30
		<b>Selección</b>	0,60	0,58	0,56	0,55	0,61	0,60	0,59	0,53
		<b>Asimetría</b>	0,20	-0,25	0,25	-0,24	-0,16	-0,19	-0,22	-0,25
		<b>Curtosis</b>	0,80	0,93	0,98	1,07	0,77	0,80	0,84	1,10
		<b>Mediana</b>	1,77	2,30	1,68	2,38	2,17	2,22	2,26	2,40
	<b>Berma</b>	<b>Media</b>	0,86	1,83	1,50	1,99	1,63	2,03	-----	1,98
		<b>Selección</b>	1,12	0,60	0,47	0,63	0,56	0,61	-----	0,75
		<b>Asimetría</b>	-0,27	0,22	-0,02	-0,006	0,16	-0,05	-----	-0,21
		<b>Curtosis</b>	0,73	0,83	1,23	0,74	1,20	0,74	-----	0,93
		<b>Mediana</b>	1,24	1,75	1,50	1,99	1,60	2,05	-----	2,04
	<b>Zona de lavado</b>	<b>Media</b>	-----	1,92	-----	-----	1,87	1,09	1,69	1,17
		<b>Selección</b>	-----	0,61	-----	-----	0,61	1,27	0,82	1,14
		<b>Asimetría</b>	-----	0,14	-----	-----	0,18	-0,21	-0,03	-0,04
		<b>Curtosis</b>	-----	0,76	-----	-----	0,79	0,65	0,93	0,92
		<b>Mediana</b>	-----	1,86	-----	-----	1,79	1,39	1,67	1,16

			PERFIL LV2-valores en phi							
			Mar 2006	Ago 2006	Dic 2006	Ene 2015	Set 2015	Dic 2015	Ago 2016	Feb 2017
<b>SUBAMBIENTE</b>	<b>Playa distal</b>	<b>Media</b>	-----	-----	1,78	2,52	2,30	2,21	2,27	2,46
		<b>Selección</b>	-----	-----	0,58	0,41	0,54	0,58	0,55	0,45
		<b>Asimetría</b>	-----	-----	0,24	0,13	-0,25	-0,24	-0,26	-0,16
		<b>Curtosis</b>	-----	-----	0,93	1,01	1,08	1,00	1,07	1,09
		<b>Mediana</b>	-----	-----	1,69	2,52	2,36	2,30	2,35	2,46
	<b>Berma</b>	<b>Media</b>	1,83	-----	1,65	2,32	2,05	2,12	2,06	1,90
		<b>Selección</b>	0,61	-----	0,50	0,52	0,62	0,61	0,62	0,74
		<b>Asimetría</b>	0,21	-----	0,22	-0,25	-0,08	-0,17	-0,11	-0,08
		<b>Curtosis</b>	0,82	-----	1,12	1,09	0,74	0,78	0,75	0,89
		<b>Mediana</b>	1,75	-----	1,61	2,37	2,09	2,19	2,11	1,90
	<b>Zona de lavado</b>	<b>Media</b>	1,66	2,11	1,03	2,06	2,06	1,96	2,19	-----
		<b>Selección</b>	0,74	0,61	0,70	0,65	0,71	0,83	0,61	-----
		<b>Asimetría</b>	0,03	-0,16	0,06	-0,15	-0,27	-0,27	-0,25	-----
		<b>Curtosis</b>	1,36	0,77	0,81	0,76	0,87	0,98	0,87	-----
		<b>Mediana</b>	1,60	2,18	1,02	2,13	2,17	2,05	2,29	-----
	<b>Rompiente</b>	<b>Media</b>	-----	-----	-----	-0,43(*)	-----	2,14	-----	2,11
		<b>Selección</b>	-----	-----	-----	0,27	-----	0,96	-----	0,64
		<b>Asimetría</b>	-----	-----	-----	-0,74	-----	-0,51	-----	-0,21
		<b>Curtosis</b>	-----	-----	-----	-1,32	-----	1,82	-----	0,79
		<b>Mediana</b>	-----	-----	-----	-0,66	-----	2,34	-----	2,20

(\*) Muestra bimodal: Moda 1=-0,5φ, Moda 2=2,5φ

PERFIL LV3-valores en phi										
			Mar 2006	Ago 2006	Dic 2006	Ene 2015	Set 2015	Dic 2015	Ago 2016	Feb 2017
<b>SUBAMBIENTE</b>	<b>Playa distal</b>	<b>Media</b>	1,98	2,11	2,15	2,43	2,13	2,09	2,38	2,38
		<b>Selección</b>	0,65	0,60	0,61	0,47	0,62	0,89	0,48	0,48
		<b>Asimetría</b>	-0,02	-0,17	-0,24	-0,16	-0,17	-0,48	-0,20	-0,20
		<b>Curtosis</b>	0,74	0,77	0,83	1,10	0,78	1,59	1,11	1,11
		<b>Mediana</b>	1,99	2,18	2,25	2,43	2,20	2,25	2,40	2,40
	<b>Berma</b>	<b>Media</b>	2,05	1,79	1,90	2,21	2,07	2,24	2,42	1,23
		<b>Selección</b>	0,62	0,60	0,61	0,58	0,62	0,56	0,46	1,03
		<b>Asimetría</b>	-0,09	0,23	0,16	-0,25	-0,11	-0,26	-0,17	-0,15
		<b>Curtosis</b>	0,74	0,87	0,77	0,91	0,75	1,01	1,12	1,05
		<b>Mediana</b>	2,09	1,71	1,83	2,29	2,12	2,33	2,41	1,33
	<b>Zona de lavado</b>	<b>Media</b>	-----	2,15	1,80	2,09	1,88	2,32	2,03	2,18
		<b>Selección</b>	-----	0,60	0,58	0,62	0,73	0,53	0,62	0,59
		<b>Asimetría</b>	-----	-0,20	0,24	-0,14	-0,03	-0,24	-0,06	-0,23
		<b>Curtosis</b>	-----	0,81	0,90	0,76	0,88	1,09	0,74	0,86
		<b>Mediana</b>	-----	2,23	1,71	2,15	1,86	2,48	2,96	2,27

**9.1.1. b) Parámetros estadísticos de los subambientes de la playa Parque del Plata (Período 2006-2017)**

		PERFIL 5							
		Dic 2005	Ago 2006	Dic 2006	Mar 2015	Ene 2016	Ago 2016	Feb 2017	
SUBAMBIENTE	Duna	<b>Media</b>	1,67	1,87	1,52	1,76	1,83	1,87	1,75
		<b>Selección</b>	0,51	0,62	0,72	0,57	0,62	0,61	0,63
		<b>Asimetría</b>	0,24	0,16	0,01	0,25	0,18	0,18	0,17
		<b>Curtosis</b>	1,10	0,77	1,25	0,97	0,80	0,78	1,03
		<b>Mediana</b>	1,62	1,80	1,51	1,67	1,75	1,80	1,66
	Berma	<b>Media</b>	1,54	1,35	1,61	1,88	1,69	1,57	1,92
		<b>Selección</b>	0,53	0,50	0,47	0,60	0,52	0,43	0,61
		<b>Asimetría</b>	0,05	-0,23	0,19	0,18	0,25	0,17	0,14
		<b>Curtosis</b>	1,30	1,11	1,12	0,78	1,10	1,11	0,76
		<b>Mediana</b>	1,54	1,39	1,60	1,81	1,63	1,57	1,86
	Zona de lavado	<b>Media</b>	1,79	2,05	1,43	1,66	1,91	1,11	1,75
		<b>Selección</b>	0,58	0,62	0,46	0,51	0,61	0,65	0,56
		<b>Asimetría</b>	0,25	-0,08	-0,18	0,23	0,15	-0,16	0,26
		<b>Curtosis</b>	0,92	0,74	1,13	1,10	0,76	0,77	1,04
		<b>Mediana</b>	1,18	2,09	1,43	1,61	1,84	1,18	1,67

		<b>PERFIL 6</b>							
		<b>Dic 2005</b>	<b>Ago 2006</b>	<b>Dic 2006</b>	<b>Mar 2015</b>	<b>Ene 2016</b>	<b>Ago 2016</b>	<b>Feb 2017</b>	
<b>SUBAMBIENTE</b>	<b>Duna</b>	<b>Media</b>	1,70	1,83	1,69	1,82	1,58	1,84	1,69
		<b>Selección</b>	0,52	0,60	0,53	0,59	0,46	0,60	0,61
		<b>Asimetría</b>	0,25	0,22	0,25	0,23	0,17	0,21	0,15
		<b>Curtosis</b>	1,10	0,83	1,09	0,85	1,10	0,82	1,19
		<b>Mediana</b>	1,64	1,74	1,63	1,73	1,58	1,76	1,60
	<b>Berma</b>	<b>Media</b>	1,49	0,91	1,69	1,71	2,01	1,81	2,10
		<b>Selección</b>	0,51	0,63	0,53	0,53	0,62	0,58	0,61
		<b>Asimetría</b>	-0,03	0,17	0,25	0,25	-0,01	0,24	-0,15
		<b>Curtosis</b>	1,31	0,77	1,09	1,09	0,74	0,88	0,77
		<b>Mediana</b>	1,49	0,84	1,63	1,64	2,02	1,72	2,17
	<b>Zona de lavado</b>	<b>Media</b>	1,40	1,98	1,24	1,49	1,74	1,85	1,29
		<b>Selección</b>	0,70	0,63	0,64	0,56	0,55	0,61	0,74
		<b>Asimetría</b>	-0,17	0,04	-0,23	-0,004	0,26	0,20	-0,14
		<b>Curtosis</b>	1,60	0,74	1,02	1,36	1,07	0,81	1,29
		<b>Mediana</b>	1,45	1,96	1,34	1,49	1,66	1,77	1,40



# ANEXO III

## Tabla de velocidades de viento



DEPARTAMENTO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

INSTITUTO URUGUAYO DE METEOROLOGÍA

Estación	Número	Latitud[°]	Longitud[°]	Altitud[m]
Carrasco	86580	34,50	56,00,7	32,88

Datos del MCH (**Base de Datos**) primarios, Sujetos a revisión Estación meteorológica de Carrasco

**Dirección. Dirección del viento en grados**

VM = Intensidad de viento máxima horaria, a 10 m.

Fecha	Hora	Dirección	VM (km/h)	Fecha	Hora	Dirección	VM (km/h)
11/01/2015	00:00		0	12/01/2015	00:00		0
11/01/2015	01:00		0	12/01/2015	01:00		0
11/01/2015	02:00		0	12/01/2015	02:00		0
11/01/2015	03:00	10	4	12/01/2015	03:00	350	7
11/01/2015	04:00	10	6	12/01/2015	04:00	320	6
11/01/2015	05:00	360	6	12/01/2015	05:00	300	6
11/01/2015	06:00		0	12/01/2015	06:00	320	6
11/01/2015	07:00	340	6	12/01/2015	07:00	310	10
11/01/2015	08:00	10	4	12/01/2015	08:00	310	17
11/01/2015	09:00	350	4	12/01/2015	09:00	310	14
11/01/2015	10:00	280	4	12/01/2015	10:00	280	15
11/01/2015	11:00	250	7	12/01/2015	11:00	270	17
11/01/2015	12:00	240	18	12/01/2015	12:00	260	18
11/01/2015	13:00	230	10	12/01/2015	13:00	280	21
11/01/2015	14:00	250	11	12/01/2015	14:00	260	12
11/01/2015	15:00	250	11	12/01/2015	15:00	270	17
11/01/2015	16:00	270	11	12/01/2015	16:00	250	15
11/01/2015	17:00	270	14	12/01/2015	17:00	220	12
11/01/2015	18:00	300	7	12/01/2015	18:00	190	12
11/01/2015	19:00	300	7	12/01/2015	19:00	150	6
11/01/2015	20:00	250	6	12/01/2015	20:00	140	14
11/01/2015	21:00	variable	3	12/01/2015	21:00	130	24
11/01/2015	22:00	30	4	12/01/2015	22:00	130	25
11/01/2015	23:00	350	6	12/01/2015	23:00	120	19

Fecha	Hora	Dirección	VM (km/h)	Fecha	Hora	Dirección	VM (km/h)
13/01/2015	00:00	120	17	14/01/2015	00:00	10	6
13/01/2015	01:00	110	25	14/01/2015	01:00	330	6
13/01/2015	02:00	110	14	14/01/2015	02:00	310	4
13/01/2015	03:00	100	14	14/01/2015	03:00	300	6
13/01/2015	04:00	100	12	14/01/2015	04:00	270	4
13/01/2015	05:00	80	14	14/01/2015	05:00		0
13/01/2015	06:00	110	14	14/01/2015	06:00	220	7
13/01/2015	07:00	110	14	14/01/2015	07:00	200	14
13/01/2015	08:00	100	22	14/01/2015	08:00	210	17
13/01/2015	09:00	110	15	14/01/2015	09:00	200	14
13/01/2015	10:00	110	21	14/01/2015	10:00		0
13/01/2015	11:00	120	21	14/01/2015	11:00	190	12
13/01/2015	12:00	120	19	14/01/2015	12:00	190	11
13/01/2015	13:00	90	21	14/01/2015	13:00	160	15
13/01/2015	14:00	60	29	14/01/2015	14:00	190	12
13/01/2015	15:00	80	11	14/01/2015	15:00	170	15
13/01/2015	16:00	70	10	14/01/2015	16:00	110	15
13/01/2015	17:00	280	8	14/01/2015	17:00	130	10
13/01/2015	18:00	280	7	14/01/2015	18:00	150	15
13/01/2015	19:00	310	6	14/01/2015	19:00	140	12
13/01/2015	20:00	280	10	14/01/2015	20:00	160	17
13/01/2015	21:00	300	6	14/01/2015	21:00	130	11
13/01/2015	22:00	320	4	14/01/2015	22:00	130	11
13/01/2015	23:00	10	4	14/01/2015	23:00	120	14
15/01/2015	00:00	120	8	16/01/2015	00:00	20	12
15/01/2015	01:00	130	10	16/01/2015	01:00	20	14
15/01/2015	02:00	130	10	16/01/2015	02:00	20	11
15/01/2015	03:00	120	14	16/01/2015	03:00	10	10
15/01/2015	04:00	140	15	16/01/2015	04:00	10	10
15/01/2015	05:00	140	11	16/01/2015	05:00	10	10
15/01/2015	06:00	150	15	16/01/2015	06:00	10	10
15/01/2015	07:00	130	15	16/01/2015	07:00	20	8
15/01/2015	08:00	130	14	16/01/2015	08:00	20	15
15/01/2015	09:00	130	14	16/01/2015	09:00	350	14
15/01/2015	10:00	130	17	16/01/2015	10:00	340	21
15/01/2015	11:00	120	17	16/01/2015	11:00	330	10
15/01/2015	12:00	120	15	16/01/2015	12:00	320	11
15/01/2015	13:00	100	14	16/01/2015	13:00	30	12
15/01/2015	14:00	140	14	16/01/2015	14:00	350	12
15/01/2015	15:00	150	14	16/01/2015	15:00	330	8
15/01/2015	16:00	140	11	16/01/2015	16:00	140	8
15/01/2015	17:00	110	12	16/01/2015	17:00	170	11
15/01/2015	18:00	120	15	16/01/2015	18:00	150	8
15/01/2015	19:00	110	14	16/01/2015	19:00	130	6
15/01/2015	20:00	110	14	16/01/2015	20:00	160	8
15/01/2015	21:00	100	11	16/01/2015	21:00	160	6
15/01/2015	22:00	90	11	16/01/2015	22:00		0
15/01/2015	23:00	30	8	16/01/2015	23:00	20	6

Fecha	Hora	Dirección	VM (km/h)	Fecha	Hora	Dirección	VM (km/h)
17/01/2015	00:00	N/M	N/M	18/01/2015	00:00	40	6
17/01/2015	01:00	180	18	18/01/2015	01:00	50	6
17/01/2015	02:00	200	6	18/01/2015	02:00	60	8
17/01/2015	03:00	130	8	18/01/2015	03:00	70	6
17/01/2015	04:00		0	18/01/2015	04:00	310	1
17/01/2015	05:00		0	18/01/2015	05:00	350	1
17/01/2015	06:00	270	4	18/01/2015	06:00	30	4
17/01/2015	07:00	330	4	18/01/2015	07:00	30	6
17/01/2015	08:00		0	18/01/2019	08:00		0
17/01/2015	09:00	170	17	18/01/2015	09:00	30	8
17/01/2015	10:00	170	17	18/01/2015	10:00	60	11
17/01/2015	11:00	160	17	18/01/2015	11:00	50	6
17/01/2015	12:00	160	18	18/01/2015	12:00	60	10
17/01/2015	13:00	170	17	18/01/2015	13:00	30	10
17/01/2015	14:00	160	17	18/01/2015	14:00	40	14
17/01/2015	15:00	160	15	18/01/2015	15:00	30	10
17/01/2015	16:00	150	18	18/01/2015	16:00	30	7
17/01/2015	17:00	160	15	18/01/2015	17:00	350	6
17/01/2015	18:00	150	15	18/01/2015	18:00	330	6
17/01/2015	19:00	140	14	18/01/2015	19:00		0
17/01/2015	20:00	140	12	18/01/2015	20:00		0
17/01/2015	21:00	130	10	18/01/2015	21:00	10	4
17/01/2015	22:00	130	10	18/01/2015	22:00	20	4
17/01/2015	23:00	100	6	18/01/2015	23:00	20	3
19/01/2015	00:00	20	6	20/01/2015	00:00		0
19/01/2015	01:00	10	7	20/01/2015	01:00	160	14
19/01/2015	02:00	20	7	20/01/2015	02:00	160	21
19/01/2015	03:00	10	6	20/01/2015	03:00	160	17
19/01/2015	04:00	10	6	20/01/2015	04:00	170	18
19/01/2015	05:00		0	20/01/2015	05:00	170	22
19/01/2015	06:00		0	20/01/2015	06:00	160	22
19/01/2015	07:00	20	7	20/01/2015	07:00	180	24
19/01/2015	08:00	350	10	20/01/2015	08:00	150	21
19/01/2015	09:00	270	6	20/01/2015	09:00	150	17
19/01/2015	10:00	300	10	20/01/2015	10:00	130	18
19/01/2015	11:00	290	10	20/01/2015	11:00	150	19
19/01/2015	12:00	280	12	20/01/2015	12:00	130	24
19/01/2015	13:00	210	35	20/01/2015	13:00	120	11
19/01/2015	14:00	180	19	20/01/2015	14:00	140	21
19/01/2015	15:00	230	4	20/01/2015	15:00	140	19
19/01/2015	16:00	180	11	20/01/2015	16:00	140	21
19/01/2015	17:00	230	7	20/01/2015	17:00	150	19
19/01/2015	18:00	160	19	20/01/2015	18:00	150	22
19/01/2015	19:00	170	26	20/01/2015	19:00	150	19
19/01/2015	20:00	160	14	20/01/2015	20:00	140	12
19/01/2015	21:00	150	17	20/01/2015	21:00	140	15
19/01/2015	22:00	160	17	20/01/2015	22:00	140	18
19/01/2015	23:00	160	19	20/01/2015	23:00	120	17

