

**Universidad de la República
Facultad de Ciencias
Licenciatura en Geografía**

Seminario de tesis
2016

Autor: Guillermo D'Angelo

Tutora: Msc. Virginia Fernández
Co-tutora: Mg. Raquel Alvarado

Análisis de riesgo de la zona costera de Canelones

**La información geográfica como herramienta para la gestión del
territorio**



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
CIENCIAS

Agradecimientos

Agradezco a los docentes que participaron de mi formación académica y humana. A la familia y los amigos, que me respaldaron y sin los cuales no podría haber continuado. A los compañeros de la licenciatura y de la Facultad. A los egresados recientes, cuyos trabajos de tesis fueron fuente de inspiración. Agradezco especialmente a Valeria Cavalli por sus aportes y su apoyo.

Agradezco también a la Dra. Filomena Martins, de la Universidad de Aveiro, al Ing. Gerardo Vanerio y al Prof. Juan Carbajal, de la Intendencia de Canelones, por concederme dos entrevistas muy valiosas. A su vez agradezco a Clara D'Angelo por la desgrabación de las mismas.

Agradezco al Servicio Geográfico Militar por facilitar las curvas de nivel de la costa de Canelones en formato digital.

Finalmente agradezco a los desarrolladores y las comunidades detrás de los software libres utilizados en el presente trabajo: Ubuntu, QGIS, PostgreSQL, PostGIS, pgAdmin, R, RStudio, LibreOffice, Zotero y LaTeX.

Índice de contenido

1.Resumen.....	1
2.Introducción.....	2
2.1 Fundamentación.....	2
2.2 Problema de investigación.....	4
2.3 Objetivos.....	5
2.4 Preguntas de investigación.....	5
2.5 Diseño metodológico.....	5
2 Marco teórico.....	10
2.1 Vulnerabilidad, riesgo y amenazas.....	10
2.2 Vulnerabilidad y riesgo en el espacio geográfico.....	18
2.3 Cuantificación de la vulnerabilidad.....	19
3 Marco de referencia.....	23
3.1 Los espacios costeros.....	23
3.2 La costa de Canelones.....	23
3.2.1 Características generales.....	23
3.2.2 Marco demográfico.....	28
3.3 Intervenciones antrópicas y defensas costeras.....	36
3.4 Factores e indicadores de vulnerabilidad.....	38
3.4.1 Introducción.....	38
3.4.2 Geomorfología.....	39
3.4.3 El aumento del nivel medio del mar y los eventos extremos.....	41
4.Desarrollo metodológico.....	43
4.1 Introducción.....	43
4.2 La información disponible y la producción de nueva información.....	44
4.2.1 El Modelo Digital de Terreno.....	44
4.2.2 La línea de costa y desembocaduras de cursos de agua.....	52
4.2.3 Los valores del suelo.....	54
4.3 Geo-procesamiento en PostGIS.....	57
4.4 La densidad de población.....	66
4.5 La cercanía de las infraestructuras.....	66
4.6 Normalización de los datos.....	67
4.7 Operacionalización de los indicadores normalizados.....	69
5.Resultados.....	71
5.1 Zona 1: Fortín - Villa Argentina – Atlántida.....	74
5.2 Zona 2: Floresta – Costa Azul.....	75
5.3 Zona 3: Guazuvirá.....	78
5.4 Zona 4: San Luis – Los Titanes.....	80
5.5 Zona 5: Santa Lucía del Este.....	80
5.6 Zona 6: Cuchilla Alta.....	81
6.Conclusión.....	83
6.1 Posibilidades de desarrollo a futuro.....	84
7.Bibliografía.....	87
8.Anexos.....	96
8.1 Sintaxis R para el procesamiento de datos censales.....	96
8.2 Entrevista a la Dra. Filomena Martins.....	109
8.3 Entrevista al Ing. Gerardo Vanerio y al Prof. Juan Carbajal.....	119

1. Resumen

Las costas uruguayas son un recurso económico, generador de importantes activos para el país. Gran parte del turismo interno e internacional y las actividades económicas asociadas, dependen de dicho recurso.

A su vez son un paisaje singular, de gran importancia cultural, en cuyas proximidades se asienta una parte significativa de la población del país. Sumado a sus características geomorfológicas, las costas pueden ser pensadas como un sistema vulnerable.

En particular las Costas de Canelones presentan zonas con barrancas activas y en retroceso, poniendo en peligro infraestructuras, viviendas y paisajes.

En este trabajo desarrollamos una metodología para la cuantificación de la vulnerabilidad, incorporando variables físicas, demográficas, el valor del suelo y la proximidad a infraestructuras, a través de geotécnicas. La misma se implementó fundamentalmente en PostGIS, complementando con el software GRASS y las librerías GDAL para la generación y procesamiento de información raster. Es reproducible y se puede adaptar a diferentes espacios costeros en función de la disponibilidad de información.

La aplicación de dicha metodología devuelve seis zonas de vulnerabilidad alta: zona Fortín - Villa Argentina – Atlántida, zona Floresta - Costa Azul, zona Guazuvirá, zona San Luis - Los Titanes, zona Santa Lucía del Este y zona Cuchilla Alta; las cuales se analiza en detalle.

2. Introducción

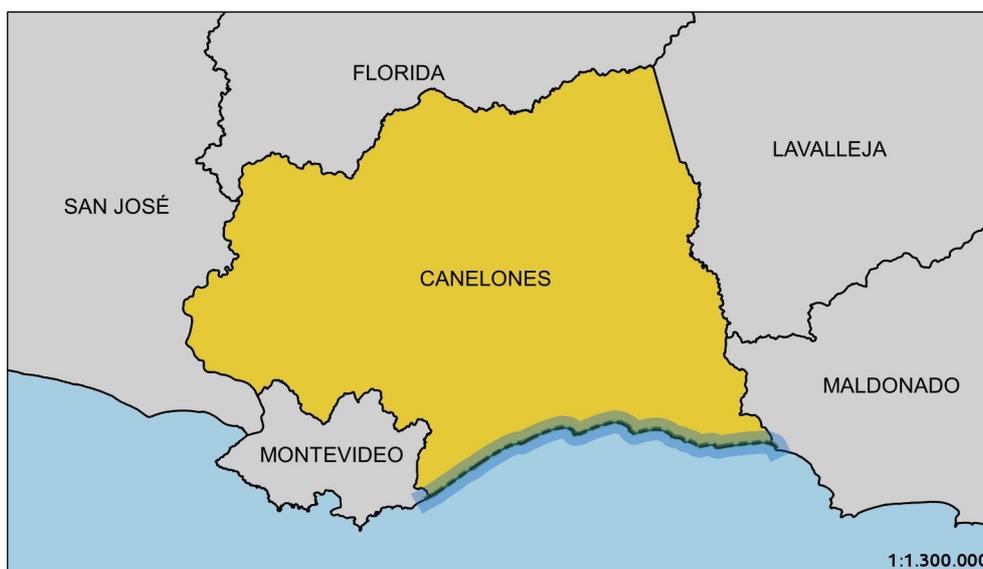
2.1 Fundamentación

El departamento de Canelones se ubica al sur del país, en las costas del Río de la Plata. Se encuentra rodeado por los departamentos de Montevideo al suroeste, San José al oeste, Florida al norte, y Lavalleja y Maldonado al este. Está habitado por 520.187 personas, siendo el segundo departamento más poblado, luego de Montevideo, según datos del último censo, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2011).

En los segmentos censales correspondientes a localidades reconocidas oficialmente como tales por el INE y ubicados en la costa, viven 155.874 personas, aproximadamente el 30% de la población de todo el departamento.

Canelones tiene una línea de costa de aproximadamente 65 km de largo, casi el 10% de toda la costa uruguaya. La superficie total de Canelones es de 4.536 km² y la de sus localidades costeras es de 147 km² (INE, 2011a) La densidad de población del departamento es de aproximadamente 115 habitantes por km², mientras que en las localidades costeras es de 1.060 habitantes por km². En una superficie equivalente al 3,2% de todo el departamento vive el 30% de su población. Delimitando una faja costera de 500 metros de ancho hacia el continente, generamos un polígono con una superficie de 66 km², donde viven aproximadamente 70.000 habitantes, lo que representa el 1,4% de la superficie total y el 13% de la población, manteniendo la densidad calculada para las localidades costeras.

Mapa 1: departamento de Canelones y su faja costera.



La concentración de población en la zona costera no es un fenómeno exclusivo del departamento de Canelones, sino que también se da, en mayor o menor grado, en otros departamentos costeros.

Los espacios costeros constituyen zonas particularmente vulnerables, afectadas por fenómenos físicos particulares, con una geomorfología dinámica y a su vez una gran valorización social y económica. Como mencionamos anteriormente, casi un millón de personas vive en zonas costeras del país, y muchos eligen estas como lugar de esparcimiento y recreación¹, lo cual, sumado al turismo internacional atraído por las playas del Uruguay, someten a los espacios costeros a presiones antrópicas particulares, diferentes a las existentes sobre los espacios agrícolas o industriales.

En esta investigación utilizaremos la categoría “espacios costeros”, para referirnos a la categoría geomorfológica “medio litoral”, definida por Javier de Pedraza como “aquella zona de interacción y tránsito entre ambientes acuáticos y terrestres (...)” (DE PEDRAZA GILSANZ, 1996, p. 275).

Analizar el riesgo y la vulnerabilidad en la costa de Canelones nos parece un tema relevante, desde el punto de vista social como desde el científico.

Abordándolo desde el punto de vista social, es decir desde nuestra interpretación

¹ Aunque no hay datos exactos, se estima que más de un millón de turistas extranjeros han visitado la zona costera, y más de tres millones de viajes de turistas nacionales se han realizado hacia esa zona (MINTUR, 2015).

sobre aquellos aspectos que hacen de este tema algo importante para la sociedad, consideramos que la exposición de los espacios costeros a factores de riesgo, afectan las posibilidades de su conservación, su atractivo, su valor económico, las infraestructuras y equipamientos con las cuales ese espacio cuenta. La costa de Canelones tiene un alto valor, y su explotación mediante el turismo es una fuente de recursos importante para el departamento y para el país.

Desde el punto de vista científico, nos parece importante generar una metodología para cuantificar el riesgo y la vulnerabilidad de los espacios costeros. Disponer de esa información es un insumo necesario para tomar medidas de mitigación, que atiendan los procesos de degradación que ocurren en aquellos “hot spots”, o puntos de máxima vulnerabilidad.

2.2 Problema de investigación

El problema de investigación de la presente tesis de grado es la cuantificación del riesgo y la vulnerabilidad en espacios costeros, la determinación de los agentes de riesgo y vulnerabilidad a los que están sometidos los espacios costeros, y particularmente la costa de Canelones (donde no existen factores de riesgo que sí existen en otras costas, como terremotos, tsunamis, huracanes, etc.).

Se elige particularmente la costa de Canelones, por ser un espacio importante social y económicamente, con problemas de erosión, barrancas en retroceso y déficit de arena en playas, además de ser un espacio abarcable por un proyecto de investigación como el que nos proponemos. También se debe tener en cuenta que los procesos geomorfológicos actuantes en el presente, pueden volverse más relevantes en el futuro e incluso acelerarse debido al cambio climático (en particular al aumento de temperaturas promedio). La intensificación del ciclo hidrológico, con eventos de tormenta más enérgicos, asociados al aumento del nivel medio del mar, probablemente tendrán como consecuencia, entre otras, un aumento en la erosión de zonas costeras.

Aparte del problema de investigación que se mencionó al principio de este apartado, se pueden identificar problemas secundarios pero que resultan determinantes al momento de seleccionar la estrategia metodológica tales como:

- la elección de las variables a analizar y su operacionalización
- la disponibilidad, calidad y actualización de los datos a relevar.

2.3 Objetivos

Objetivo general:

Analizar y cuantificar el riesgo y la vulnerabilidad en la zona costera del departamento de Canelones.

Objetivos específicos:

- Integrar indicadores físico-ambientales y socio-económicos en un índice que permita la cuantificación
- Desarrollar una metodología incorporando un sistema de información geográfica (SIG), para espacializar los indicadores
- Identificar zonas particularmente vulnerables
- Mapear el valor del suelo para la zona Costera de Canelones, como forma de cuantificar posibles pérdidas económicas

2.4 Preguntas de investigación

- ¿Cómo integrar y operacionalizar información sobre variables físicas, ambientales y socio-económicas?
- ¿Cómo espacializar los indicadores?
- ¿Cuáles son las zonas de máxima vulnerabilidad?
- ¿Qué acciones de mitigación se pueden tomar?
- ¿Cuál es el valor económico aproximado de los daños posibles?

2.5 Diseño metodológico

En función de los objetivos planteados se comenzó por el relevamiento bibliográfico.

Posteriormente se delimitó el área de estudio, teniendo en cuenta la información cartográfica disponible y el conocimiento previo sobre los fenómenos de erosión y retroceso de barrancas que se dan en la costa de Canelones. La existencia de capas de datos con curvas de nivel de dos metros de equidistancia es fundamental para poder trabajar a una escala de análisis que le dé mayor precisión y consistencia técnica al presente trabajo.

Se consideró necesario el uso de tecnologías de la información geográfica para llevar a cabo el presente proyecto, en particular el ingreso de la información en un sistema de

información geográfica (SIG) y el uso de los SIGs para trabajar con dicha información.

Un SIG es “un conjunto de herramientas para reunir, introducir (en el ordenador), almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos” (como se cita en (BOSQUE SENDRA, 1992). Una definición más abarcadora es la introducida por Víctor Olaya, para quien el SIG “es una herramienta integradora que busca abarcar en su ámbito todas las funcionalidades que se requieren para el trabajo con variables y elementos espacialmente localizados, incorporando para ello capacidades variadas (...)” (OLAYA, 2016).

El uso de SIGs para ordenar información y producir información nueva, con componentes espaciales y temporales, es de una gran potencialidad, tanto en el ámbito académico como en los ámbitos de gestión pública y privada. Los SIGs permiten disponer de grandes volúmenes de información georreferenciada, operar con ella y producir nueva información, o actualizar la existente en forma continua. Resulta fundamental la posibilidad de superponer capas de información geográfica, permitiendo realizar operaciones con ellas. Cada capa modeliza el comportamiento espacial de determinada variable o indicador, en un momento específico. Por ejemplo, un **modelo digital de elevación** representa las alturas del suelo sobre el nivel del mar, es decir que a cada dato espacial (la ubicación del píxel) se anexa el dato numérico relativo a la altura. Contar con diferentes capas de información permite operar en referencia a un espacio con variables diversas, ponderándolas según se defina.

Existe gran cantidad de aplicaciones documentadas de SIGs en análisis del riesgo (MASKREY, 1998) Vale destacar que el SIG presenta limitaciones para incorporar las visiones subjetivas del riesgo, aquellas referidas a lo vivencial, a los riesgos percibidos por individuos, comunidades, etc., reduciendo la visión a lo meramente técnico (o tecnocrático). Esto se podría evitar en forma parcial cartografiando los saberes locales y populares, el conocimiento de las comunidades. Para lograrlo una metodología válida es la cartografía social o mapeo participativo, y la realización de talleres con pobladores, actores locales o informantes calificados de las comunidades, para determinar los factores de vulnerabilidad (KIENBERGER, 2012) También la relativamente nueva fuente de datos denominada “crowdsourcing”² y posibilitada por la masificación de internet, se presenta como una

² Se denomina así al proceso para obtener datos mediante la solicitud de contribuciones voluntarias de una comunidad de usuarios de internet. En general se aplica para pequeñas tareas pero desarrolladas por un gran número de voluntarios. Los ejemplos más conocidos son Wikipedia y OpenStreetMap. Vale destacar el uso que

alternativa viable (BEHREND, SHAREK, MEADE, & WIEBE, 2011). Pensamos que incorporar metodologías innovadoras para abordar esta carencia de los SIGs es un desafío interesante y necesario.

En este trabajo no nos propusimos alcanzar el “*enfoque holístico*”, según la denominación de Maskrey, para el cual se debería incorporar plenamente al análisis del riesgo un estudio de las **subjetividades involucradas**. Sin embargo estamos en desacuerdo con la propuesta del riesgo como “una variable objetiva, cuantificable y absoluta” y tampoco la aplicamos en esta investigación, ya que no desatendemos las causas sociales, culturales y económicas que producen la vulnerabilidad y sus representaciones. En consecuencia, nuestro enfoque está más cercano al “**concepto de riesgo como la probabilidad de pérdida, y por lo tanto, como una variable que puede medirse y cuantificarse**” (MASKREY, 1998, p. 34)

Para trascender la mera aplicación de operaciones en el ambiente SIG, se intentó implementar una metodología automatizada, creando una “sintaxis” o “consulta” documentada. De esta forma se pudo revisar constantemente los procesos aplicados y los productos generados. La metodología es re-utilizable en futuros proyectos, y se puede adaptar para operar sobre otra información, llegando a productos diferentes. Para el trabajo con la información y la implementación de la metodología se usaron programas informáticos libres y lenguajes de programación abiertos.

Una vez tomada la definición usar los SIGs como parte de la metodología y habiendo delimitado espacialmente la unidad de análisis, se procedió a generar información para describir la zona desde lo demográfico, y presentar datos de su evolución en el tiempo. Para esto se procesó la información relevada por el Censo 2011 (INE, 2011b) y los conteos de hogares y viviendas de los censos anteriores (1996, 1985, 1975 y 1963). Se usó el software estadístico R (R Core Team, 2015) para obtener las tablas y gráficos presentados en el Marco de Referencia³, y también el software QGIS para la realización de mapas (QGIS Development Team, 2016). Dado que la población es uno de los factores que inciden en la vulnerabilidad, se decidió incorporar al índice la densidad de población a nivel de localidad.

se le dio a OpenStreetMap luego del terremoto que afectó Haití en el año 2010, cuando voluntarios de todo el mundo realizaron, desde sus computadoras personales, el mapeo de carreteras, edificios y campos de refugiados, para ser utilizados en la respuesta a la emergencia, siendo de gran utilidad dada la inexistencia de esta información (ver: <https://vimeo.com/9182869>).

3 En los Anexos se documenta la sintaxis utilizada para llegar a las tablas y gráficos presentadas en dicha sección, facilitando la reproducción de los resultados.

Al carecer de información geográfica digital sobre la línea de costa, se realizó una vectorización de la misma, a partir de imágenes satelitales extraídas del software Google Earth, con fecha 20 de enero de 2015 (Google Inc., 2013)

Para disponer de información sobre la altura del terreno en alta resolución espacial, se optó por la construcción de un MDT propio, interpolando los datos de curvas de nivel proporcionadas por el Servicio Geográfico Militar, para las localidades urbanas del Uruguay (esto incluye prácticamente toda la costa de Canelones).

Con el fin de incluir en la cuantificación de la vulnerabilidad eventuales pérdidas económicas relacionadas con el impacto de una amenaza, es decir el valor de los daños posibles, se tomó el valor del suelo como un dato cuantitativo aproximado referido a posibles pérdidas económicas. Luego de realizar una búsqueda al respecto, constatamos la inexistencia de información sobre el valor del suelo, ya sea producida por agencias estatales, municipales, cámaras empresariales o investigaciones académicas. Es posible que existan datos en la Dirección Nacional de Registros, sin embargo esos datos están protegidos por ley, por lo cual son inaccesibles. Al carecer de datos al respecto fue necesario producirlos, sistematizando y georreferenciando avisos sobre ventas de inmuebles publicadas como en medios de prensa.

También se incorporó información sobre presencia de infraestructuras a partir del mapa web colaborativo y abierto Open Street Map (OpenStreetMap contributors, 2016).

Posteriormente, aplicando la metodología en SIG desarrollada (ver capítulo 4), se logró resumir todas las variables de interés a puntos sobre la línea de costa vectorizada. Se construyó un índice que opera con esos datos y se determinaron seis zonas de alta vulnerabilidad.

Cómo forma de contar con información cualitativa, se realizaron dos entrevistas a expertos en la temática. En primera instancia se entrevistó a la Dra. Filomena Martins, profesora del Departamento de Ambiente e Ordenamento de la Universidade de Aveiro, Portugal, quien ha trabajado sobre la percepción social del riesgo en las costas portuguesas y cuenta con amplia experiencia y conocimiento en el tema. La Dra. Martins visitó el país para impartir el curso “Percepción social del Riesgo Costero”. En segunda instancia se entrevistó al Ing. Agr. Gerardo Vanerio, magíster en ingeniería ambiental, quien tiene un amplio conocimiento de la costa de Canelones, producto de su desempeño en la Dirección General de Gestión Ambiental de la Intendencia de Canelones. Ambos entrevistados aportaron

información valiosa para la orientación del presente trabajo, así como nuevas ideas para la proyección a futuro del mismo.

2 Marco teórico

2.1 Vulnerabilidad, riesgo y amenazas

Al dar los primeros pasos en la temática del riesgo, quien lo haga, necesariamente se encontrará con tres términos presentes en la literatura especializada: vulnerabilidad, riesgo y amenaza. A su vez las acepciones de dichos términos no son unívocas para cada investigador o agencia.

La pluralidad de significados puede derivar en confusiones, producto de los diferentes significados que se le otorgan a los conceptos, así como los cambios de estos a través del tiempo. Por ello pensamos necesario esclarecer previamente a qué hacemos referencia con cada concepto utilizado.

Amenazas

El geógrafo inglés Allan Lavell define amenaza como “la posibilidad de la ocurrencia de un evento físico que puede causar algún tipo de daño a la sociedad” (LAVELL, s. f.). Una comunidad o territorio se encuentra “amenazado” cuando convive con la influencia del fenómeno, pero a su vez puede estar potencialmente amenazado, cuando el fenómeno está latente y no se ha expresado aún. Puede ser de carácter natural o tecnológico, es decir provocado por el hombre. Por ejemplo, una comunidad andina puede estar y sentirse amenazada por la posibilidad de ocurrencia de un sismo, aunque este no esté ocurriendo en ese momento, o no haya ocurrido con anterioridad, durante un lapso determinado de tiempo (o inclusive nunca, aunque es poco probable que esto suceda).

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es un concepto polisémico, que muchas veces se usa para referirse a la realidad socio-económica de una comunidad o sociedad, como vulnerabilidad social, a veces confundida con “pobreza” (PIZARRO, 2001), y otras en referencia a aspectos ambientales o geológicos, como vulnerabilidad física.

Una definición convencional es la proporcionada por (CAMBERS, 2001), quien la toma como la identificación de recursos en riesgo, y también como la habilidad de un país de enfrentarse a las consecuencias de un evento. Consideramos que esta definición debe ser profundizada y problematizada.

Los estudios centrados en aspectos físicos, en general enmarcados en las ramas de las ciencias naturales, dentro de las denominadas geociencias (geología, oceanografía física, geomorfología, etc.), acotan la vulnerabilidad a un elemento vulnerable en cuestión y las variables físicas que lo ponen en riesgo (KOKOT, CODIGNOTTO, & ELISSONDO, 2004) Por ejemplo, infraestructuras vulnerables a deslizamientos de tierra.

Nos parece más ajustado a nuestro enfoque entender la **vulnerabilidad** como “la interfaz entre la exposición a amenazas físicas para el bienestar humano y la capacidad de las personas y comunidades para controlar tales amenazas” (PNUMA, 2002). En la relación entre el medio físico y las actividades humanas reside la noción de vulnerabilidad; ésta radica en el grado de indefensión de la sociedad o de un grupo social ante los eventos físicos negativos. La vulnerabilidad preexistente determina el nivel de impacto de un evento extremo, es decir la magnitud de los daños ocasionados; se asemeja a una condición estructural previa (ALONSO, 2002). La podemos considerar “sinónimo de debilidad o fragilidad, y la antítesis de capacidad y fortaleza” (LAVELL, s. f.)

Según la División de Población de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), vulnerabilidad implica la **exposición a riesgos**, la **incapacidad para enfrentarlos** y la **inhabilidad para adaptarse activamente**. “Riesgo” es entendido como una contingencia que puede traer efectos adversos para una unidad de referencia (que puede ser un hogar, persona, comunidad, empresa, ecosistema, etc.); no necesariamente es negativo, es decir que puede implicar también una oportunidad.

Otra definición es la aportada por el Diccionario de Geografía Aplicada

Es una medida de la exposición forzosa al estrés crítico, al azar, combinado con la capacidad restrictiva a sobrevivir por sí misma. Es una función de la impotencia; se crea cuando la gente hace frente al fenómeno más allá de su control o de su comprensión o cuando algunos están expuestos a algo y no conocen su peligro. (LÓPEZ, 2015)

Con relación a la cita anterior, se puede afirmar que esa “impotencia” o susceptibilidad se asocia al nivel de desarrollo de un país o comunidad. Este determina la capacidad para afrontar determinados fenómenos con mayor o menor éxito, a su vez las características del sistema vulnerado (sobre el cual la amenaza “golpea”) son determinadas en parte por dicho nivel de desarrollo.

A su vez las comunidades cuentan con conocimientos o saberes propios, que no tienen

un origen académico, sino que son aprendidos por tradición oral. Estos condicionan la construcción social del riesgo, es decir qué actividades, conductas o fenómenos son riesgosos, y la intensidad en que lo son.

Como ejemplo basta leer las ideas planteadas en “Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres”, donde se afirma que la elección de zonas vulnerables para habitar puede ser voluntaria o no, y en esto incide la clase social y el poder adquisitivo de las personas:

(...) las lluvias torrenciales pueden arrasar con las casas de ricas áreas residenciales de las laderas, como Topanga Canyon (cerca de Los Angeles) o las laderas de Oakland-Berkeley (cerca de San Francisco), así como también las de los pobres en Río de Janeiro o Belo Horizonte. Pero hay tres diferencias importantes. En primer lugar, poca gente rica se ve afectada si comparamos el número de víctimas de deslizamientos en varias ciudades del mundo. El dinero compra diseño e ingeniería que reducen al mínimo (pero claro que no eliminan) la frecuencia de esos sucesos para los ricos. (...) En segundo lugar, vivir en el arriesgado ambiente del cañón es voluntario para el rico en California, pero no para el pobre desempleado brasileño o filipino que vive en un barrio pobre de la ladera. (...) la ocupación de las laderas de las colinas de los habitantes de los caseríos es menos voluntaria que, por ejemplo, la del ejecutivo corporativo que vive en Topanga Canyon "por el paisaje".

El pobre de la ciudad utiliza su ubicación como la base alrededor de la cual organiza actividades para subsistir (...). Si la estructura de la tenencia de tierras urbana y el alquiler significan que lo más cerca de las oportunidades económicas es la barriada de la ladera, la gente se localizará allí sin importar los riesgos de los deslizamientos (...).

En tercer lugar, las consecuencias de un deslizamiento de lodo son mucho menores para el rico que para el sobreviviente pobre. (...) El pobre (...) tiene todos sus bienes de capital (...) reunidos en el mismo sitio del desastre. (...). Por otra parte (...) la localización misma es un recurso de subsistencia para el pobre ciudadano. (Blaikie, Cannon, David, & Wisner, 1996, p. 14)

Nos parece de particular interés la afirmación relativa al asentamiento de población pobre o de escasos recursos, en la cual la propia ubicación en determinada ciudad implica un “capital”. Las posibilidades de subsistencia y la economía de un hogar están atadas a esa localización, por lo cual que sea riesgosa, degradada ambientalmente o degradada desde el punto de vista paisajístico, es secundario; las familias tienen que convivir con el riesgo para su supervivencia.

En la costa, por lo general, la situación es opuesta: quienes puede vivir allí tienen

mayor poder adquisitivo, y pueden permitirse acceder a viviendas en estas zonas, las cuales son apreciadas por sus paisajes y posibilidades de uso, así como la conexión con otras áreas de la ciudad en el caso de no ser segundas residencias (casas de verano o casas de fin de semana). Existen excepciones en toda la costa uruguaya, como el asentamiento Las Malvinas en Colonia del Sacramento; los asentamientos de pescadores en Pajas Blancas, Montevideo o San Luis, departamento de Canelones; Santa Catalina o la villa del Cerro de Montevideo, por mencionar algunos de los territorios más conocidos. Podemos afirmar que en la mayoría de la zona costera objeto de estudio, los residentes eligieron vivir allí por voluntad propia, o al menos con mayor grado de libertad que un hogar de bajos recursos, o decidieron construir allí sus segundas residencias⁴. En cierto sentido es posible afirmar que, como en los ejemplos propuestos por Blaikie et. al., la ocupación de zonas vulnerables es mucho más voluntaria en estos casos, aunque podría ser desconocida por carecer de la información necesaria.

Mapa 2: asentamientos irregulares en la costa uruguaya.



Según el Diccionario de Geografía Aplicada se puede identificar tres abordajes de la vulnerabilidad: vulnerabilidad naturalista, vulnerabilidad Antrópica, vulnerabilidad como riesgo natural (LÓPEZ, 2015, p. 638).

En el abordaje **naturalista** la condición de vulnerable se aplica al sistema natural o sus elementos, por ejemplo ecosistemas, paisajes, cuencas, suelos, formaciones geomorfológicas, etc. Se usan indicadores cuantitativos para determinarla.

La **vulnerabilidad antrópica**, a diferencia de la anterior, es aquella que recae directamente sobre las personas, sus bienes y actividades, por ejemplo ciudades, cultivos,

⁴ A su vez existen zonas costeras vulnerables desde el punto de vista social asociadas a la explotación de un recurso, como los asentamientos de pescadores artesanales.

rutas, edificios, etc.

La **vulnerabilidad como riesgo natural** identifica en forma unívoca la vulnerabilidad con el riesgo natural. Es determinada por la ocurrencia de un evento extremo o desastre, el cual puede ser exacerbado o inducido por las actividades humanas, por ejemplo la vulnerabilidad inducida por la modificación del cauce de un curso de agua.

Éste esquema es de suma utilidad para organizar las diferentes concepciones de vulnerabilidad, aunque como toda categorización implica una simplificación. En el caso de la presente investigación, las tres categorías propuestas están implícitas dado que hay sistemas naturales en juego, como lo son las playas y la geomorfología costera o el paisaje, los cuales tienen un valor cultural y conforman un atractivo turístico. Además existen bienes e infraestructuras vulnerables, que pueden ser afectadas por determinados eventos. Finalmente destacamos que la vulnerabilidad tiene un componente antrópico, no referido a que las afectaciones pueden recaer sobre bienes o personas, sino debido a que la intervención de los paisajes (es decir la antropización de los mismos), puede ser un factor determinante en la ocurrencia de ciertos fenómenos, como en este caso la erosión y el retroceso de barrancas, aumentado o alterado por obras de mitigación que no dieron los resultados esperados, como los espigones, producto de una concepción “ingenieril” de la vulnerabilidad y el riesgo.

Riesgo

En la revisión bibliográfica sobre el tema se encontró un trabajo de gran pertinencia para esta investigación, el libro “Navegando entre brumas” editado por Andrew Maskrey, recopila una serie de artículos respecto al riesgo y el uso de SIGs para abordar el tema, y contiene un extenso marco de referencia sobre la evolución de los conceptos asociados a la gestión del riesgo (MASKREY, 1998).

Allí se distinguen varios enfoques históricos en los cuales se enmarcan los diferentes abordajes de investigaciones relacionadas con la gestión del riesgo: el de las ciencias naturales, el de las ciencias aplicadas y el de las ciencias sociales (MASKREY, 1998, p. 10)

El de las ciencias naturales corresponde a las primeras investigaciones en la temática. Al comienzo identificaban plenamente el evento extremo como un desastre, y por ende la magnitud de ese desastre era la misma que la del evento físico en cuestión. Siguiendo a Maskrey, podemos afirmar que este enfoque excluye las responsabilidades sociales que hay detrás del riesgo, llevándolos a la categoría de eventos imprevisibles producto de la

naturaleza. Dicha concepción potenció la necesidad de investigarlos exclusivamente desde las ciencias naturales, atendiendo a los procesos geológicos, meteorológicos, etc., que generan dichas amenazas naturales. A su vez se identifica esta concepción como presente, en forma subyacente, en diversos estudios y en el discurso de organismos internacionales (Naciones Unidas, Banco Mundial).

Cuando se comienza a estudiar los daños y pérdidas debido a las amenazas, se evidencia que las consecuencias de un evento no son necesariamente relativos a su magnitud, es decir que los daños no son directamente proporcionales a la magnitud de un evento. El ejemplo típico es el de las consecuencias de un terremoto en un desierto: probablemente no excedan las modificaciones del paisaje, mientras que un evento de la misma magnitud entendida como su expresión puramente física (en el caso del ejemplo, medida en la escala Richter) pero en una ciudad, tendría graves consecuencias sociales, económicas, en pérdidas de vidas humanas, pérdidas materiales, daños en la infraestructura, etc. En ese momento es que se introduce el concepto de **vulnerabilidad**, y se comienza a identificar el **riesgo** como función de la amenaza y la vulnerabilidad (MASKREY, 1998, p. 11). Este enfoque será el de las ciencias aplicadas, proponiendo fórmulas para operacionalizar el concepto de riesgo, como por ejemplo:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza natural} * \text{Vulnerabilidad}$$

(MASKREY, 1998, p. 12)

Según Maskrey, el objetivo de estos trabajos era el diseño de medidas que permitieran mitigar las consecuencias de los eventos.

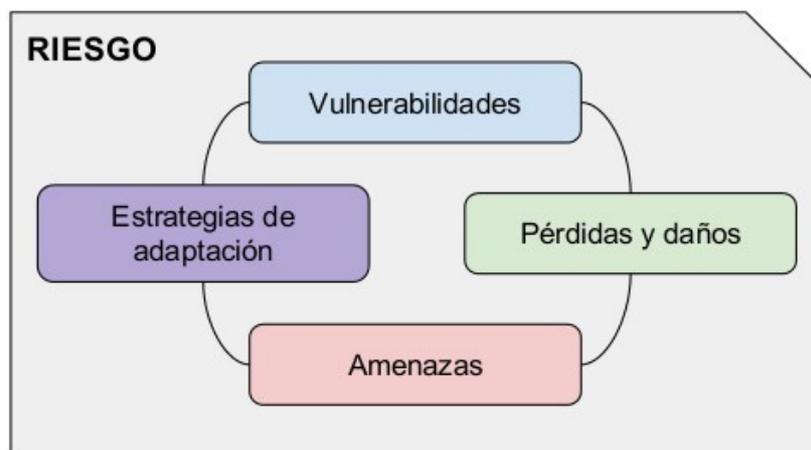
Paulatinamente, las ciencias sociales van acercándose al estudio del riesgo, incorporando la subjetividad como categoría analítica. La vulnerabilidad pasa a considerarse como un valor de carácter social, lo cual conlleva a diferentes gestiones de los riesgos a los cuales las sociedades se enfrentan. También se incorporarán las capacidades de resistencia y recuperación al análisis. De esta forma se llega a la concepción de la vulnerabilidad como socialmente producida, llevando las responsabilidades de la ocurrencia de un desastre al área de lo político, lo económico y lo social.

Maskrey propone un enfoque holístico del riesgo, que nos parece innovador y adecuado: “planteamos un modelo de escenario de riesgos en un intento de integrar dichos

aportes en una visión del riesgo, que relaciona tanto las amenazas y las vulnerabilidades como las pérdidas y las estrategias de mitigación de las mismas” (MASKREY, 1998, p. 19)

Este enfoque ya está presente en el estudio de Peter Winchester llamado “Power, Choice and Vulnerability” (WINCHESTER, 1992), y Maskrey lo caracteriza: “definió al riesgo como una relación dinámica entre (1) vulnerabilidades, (2) amenazas, (3) pérdidas y daños y (4) estrategias de adaptación, en el marco de una determinada unidad social como el hogar.” (MASKREY, 1998, p. 19) Las estrategias de adaptación se construyen en función del valor social que la sociedad otorga a un determinado riesgo, por lo cual socava la creencia de la existencia objetiva del riesgo, en tanto un valor absoluto.

Esquema 1: enfoque holístico de Winchester, según Maskrey



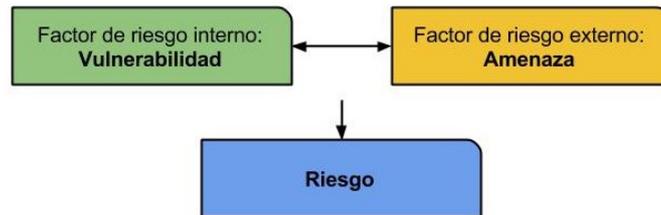
Otros aportes significativos para conceptualizar el riesgo son los vertidos por Omar Cardona (CARDONA, 2001), quien define el riesgo como la integración del evento extremo, su contexto y sus consecuencias. En la conjunción de la amenaza y la vulnerabilidad se establece el riesgo.

- **Vulnerabilidad** como factor de riesgo interno a la comunidad (o sistema al que se refiere el estudio).
- **Amenaza** como factor de riesgo externo (por ejemplo, una inundación)
- **Riesgo** como el potencial de daños que puede ocurrirle al sujeto expuesto, cuando se materializa la amenaza sobre una situación previa de vulnerabilidad. (CARDONA, 2001)

Cuánto más vulnerable sea un territorio, estará sometido a una situación de mayor

riesgo ante las amenazas, por lo cual los daños acontecidos serán mayores ante determinados fenómenos extremos o desastres. En el esquema se intenta graficar la propuesta de Cardona.

Esquema 2: factores de riesgo interno y externo según Cardona



En el mismo sentido Lavell lo define como la “posibilidad y probabilidad de daños relacionados con la existencia de determinadas condiciones en la sociedad, o en el componente de la sociedad bajo consideración (individuos, familias, comunidades, ciudades, infraestructura productiva, vivienda etc.)” (LAVELL, s. f.).

Según el autor la existencia de riesgo es determinada por los factores de riesgo, que pueden ser de amenazas o de vulnerabilidad. Por “amenaza” refiere a la posibilidad de ocurrencia de un evento físico que puede ocasionar un daño en la sociedad. Sería un determinante del medio. Por “vulnerabilidad” se refiere a las características de la sociedad que la predisponen a sufrir daños frente al impacto de un evento físico y que juegan en contra de su posterior recuperación (LAVELL, s. f., p. 3)

Esquema 3: factores de riesgo según Allan Lavell



También es pertinente mencionar el concepto de “resiliencia”. En términos generales refiere a cómo un sistema, sociedad o individuo lidia con un cambio, distorsión o hecho

inesperado y sorpresivo; aplicado a la gestión del riesgo, refiere a la capacidad de una sociedad o comunidad para sobreponerse a los eventos extremos o desastres. Es la capacidad de recuperación ante el impacto negativo de una catástrofe, y refiere tanto a lo material o físico como a lo social. Una sociedad es “resiliente” cuando tiene las capacidades de volver rápidamente al estado anterior con posterioridad al evento extremo que la afectó (MITCHELL & HARRIS, 2012).

2.2 Vulnerabilidad y riesgo en el espacio geográfico

Todo riesgo es espacial, es decir tiene una expresión en el espacio. Hay riesgos que pueden implicar a todo el planeta y otros que no trascienden la escala local, estando delimitados a territorios acotados. A modo ilustrativo, los riesgos inducidos por el cambio climático global son, como su nombre lo indica, de escala planetaria; sin embargo se pueden reducir a expresiones territoriales menores, por ejemplo la afectación de una pequeña localidad debido a una tormenta o los perjuicios ocasionados al sector agrícola de una región debido a cambios en el ciclo hidrológico. También se hace presente el problema de las escalas al momento de comenzar el análisis.

Las zonas costeras en general son densamente pobladas y son el emplazamiento de diversas actividades productivas, vale destacar las siguientes:

- Industrias extractivas (minerales, combustibles, pesca, etc.)
- Producción agropecuaria y piscicultura.
- Comercio (puertos, rutas, logística, transporte de cargas, etc.)
- Servicios (transporte, turismo y todo tipo de servicios)
- Industrias.

Los espacios costeros son, en general, espacios vulnerables (PNUD, 2007), afectados por riesgos diversos y donde existen importantes activos en juego, tanto económicos como culturales, sociales y ambientales. En las zonas costeras uruguayas, coincidiendo con la realidad mundial, existen grandes asentamientos humanos en sistemas muy dinámicos desde el punto de vista geomorfológico. Esta combinación particular entre la dinámica geomorfológica, las dinámicas climáticas, y los factores antrópicos mencionados inciden en su calidad de sistema vulnerable.

En la presente investigación la entidad vulnerable es el sistema costero. Pero nuestra concepción del espacio geográfico como necesariamente antrópico, implica que la costa no

sea abordada exclusivamente desde la geografía física o desde la geomorfología, sino que debemos concebirla como un sistema socio-ambiental, incorporando lo social como factor de vulnerabilidad.

2.3 Cuantificación de la vulnerabilidad

A partir de las definiciones de vulnerabilidad referenciadas en el apartado (1.1), podremos acordar con la siguiente afirmación: la vulnerabilidad no es directamente medible, dado que es un concepto teórico, es decir no responde a algún fenómeno observable o medible en forma concreta (como el calor o los ingresos) (HINKEL, 2011, p. 200).

Siguiendo a Hinkel, en lugar de “medir”, la expresión correcta es “**operacionalizar**” el concepto. Este proceso, que implica proveer un método para reducir el concepto a variables observables, se denomina definición operacional; para el caso particular de la vulnerabilidad se denomina generalmente **metodología para la determinación de la vulnerabilidad**.

Hinkel identifica tres pasos en el desarrollo de índices de vulnerabilidad (HINKEL, 2011, p. 201):

1. **Definir lo que se va a indicar.** Por ejemplo en el caso de los indicadores de vulnerabilidad al cambio climático, sería la vulnerabilidad de una entidad al cambio climático. Generalmente estas entidades son referenciadas como sistemas socio-ecológicos.
2. Definir las **variables indicadoras** y definir el **dominio de la función indicadora**.
3. Definir la **función** propiamente dicha.

Según Hinkel los dos desafíos principales son: definir exactamente la entidad vulnerable y desarrollar indicadores de vulnerabilidad en su aspecto de predicción a futuro (incorporar la evolución de los sistemas, implica la construcción de un modelo predictivo).

En la bibliografía relevada pudimos diferenciar tres categorías de índices para la vulnerabilidad de costas. En primer lugar tenemos a aquellos que, como el **Coastal Vulnerability Index (CVI)**, integran variables físicas (OJEDA, ÁLVAREZ, MARTIN, & FRAILE, 2009). Luego aquellos que incorporan dimensiones socio-económicas al CVI

(IMN, 2005). En tercer lugar tenemos índices complejos que incorporan aspectos cualitativos a través de técnicas de consulta a expertos, como el Método Delphi (YOO, HWANG, & CHOI, 2011)

En lo que refiere a la cuantificación de la vulnerabilidad en zonas costeras, hemos encontrado mucha bibliografía, con diversos enfoques, a partir de la cual se intenta definir cual es el método más adecuado para aplicar en la presente investigación.

Uno de los instrumentos más usados en la bibliografía específica sobre el tema es el **Coastal Vulnerability Index (CVI)** o Índice de Vulnerabilidad Costera (PENDLETON, THIELER, & WILLIAMS, 2010). El CVI es sintético y se integra por variables cuantitativas. El mismo fue desarrollado por el United States Geological Survey (USGS) y fue aplicado con adaptaciones a otros espacios costeros.

Según Pendleton (PENDLETON et al., 2010) el índice tiene la ventaja de ser adaptable a cualquier configuración costera porque, sin importar si el nivel del mar responde a tendencias crecientes o decrecientes, los factores determinantes del cambio costero o la evolución de la línea de costa son típicamente los mismos, incorporándolos a un índice en forma de variables que influyen fuertemente la evolución costera. El CVI se calcula a partir de seis variables:

- Geomorfología: resistencia del sustrato geológico/geomorfológico a la erosión (a).
- Tasa de cambio histórica de la línea de costa (b).
- Pendiente costera (c).
- Altura media de ola (d).
- Tasa de cambio relativo del nivel del mar (e).
- Amplitud de la marea (f).

Éstas se integran en una sencilla ecuación:

$$CVI = \sqrt{\frac{a.b.c.d.e.f}{6}}$$

Pudimos referenciar adaptaciones a los siguientes espacios geográficos:

- Andalucía, España (OJEDA et al., 2009)
- Río Negro, Argentina (KOKOT et al., 2004)
- Illawarra, Australia (ABOUDHA & WOODROFFE, 2010)

- Andhra Pradesh, India (NAGESWARA RAO et al., 2009)
- Chennai, India (ARUN KUMAR & KUNTE, 2012)
- Costa este de China (YIN, YIN, WANG, & XU, 2012)

Consideramos que el CVI es un desarrollo válido para cuantificar la vulnerabilidad costera desde el punto de vista geomorfológico, y sus diversas adaptaciones nos dan un panorama sobre las posibilidades de adaptación o modificación que presenta (algunas sumamente complejas y exhaustivas), así como sobre la diversidad de los espacios costeros a nivel mundial. Sin embargo el CVI no incorpora dimensiones socio-económicas, lo cual consideramos necesario para cumplir con los objetivos de la presente investigación.

Igualmente es necesario aclarar que nos encontramos ante fuertes limitantes en cuanto a la disponibilidad de datos para aplicación del CVI. Vale aclarar que el índice fue desarrollado por una de las agencias líderes en el mundo en los que refiere a tecnologías de la información geográfica, en particular orientada al medio físico. A su vez, los territorios de aplicación del CVI cuentan con sistemas de monitoreo en funcionamiento, es decir son espacios para los cuales el USGS dispone de un volumen de datos incomparable con la realidad uruguaya.

En particular no existen datos en Uruguay relativos la altura media de ola. A su vez, el dato de amplitud de mareas se limita a Montevideo, aunque dado el régimen micromareal al cual están sometidas las costas del Uruguay, esta variable no es determinante, con excepción de los cambios que acontecen durante los eventos extremos de tormenta en la costa, las denominadas sudestadas (VEROCAI, 2015b).

También se han encontrado trabajos relativos a la costa uruguaya. En referencia específica a la vulnerabilidad al cambio climático, existe una adaptación del CVI y aplicación al oeste de Montevideo (NAGY, PONCE, SILVA, FORBES, & KOKOT, 2005). Referida a vulnerabilidad a la erosión de la costa atlántica, existe una tesis de grado basada en fotointerpretación y estudio de las geoformas costeras, titulada “Aspectos geomorfológicos de la costa atlántica uruguaya”, elaborada por María del Carmen Álvez y tutorada por el Dr. César Goso (ALVEZ, 2011).

Otros aportes a mencionar son los realizados por Guigou⁵, dónde se adapta al CVI a pequeña escala geográfica, tomando una grilla con cuadrantes de 2 km de lado para resumir

⁵ Permanecen inéditos, pero se accedió por comunicación personal.

información física y de vulnerabilidad de los ecosistemas (GUIGOU, FERNÁNDEZ, & GÓMEZ, 2010).

Finalmente, debemos mencionar el informe final del proyecto de Iniciación a la Investigación financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) (D'ANGELO, 2013). En el mismo se intentó adaptar un índice de vulnerabilidad al cambio climático y aplicarlo en una zona piloto, para lo cual se eligió la costa de la ciudad de Colonia del Sacramento.

3 Marco de referencia

3.1 Los espacios costeros

El espacio costero es una definición dependiente de las escala de trabajo.

Cómo se mencionó anteriormente se adopta la categoría “espacios costeros” en referencia a la categoría geomorfológica “medio litoral”, definida por Javier de Pedraza como “aquella zona de interacción y tránsito entre ambientes acuáticos y terrestres (...)” (DE PEDRAZA GILSANZ, 1996, p. 275).

Según los investigadores Boak y Turner la definición idealizada de “shoreline” o línea de costa es la interfase física entre agua y tierra (BOAK & TURNER, 2005). Según ellos, la definición es de difícil aplicación, por los cambios permanentes en dicha línea, debido al movimiento de sedimentos y a la dinámica natural de los niveles del agua en la costa (olas, mareas, tormentas, etc.). A su vez recopilan una gran cantidad de definiciones e indicadores aplicados en diferentes investigaciones.

En el presente trabajo se opta por la definición más amplia aportada por Javier de Pedraza, siendo la línea de costa uno de los componentes de los espacios costeros, pero no su única expresión.

3.2 La costa de Canelones

3.2.1 Características generales

La costa de Canelones es un espacio urbanizado de aproximadamente 63 km de largo. En sus inicios fue una zona exclusivamente turística, de segundas residencias temporarias, básicamente de veraneo. Posteriormente se suma el uso como zona de residencia permanente, asociado a la expansión de la ciudad de Montevideo hacia el este, originada por el proceso de metropolización. Aunque referida a la Ciudad de la Costa particularmente, la siguiente cita, extraída del trabajo “*Extensión de un área metropolitana a través de la migración interna: el caso de la denominada Ciudad de la Costa entre 1963 y 1996*”, da un indicio sobre las causas de los cambios demográficos en la costa:

“(…) se trata de un corrimiento de la población que acompaña la disminución (...) de la

población en algunas áreas de la capital, sobre todo de las zonas costeras Este, Sur y centrales.

Este corrimiento, de gran dinámica, tuvo como uno de los propulsores la fuerte presión inmobiliaria que se produjo desde mediados de la década del '70 por la Ley de Alquileres (incrementada por la Ley de Emergencia de Alquileres de 1985), cuyos efectos se proyectaron (...) en las dos décadas siguientes, si se tiene en cuenta que a ellos se suman otros, factores de orden socio-económico fundamentalmente". (HERNÁNDEZ, 1999, p. 92)

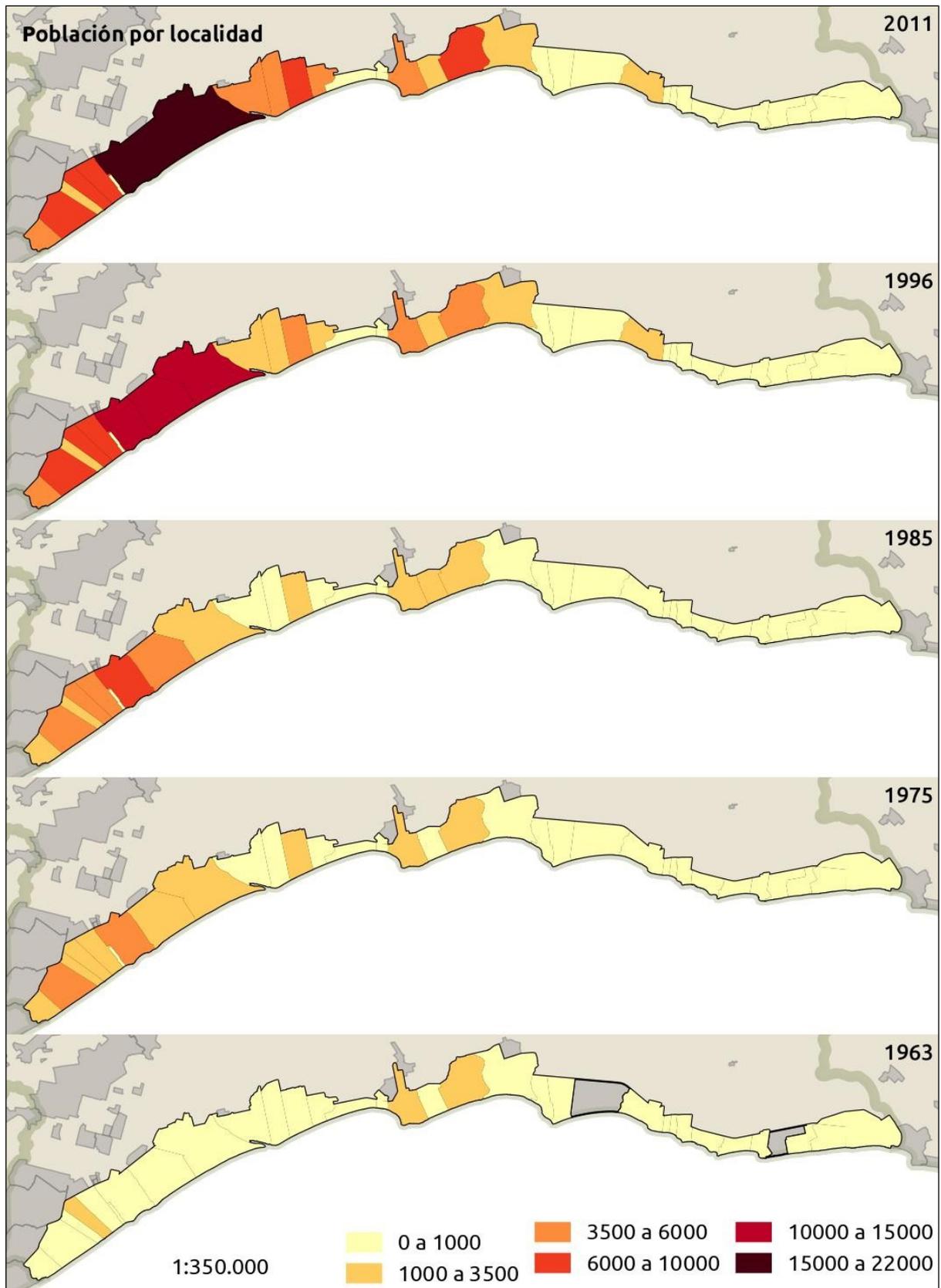
Los antiguos balnearios fueron cambiando, convirtiéndose en centros turísticos de mayor envergadura, y algunos fueron transformándose en zonas de residencia permanente, en tanto la ciudad de Montevideo se expande.

Mapa 3: localidades INE en la costa de Canelones según su año de fundación.



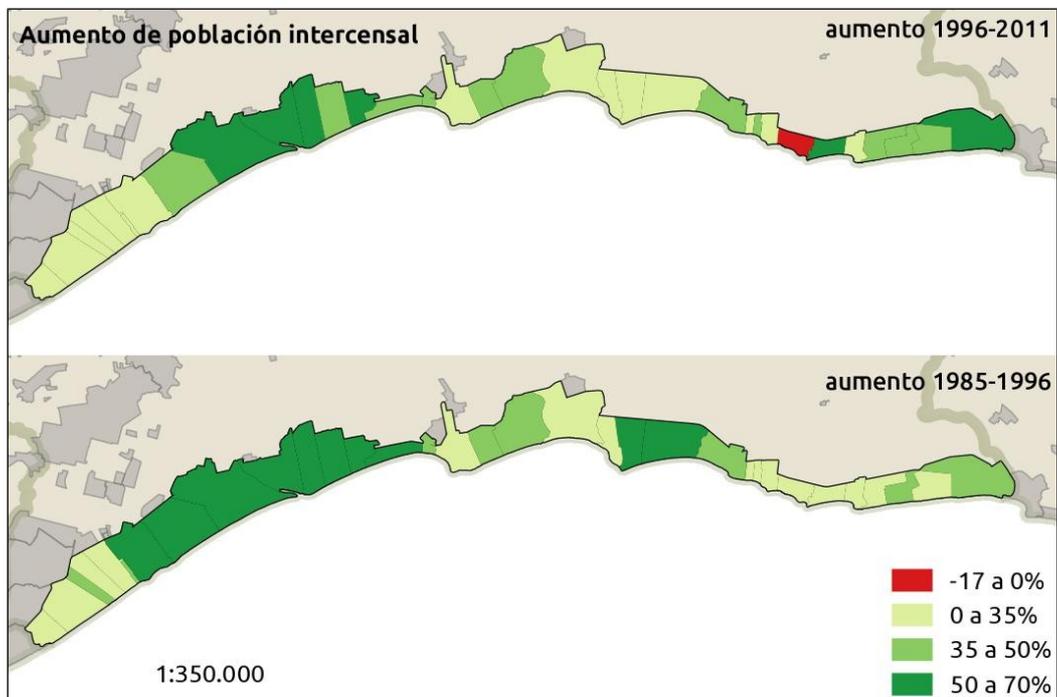
Su población ha ido creciendo a lo largo del siglo XX, a ritmo acelerado sobre todo en los últimos 30 años y en el sector que se extiende desde el límite con Montevideo hasta el balneario La Floresta.

Mapa 4: crecimiento poblacional en la costa de Canelones (1963-2011).



Cómo se puede apreciar en los mapas 3 y 4, el crecimiento de la población entre cada censo ha sido importante, superando a cualquier otra localidad del país; más que una etapa de crecimiento podríamos denominarlo como un proceso de **urbanización**.

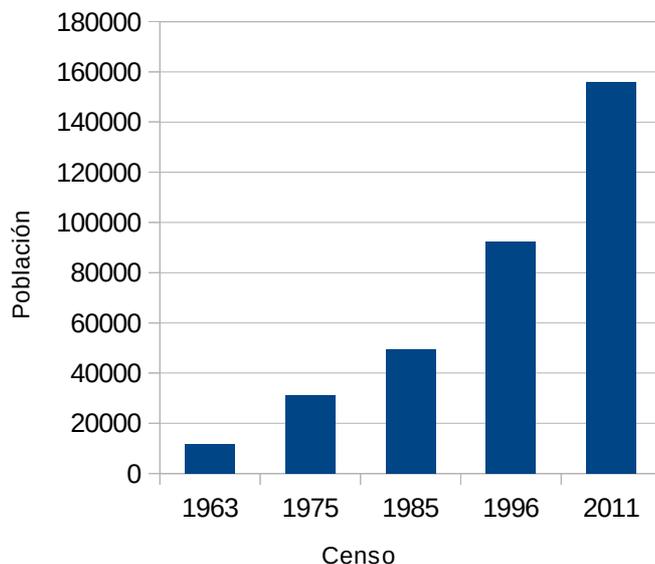
Mapa 5: crecimiento intercensal de la población en la costa de Canelones.



En este período se da el fenómeno de la ocupación para vivienda permanente de anteriores casas de veraneo, en particular en la Ciudad de la Costa: “(...) se implanta una gradual transformación de uso y densificación del parque habitacional inicialmente construido como vivienda de fin de semana y veraneo” (FOLGAR, 2005)

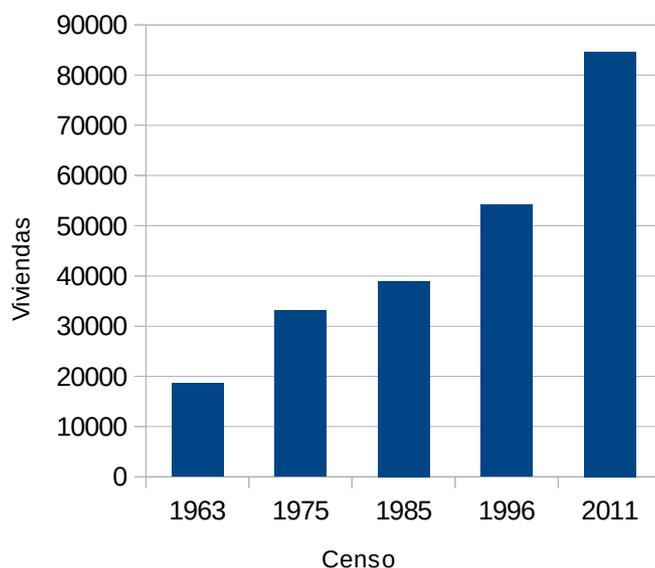
Esta modalidad de urbanización se ve alimentada por las crisis económicas y las políticas económicas de la década del '90 en Uruguay.

Gráfica 1: evolución de la población en las localidades costeras de Canelones.



El aumento de la población también implica un aumento en el stock de viviendas, aunque el ritmo de aumento se acelera durante el período intercensal 1996-2011.

Gráfica 2: evolución de las viviendas en las localidades costeras de Canelones.



En resumen, la zona costera de Canelones ha vivido un proceso de urbanización como resultado de la expansión metropolitana, principalmente en el sector comprendido entre el

arroyo Carrasco y el arroyo Solís Chico, siendo particularmente intenso en la zona de la Ciudad de la Costa (entre el arroyo Carrasco y el arroyo Pando). En el sector que se extiende hacia el este desde el arroyo Solís Chico hasta el límite departamental, el uso continúa siendo principalmente turístico, con pocos pobladores permanentes, dado que por su distancia a Montevideo no cumple el rol de ciudad dormitorio y no fue receptora de grandes contingentes de población durante el proceso de metropolización de Montevideo.

3.2.2 *Marco demográfico*

En los espacios costeros de Canelones, nos encontramos ante población en su gran mayoría no vulnerable desde el punto de vista socio-económico.

Como referencia se toman los datos del CENSO 2011 (INE, 2011b), ya que analizar algunas de las variables relevadas puede ayudar a demostrar esta realidad. Se analizó la condición de ocupación de la vivienda, la categoría de la vivienda, el número de hogares por vivienda, la condición de actividad, máximo nivel educativo alcanzado y la relación de dependencia entre edades. Dichos indicadores se analizaron a varias escalas: agregados a escala de todo el país, a escala de las localidades INE de la costa de Canelones⁶ y exclusivamente para los segmentos costeros de dicho departamento (es decir, aquellos que “tocan” la línea de costa).

De esta forma se definen tres unidades espaciales para agregar los datos censales, los cuales dan un buen marco para comprar en aspectos generales tres realidades diversas.

Con respecto a las **viviendas**⁷, se trabajó sobre la variable “**Condición de ocupación**”. Cómo se puede apreciar en la **tabla 1** y en la **gráfica 1**, el porcentaje de viviendas “**Ocupadas con residentes presentes**” es mucho más alto para el total del país que para las localidades costeras de Canelones o sus segmentos costeros. A su vez el porcentaje de las viviendas relevadas como “**Desocupadas: de uso temporal**” es inverso, es decir es mucho más alto en los segmentos costeros de Canelones, menor en Canelones propiamente

⁶ A continuación se listan las localidades costeras de Canelones según el nombre usado por el INE: Fortín de Santa Rosa, Bello Horizonte, Santa Lucía del Este, El Bosque, Los Titanes, Santa Ana, La Floresta, Jaureguiberry, Guazú - Vira, Paso Carrasco, City Golf, Parque Carrasco, Marindia, Barra de Carrasco, Las Toscas, Araminda, Lagomar, Atlántida, Pinamar - Pinepark, Cuchilla Alta, Shangrilá, San José de Carrasco, El Galeón, Villa Argentina, Parque del Plata, La Tuna, Salinas, Argentino, Solymar, Costa Azul, El Pinar, San Luis, Biarritz, Lomas de Solymar y Neptunia.

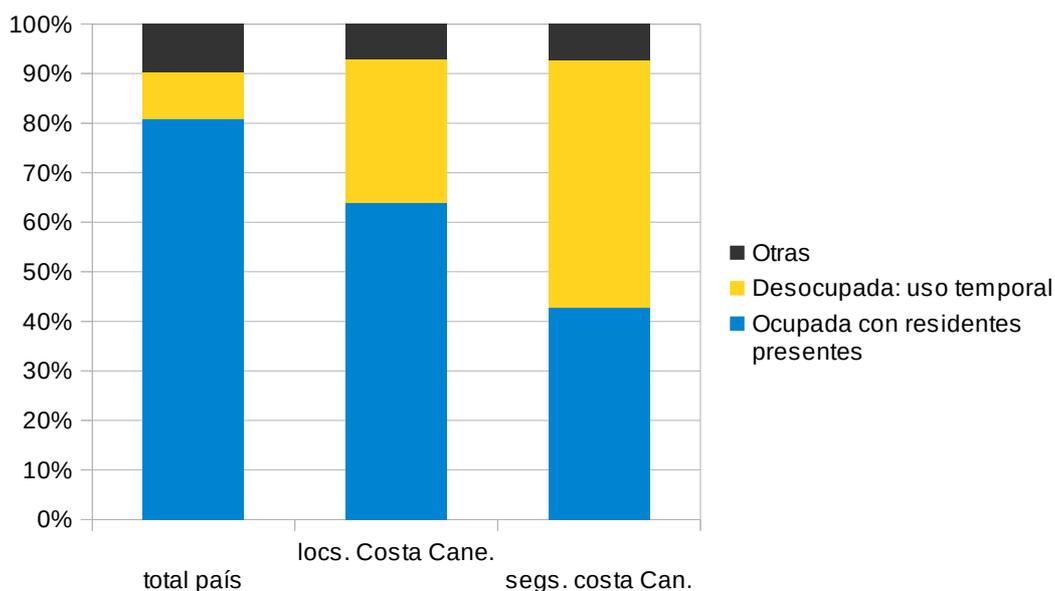
⁷ El CENSO se divide en variables orientadas a relevar datos sobre las **viviendas**, los **hogares** y las **personas**.

dicho y bajo en el total del país. Estas cifras indican que gran parte de las viviendas aún son casas de veraneo o de fin de semana, o sea que nos hablan de la actividad turística presente en la zona.

Tabla 1: Condición de ocupación para el país, Canelones y segmentos costeros de Canelones.

Condición de ocupación (VIVVO03)	cod	total país	%	localidades costa Canelones	%	segmentos costa Canelones	%
Ocupada con residentes presentes	1	1.121.619	81%	54.217	64%	10.375	43%
Ocupada con residentes ausentes	2	14.944	1%	356	0%	59	0%
Desocupada: de uso temporal	3	133.902	10%	24.362	29%	12.046	50%
Desocupada: para alquilar o vender	4	37.357	3%	2.192	3%	982	4%
Desocupada: en construcción o reparación	5	21.087	2%	1.251	1%	335	1%
Desocupada: ruínosa, destruida o inhabitable	6	11.106	1%	315	0%	64	0%
Desocupada: vacante	7	42.716	3%	1.559	2%	258	1%
Desocupada: ignorado	8	7.007	1%	393	0%	95	0%
totales		1.389.738	100%	84.645	100%	24.214	100%

Gráfica 3: Porcentajes de viviendas ocupadas y desocupadas (de uso temporal) para el país, Canelones y segmentos costeros de Canelones.



En lo que refiere a la “**Categoría de la vivienda**”, el dato más relevante es el alto

porcentaje de observaciones “Sin dato” para los segmentos costeros, lo cual lo podemos atribuir a que al ser casas desocupadas en el momento del relevamiento no se pudo acceder a las viviendas ni realizar las encuestas.

Tabla 2: Categoría de la vivienda para el país, Canelones y segmentos costeros de Canelones (variable agregada con datos de vivienda por el INE).

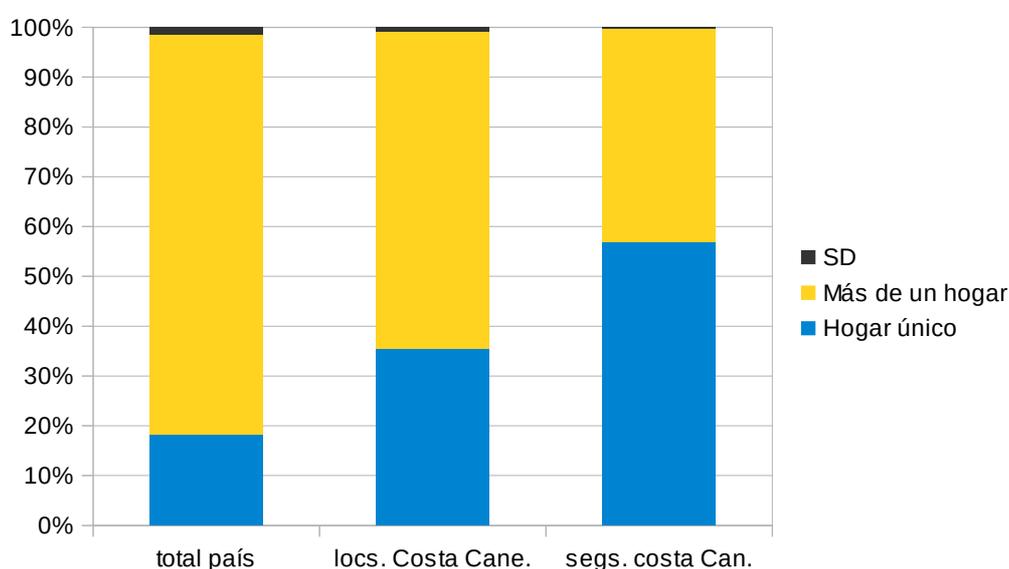
Categoría de la vivienda (CATEVIV)	cod	total país	%	localidades costa Canelones	%	segmentos costa Canelones	%
Sin dato	0	286.279	21%	30.531	36%	13.865	57%
Materiales pesados en paredes y techos y piso resistente	1	639.202	46%	37.520	44%	8.387	35%
Materiales pesados en paredes, techo liviano y piso resisten	2	386.128	28%	11.117	13%	1.368	6%
Materiales pesados en paredes y techos y piso no resistente	3	10.024	1%	1.094	1%	83	0%
Materiales pesados en paredes, techos livianos y piso no res	4	30.595	2%	2.017	2%	133	1%
Materiales livianos en paredes y techos y piso resistente	5	17.742	1%	1.269	1%	213	1%
Materiales livianos en paredes y techos y piso no resistente	6	5.728	0%	453	1%	33	0%
Paredes de barro o adobe, techo liviano y piso resistente	7	1.007	0%	26	0%	2	0%
Paredes de barro o adobe, techo liviano y piso no resistente	8	716	0%	7	0%	1	0%
Materiales de desecho en paredes o techos	9	1.288	0%	36	0%	1	0%
Otras combinaciones de materiales	10	11.010	1%	575	1%	128	1%
totales		1.389.719	100%	84.645	100%	24.214	100%

Finalmente se calculó el número de **hogares por vivienda**. El porcentaje de viviendas con un hogar único por viviendas es mucho mayor en los segmentos costeros que en el promedio del país, lo cual habla de una situación socio-económica más aventajada. Se lo puede apreciar con detalle en la **gráfica 4**, de porcentajes apilados.

Tabla 3: Hogares en la vivienda para el país, Canelones y segmentos costeros de Canelones.

Hogares en la vivienda (VivHV01)	cod	total país	%	localidades costa Canelones	%	segmentos costa Canelones	%
Hogar único	0	253.307	18%	30.079	36%	13.784	57%
Más de un hogar	1	1.114.955	80%	53.829	64%	10.335	43%
SD	2	21.478	2%	737	1%	95	0%
totales		1.389.740	100%	84.645	100%	24.214	100%

Gráfica 4: Porcentajes de viviendas con un único hogar y con más de un hogar.



Con respecto a las variables relativas a **personas**, se analizó la “**Condición de actividad**”. Según estos datos los porcentajes de “**Ocupados**” e “**Inactivos, jubilados o pensionistas**” son levemente mayores en los segmentos de la costa de Canelones que en los totales del país.

Tabla 4: Condición de actividad para el país, Canelones y segmentos costeros de Canelones.

Condición de actividad (pobcoac)	cod	total país	%	localidades costa Canelones	%	segmentos costa Canelones	%
Menor de 12 años	1	555.313	17%	25.805	17%	4.133	15%
Ocupados	2	1.474.414	45%	76.409	49%	13.757	49%
Desocupados buscan trabajo por primera vez	3	21.212	1%	1.052	1%	181	1%
Desocupados propiamente dichos	4	78.726	2%	4.271	3%	607	2%
Inactivos, jubilados o pensionistas	5	471.851	14%	20.732	13%	4.471	16%
Inactivos, otra causas	6	581.995	18%	26.349	17%	4.680	17%
No relevado	8	102.313	3%	1.256	1%	319	1%
totales		3.285.824	100%	155.874	100%	28.148	100%

Con respecto al “**máximo nivel educativo alcanzado**” existe un alto porcentaje de personas cuyo máximo nivel educativo alcanzado es “**Universidad o similar**” en los segmentos costeros; alcanzando el 21% contra un 9% en el total país.

Tabla 5: Máximo nivel educativo para el país, Canelones y segmentos costeros de Canelones.

Máximo nivel educativo alcanzado (niveledu)	cod	total país	%	localidades costa Canelones	%	segmentos costa Canelones	%
No relevado o Ignorado	0	224.182	7%	9.126	6%	1.585	6%
Preescolar	1	101.254	3%	4.770	3%	766	3%
Primaria común	2	1.075.369	33%	36.966	24%	5.376	19%
Primaria especial	3	22.740	1%	553	0%	65	0%
Ciclo Básico	4	696.805	21%	30.120	19%	4.251	15%
Bachillerato	5	524.327	16%	33.675	22%	6.335	23%
Enseñanza Técnica/Formación Profesional UTU	6	152.904	5%	9.397	6%	1.583	6%
Magisterio o Profesorado	7	76.487	2%	3.983	3%	899	3%
Terciario no universitario	8	57.101	2%	4.181	3%	1.038	4%
Universidad o similar	9	297.948	9%	21.141	14%	5.792	21%
Posgrado (Diploma/Maestría/Doctorado)	10	18.276	1%	965	1%	303	1%
Terciario sin especificar	11	1.780	0%	18	0%	3	0%
Nunca asistió	12	34.820	1%	976	1%	152	1%
Ignorado	13	1.831	0%	3	0%	SD	SD
total		3.285.824	100%	155.874	100%	28.148	100%

Es necesario comparar los resultados de las variables anteriores con las edades de las personas que habitan en los territorios mencionados, por lo cual se procedió a agregar la información por tramos de edad y a graficar las pirámides de población.

Atendiendo a la proporción de mujeres por hombre, no se pueden sacar mayores conclusiones debido a que la variación entre los territorios es mínima.

Tabla 6: Índice de masculinidad para el país, Canelones y segmentos costeros de Canelones.

territorio	género	n	índice de masculinidad
Total país	Mujeres	1.708.461	92,330%
	Varones	1.577.416	
localidades costeras de Canelones	Mujeres	80.701	93,150%
	Varones	75.173	
Segmentos costeros de Canelones	Mujeres	14.560	93,324%
	Varones	13.588	

Sin embargo, si nos remitimos a las pirámides de población, nos encontramos una estructura más regresiva en las localidades costeras de Canelones. A su vez se puede identificar una menor proporción de población entre 20 y 34 años.

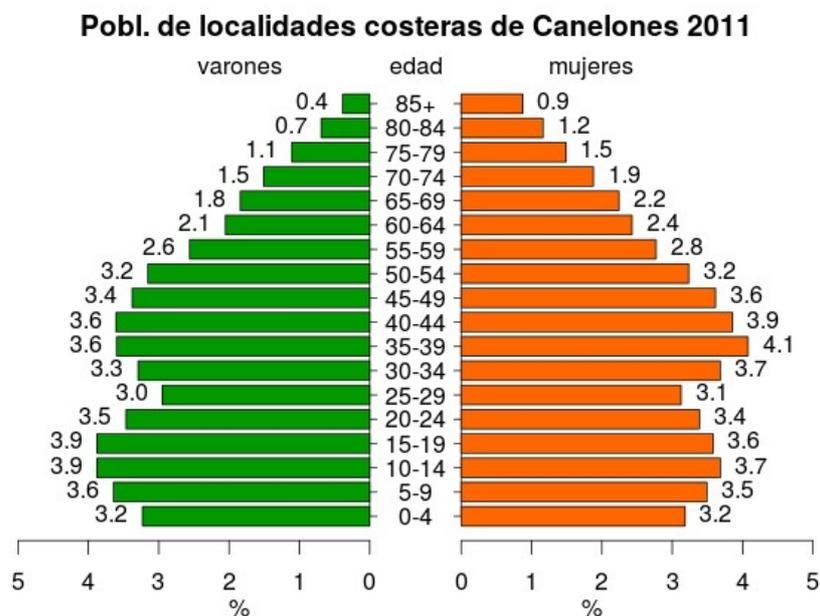
Gráfica 5: pirámide de población de Uruguay.



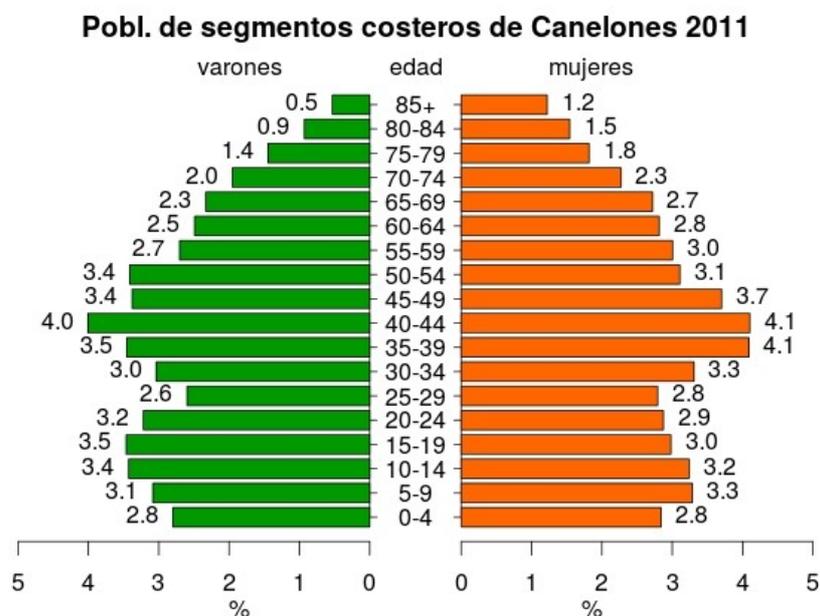
Estas características se acentúan en los segmentos costeros de Canelones, aumentando la proporción de personas entre 35 y 55 años. Esta distribución de la población puede ser uno de los determinantes de las diferencias en cuanto al **máximo nivel de estudio alcanzado**. Sin embargo, la explicación causal más pertinente que se podría extraer de estos datos, aunque no de forma concluyente, es qué, al ser una ubicación privilegiada, en tanto parte del área metropolitana de Montevideo que cuenta con un atractivo paisajístico, sólo determinado

sector de la población puede acceder a vivir en estas zonas, nos referimos a aquellos sectores con mayor capacidad económica.

Gráfica 6: pirámide de población de las localidades costeras de Canelones



Gráfica 7: pirámide de población de los segmentos costeros de Canelones



En cuanto a la relación de **dependencia por edades**⁸ el total país presenta una relación de 55,94%, es decir que por cada 100 personas entre 15 y 64 años, hay casi 56 personas con edades entre 0 a 14 años o mayores de 65 años; las localidades costeras presentan un 52,21% y los segmentos costeros un 54,92%. En el caso de los segmentos costeros de Canelones, la menor proporción de menores de 14 años es compensada por las mayores de 65, resultando en un indicador con valores cercanos al total del país.

A modo de síntesis, en la zona costera del departamento encontramos población de estratos medios y altos, con presencia de viviendas desocupadas, mayoritariamente porque son casas de veraneo. Esta población se asemeja en su composición a la población residente en las zonas costeras de Montevideo, diferenciándose de la del resto del departamento. Esta similitud se da particularmente en la Ciudad de la Costa (zona entre el arroyo Carrasco y el arroyo Pando).

3.3 Intervenciones antrópicas y defensas costeras

Los problemas de erosión en la costa uruguaya no son nuevos, como tampoco lo son los intentos por solucionarlos o al menos mitigar sus efectos, como se puede apreciar en la siguiente cita:

El litoral costero ha sufrido evoluciones a través del tiempo; en las últimas etapas lo más notorio es que han retrocedido las barrancas, se han fragmentado algunas puntas pedregosas, sobre bañados y lagunas han avanzado los médanos y la vegetación, se ha dado en ciertos casos la ampliación de playas, o, por el contrario, como es el caso de Atlántida, se ha tenido que empezar a construir "groynes"⁹ o espigones para contener la arena. (GARCÍA & SÁNCHEZ, 1970)

Tomado de un libro con objetivos de divulgación, la cita anterior da cuenta del conocimiento que en la época ya se tenía sobre los procesos que estaban aconteciendo en la costa del departamento, como ser la erosión o la sedimentación dunar. Años después, podemos afirmar que los espigones no han tenido los efectos deseados, no logrando frenar el retroceso, aunque el grado de éxito/fracaso varía según el emplazamiento.

⁸ Por "relación de dependencia por edades" nos referimos al número de personas entre 0 y 14 más los mayores de 65 años sobre el número de personas entre 15 y 64 años.

⁹ "Groyne" o "groin" es traducido al español como "espigón".

Con respecto a la situación de la costa del departamento de Canelones, es pertinente hacer referencia al trabajo “*Vulnerabilidades geoambientales de la costa del departamento de Canelones*” (GOSO et al., 2014). En dicho artículo se mencionan los que a juicio de los autores son los principales “riesgos geoambientales”¹⁰ de la costa: erosión, sedimentación dunar, anegamiento de playas y contaminación bacteriológica (debido a la ausencia de saneamiento en algunas zonas); aunque se profundiza exclusivamente sobre la erosión y la sedimentación dunar. Utilizando un abordaje cualitativo, los aportes de este artículo son de gran relevancia para identificar los factores determinantes de la vulnerabilidad y sus causas, así como localizar aquellos lugares con afectaciones. Los autores realizan una sistematización de las principales obras de defensas costeras, las cuales se citan a continuación:

Tabla 7: Defensas costeras según Goso et. al. (GOSO et al., 2014)

Playa	Obra
Desembocadura del Arroyo Carrasco	muro de contención (destruido)
Villa Argentina, Atlántida	11 espigones contruidos en la década del '70
Las Vegas, La Floresta	10 espigones y muro contruidos en la década del '70, escombros, raíces, enrocados
San Luis, La Tuna, Los Titanes	muretes de hormigón
Villa Argentina (El Águila)	estructura 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 sombrite
Neptunia, desembocadura del Arroyo Pando	escombros, bolsas de arena
Shangrilá, Solymar, Lomas de Solymar, Parque de Solymar, Parque del Plata, Atlántida, Las Toscas, Belo Horizonte	accesos elevados de madera contruidos sobre dunas en 2010

Con respecto a la erosión costera, en el artículo mencionado se identifican los balnearios Villa Argentina y Las Vegas como los más problemáticos, sumando luego San Luis, Guazu - Virá, Villa Biarritz, Cuchilla Alta, Sierra del Mar, Santa Ana y Paraíso Suizo.

En particular se destaca Villa Argentina, con su emblemática construcción llamada El Águila. Debido al atractivo de dicha edificación, las barrancas en retroceso han sufrido diversas intervenciones de tipo ingenieril, con el fin de frenar el proceso erosivo. Los autores

¹⁰ Este concepto es el utilizado por los autores.

consideran que las intervenciones han sido efectivas en el punto de la construcción exclusivamente, constatando la persistencia de la erosión a los lados de las intervenciones.

En el caso de La Floresta y Las Vegas, el problema es mayor debido que también afecta a construcciones para habitación, y fue intervenida desde la década del 1970 (espigones, muros de contención).

Los autores también referencian casos de sedimentación dunar, identificando el caso de Parque del Plata como el más notorio, y El Pinar y La Floresta como casos secundarios.

3.4 Factores e indicadores de vulnerabilidad

3.4.1 Introducción

En la literatura especializada no hay consenso sobre la intensidad en la que afectan al proceso erosivo los factores responsables de la erosión. A su vez estos factores determinantes pueden variar en cada espacio costero, según las particularidades de cada sistema y las escala del estudio que se quiera llevar a cabo. Sin embargo identificar los factores es un primer un paso necesario. En el artículo “*Geomorfología y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya*” se identifican varios factores que, aunque asociados a la costa atlántica, se pueden extrapolar a la costa de Canelones (GÓMEZ PIVEL, 2006):

- Actividades humanas: no se ha determinado cuanto influyen en los procesos erosivos, tanto en el país como en el mundo, pero sin duda son un factor en la generación y aceleración de estos procesos. Ejemplos: construcción de casas en dunas, impermeabilización del suelo, forestación (obstruye el transporte eólico), obras costeras, extracción de arena.
- Elevación del nivel relativo del mar: la erosión de la línea de costa en relación a este fenómeno es un problema global, sin embargo se desconoce específicamente la medida de esa afectación debido a las características geomorfológicas diversas que responden de manera distinta a la dinámica litoral.
- Déficit de sedimentos: en el caso uruguayo, las arenas en playas son relictuales, dado que no hay aportes significativos desde cuencas hidrográficas. Podría haber un aporte de las zonas de cárcavas, aunque no se ha documentado. La deriva litoral actúa como factor determinante en el balance de sedimentos negativo.

En “*Indicadores geológicos e geomorfológicos de setores em erosao na costa do Rio Grande do Sul*” (GUIMARAES & CORREA, 2014) se determinan indicadores de erosión costera, aunque no se operacionalizan, es decir no se determinan las variables que los

condicionan, midiéndolas e incorporándolos a un índice, sino que se limitan a su identificación y descripción cualitativa.

Los indicadores identificados son: **morfología de la línea de costa, sistema eólico, sistema de playas (duna frontal y clasificación morfodinámica) y sistema lagunar**. En caso de un costa erosiva, el comportamiento de cada indicador se sintetiza en el siguiente cuadro:

Tabla 8: indicadores de erosión costera según Guimaraes y Correa (GUIMARAES & CORREA, 2014)

Indicador		Erosión
morfología de la línea de costa		aumento del nivel del mar
sistema eólico		campos de dunas más expresivo
sistema de playas	duna frontal	escarpada
	clasificación morfodinámica	playas intermedias a reflectivas
sistema lagunar		perfil asimétrico, depósitos lagunares aflorando en la playa

3.4.2 Geomorfología

Las playas uruguayas presentan un régimen micromareal, en equilibrio inestable, es decir dependientes del balance entre ingresos y egresos de arena al sistema. En general presentan un “banco” de arena sub-acuático, próximo a la línea de costa y por ende a poca profundidad (PANARIO & GUTIÉRREZ, 2006).

Según Panario y Gutiérrez (PANARIO & GUTIÉRREZ, 2006) los aportes de arena a las playas son determinados por la actuación o presencia de los siguientes agentes:

- cuencas fluviales
- campos dunares
- re-circulación de arena entre campos dunares y playas
- re-circulación de arena entre campos dunares, desembocaduras de cursos de agua y el mar
- erosión de barrancas

- tránsito entre playas
- sedimentos biogénicos
- grandes cárcavas

En el caso de Canelones, uno de los factores determinantes en la presencia de procesos erosivos es el déficit de arena, producido, entre otros factores, por la forestación de antiguos campos de dunas móviles, hoy urbanizados. Esto se puede afirmar dado que los aportes sedimentarios desde cuencas fluviales no son tan relevantes (los sedimentos transportados son predominantemente limosos, de pequeñas granulometrías, lo cual determina que las partículas permanezcan en suspensión aún al llegar al mar) (PANARIO & GUTIÉRREZ, 2006). Esta situación es asimilable al caso de la costa del distrito de Aveiro, Portugal, según los datos aportados por la Dra. Filomena Martins (ver Anexo), aunque con una diferencia relevante: el rol más importante de las represas en cursos de agua como retención de sedimentos e iniciador del proceso de déficits que se dio en Portugal.

Los datos referidos a la categorización geomorfológica fueron tomados del shapefile elaborado por Guigou et. al. (GUIGOU et al., 2010).

Para toda la costa uruguaya se identificaron geoformas y se clasificaron en función de su vulnerabilidad, de “baja” a “muy alta”. Para la presente investigación se extrajo la información correspondiente a la costa de Canelones, conformando un total de 47 geoformas:

Tabla 9: geoformas de la costa uruguaya.

geoforma	geoforma
Acantilado/plataforma	Campo de dunas y planicies muy bajas
Acantilado/plataforma y lomadas convexas	Lomadas
Acantilado/plataforma y planicies	Lomadas convexas
Acantilado/plataforma y planicies ocasionalmente inundables	Lomadas convexas y valles planos
Bahías y puntas rocosas	Planicie alta y planicie ocasionalmente inundable
Campo de duna y planicie ocasionalmente inundable	Planicie muy baja
Campo de duna y planicie no inundable	Planicie no inundable
Campo de duna y planicie ocasionalmente inundable	Planicies muy bajas y valles planos
Campo de duna y punta rocosa	Planicies no inundables
Campo de dunas activas y fijadas y planicie baja	Planicies no inundables con erosión ligera a moderada
Campo de dunas activas y fijadas y planicie ocasionalmente inundable	Planicies no inundables y lomadas convexas
Campo de dunas activas y planicies no inundables	Planicies ocasionalmente inundables
Campo de dunas fijadas	Planicies ocasionalmente inundables y lomadas convexas
Campo de dunas fijadas y acantilado/plataforma	Playa y planicie no inundable
Campo de dunas fijadas y colinas y sierras	Playa y planicie ocasionalmente inundable
Campo de dunas fijadas y lomadas convexas	Playa y planicies ocasionalmente inundables
Campo de dunas fijadas y planicie baja	Playas y lomadas
Campo de dunas fijadas y planicie no inundable	Rocas y puntas rocosas
Campo de dunas fijadas y planicies muy bajas	Rocas y puntas rocosas y acantilado/plataforma
Campo de dunas fijadas y planicies ocasionalmente	Rocas y puntas rocosas y campo de dunas activas
Campo de dunas fijadas y valles planos	Valles planos con erosión ligera a moderada
Campo de dunas fijadas y vertientes cóncavas	Valles planos y lomadas convexas
Campo de dunas y acantilado/plataforma	Valles planos y vertientes cóncavas
Campo de dunas y planicie no inundable	

3.4.3 *El aumento del nivel medio del mar y los eventos extremos*

El aumento del nivel del mar es necesariamente un factor que modifica las dinámicas de playa. Su rol puede estar asociado a la erosión, debido a modificaciones en las entradas y salidas de sedimentos. Para Uruguay se ha podido constatar la tendencia al aumento del nivel del mar (VEROCAI, BIDEGAIN, & NAGY, 2014), aunque por el contrario otros desestiman dicha posibilidad, y aducen el fenómeno opuesto: el ascenso isostático del continente (GÓMEZ PIVEL, 2006). También es preciso tener en cuenta la mayor magnitud y frecuencia que pueden tener los eventos extremos en la costa (principalmente tormentas costeras acompañadas de vientos sur y sur-este, denominadas “sudestadas”) cuando se asocian a un mayor nivel del mar. En estas circunstancias, el potencial erosivo aumenta cualitativamente, debido a que las olas provocadas por una determinada tormenta se forman sobre un nivel de base más alto. En consonancia con la aseveración de la tendencia al aumento del nivel del mar, se constatan alturas mayores del nivel del mar durante eventos extremos de tormentas costeras o “sudestadas” (VEROCAI, 2015a), por lo cual se podría relacionar el aumento del nivel del mar a eventos extremos más energéticos, generando una sinergia negativa (es decir eventos extremos con mayor potencia erosiva).

4. Desarrollo metodológico

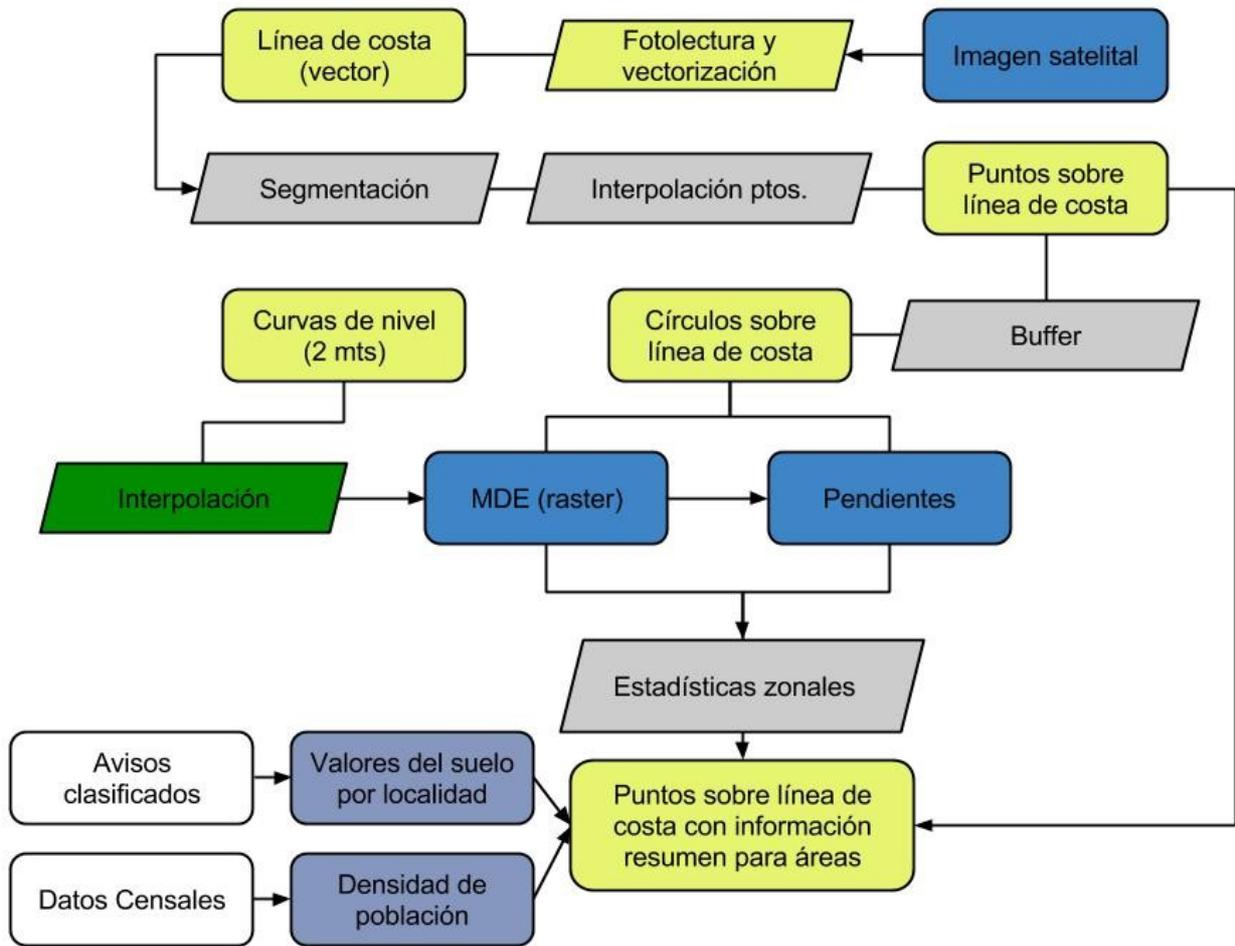
4.1 Introducción

Según lo definido en el diseño metodológico, para lograr los objetivos del presente trabajo es necesaria la utilización del SIG. En su implementación se buscó resumir, de forma lo más automatizada posible, información de áreas a geometrías de tipo punto, a lo largo de un segmento de costa.

El objetivo de este procedimiento es similar al aplicado en la publicación “**Análisis preliminar de la vulnerabilidad de la costa de Andalucía a la potencial subida del nivel del mar asociada al Cambio Climático**”. Dicha investigación fue realizada por la *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía* en colaboración con el grupo de investigación *Ordenación Litoral y Tecnologías de Información Territorial* de la *Universidad de Sevilla*, como contribución al *Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático* (Dirección General de Cambio Climático y Medio Ambiente Urbano, 2011) A diferencia del ejemplo citado, no se utilizan fajas perpendiculares a la línea de costa como territorios adyacentes, sino que se utilizan **círculos**, es decir **zonas buffer** alrededor de puntos situados a una distancia determinada a lo largo del segmento de costa, y **bandas**, o sea buffers de los segmentos de línea de costa anteriores. Se decidió incorporar las bandas como unidad resumen en etapas finales del trabajo, para poder comparar los resultados obtenidos con ambos tipos de unidades espaciales. Esta decisión fue posible por la metodología desarrollada en PostgreSQL y PostGIS, la cual permite modificar y volver a correr los procesos sin mayores complicaciones, mediante la documentación de todos los geo-procesos aplicados.

El argumento subyacente en el abordaje actual y el realizado en la mencionada investigación sobre la costa andaluza, es que se entiende que la proximidad en el espacio determina la exposición a procesos físicos similares.

Esquema 4: desarrollo metodológico básico.



Se implementó una base de datos PostgreSQL, instalada localmente, con extensión PostGIS, copiando los shapefiles y rasters a la misma.

Se desarrolló una consulta o “query” en lenguajes PostgreSQL y PostGIS (PostGIS PSC, 2015), que permitió automatizar la construcción de geometrías según parámetros dados y a partir de ellas calcular datos intersectando espacialmente la información vectorial con los rasters.

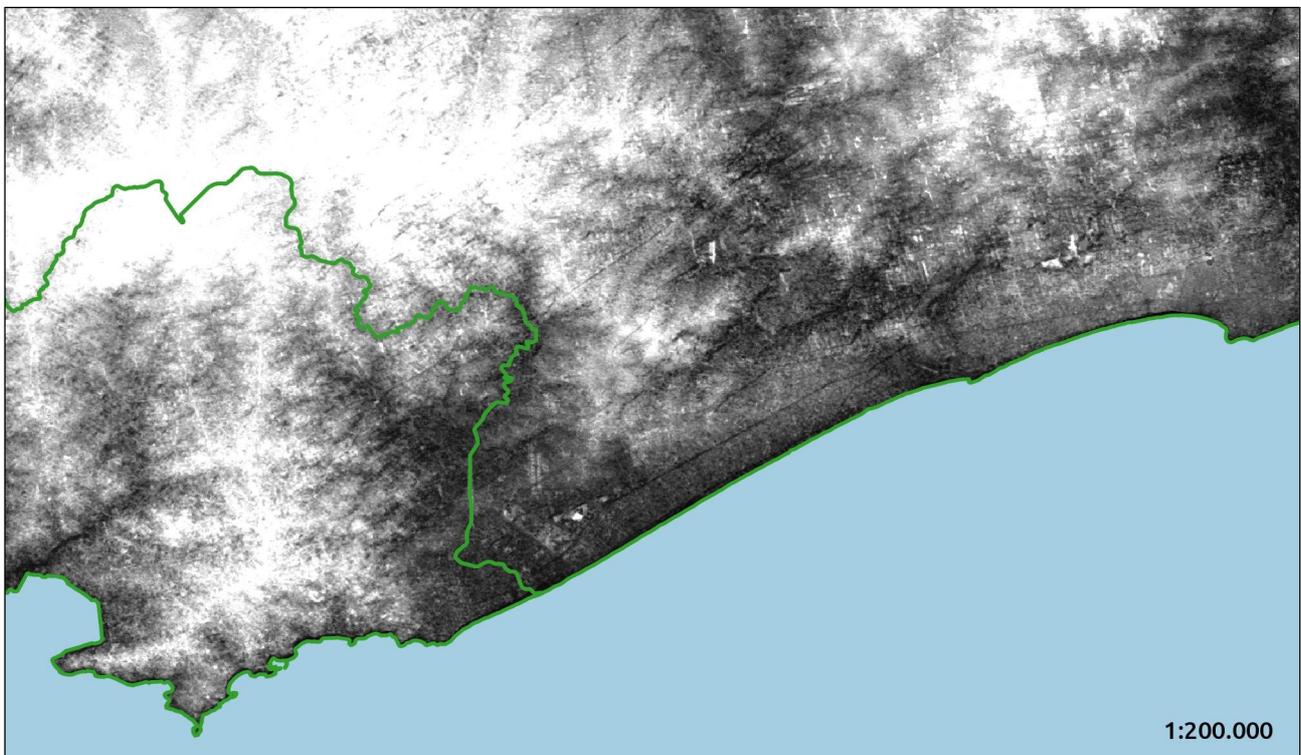
4.2 La información disponible y la producción de nueva información

4.2.1 El Modelo Digital de Terreno

Según se afirma en el artículo “*Evaluación de exactitud vertical comparativa entre el ASTER GDEM y el MDT del Conjunto de Datos Provisorios*” (MÉNDEZ & LÓPEZ, 2010) el MDT realizado por Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) (DELL’ACQUA, 2004) e incluido en el Conjunto de Datos Provisorios de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDEuy), presenta mayor exactitud que el ASTER Global Digital Elevation Model, producto desarrollado por el Ministerio de Economía de Japón junto con la National Aeronautics and Space Administration (NASA) (METI & NASA, 2011a).

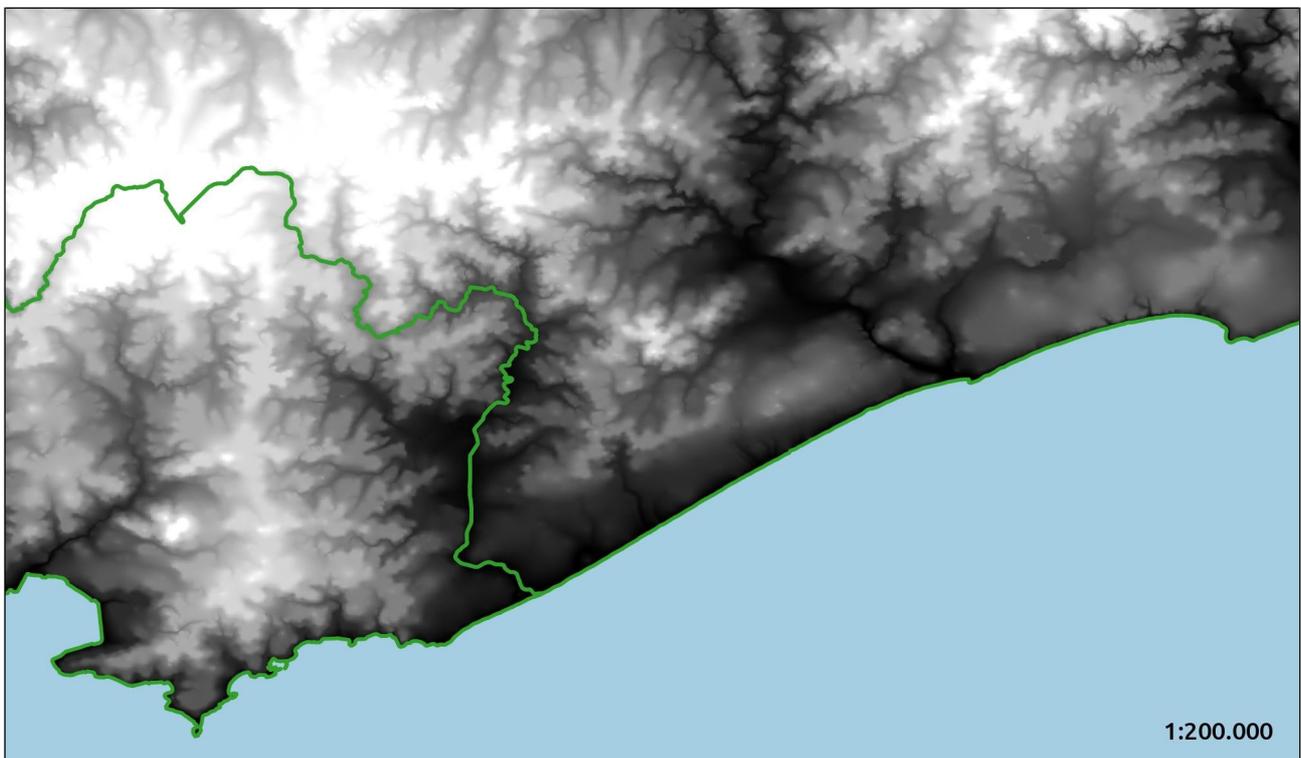
En octubre de 2011 se liberó la versión 2 del ASTER GDEM, con algunas mejoras (METI & NASA, 2011b), sin embargo la calidad dista de ser óptima (ver “artefactos” en la imagen de referencia), siendo un producto adecuado para trabajar a menores escalas, por ejemplo a escala nacional o regional, y no tanto a la escala local, que es la que se pretende aplicar en esta investigación.

Fig. 1: ejemplo de ASTER GDEM, “tiles” correspondientes a parte de la costa uruguaya.



La resolución del MDT realizado por RENARE es de 30 metros, cubre todo el país y se realizó a partir de las curvas de nivel de las cartas escala 1:50.000 del Servicio Geográfico Militar (SGM), las cuales representan cotas cada 5 o 10 metros de equidistancia. Utilizaron el software Topogrid (ArcInfo).

Fig. 2: ejemplo del MDT realizado por RENARE-MGAP a partir de curvas de nivel del SGM.



El Servicio Geográfico Militar proporcionó las curvas de nivel vectorizadas para la zona costera, digitalizadas a partir del Plan Nacional de Cartografía Urbana escala 1:10.000¹¹, con curvas de nivel cada 2 m de equidistancia, se consideró pertinente generar un nuevo MDE acotado a dicha zona. A su vez es de interés para la presente investigación utilizar alguna herramienta de software libre para realizar el MDE.

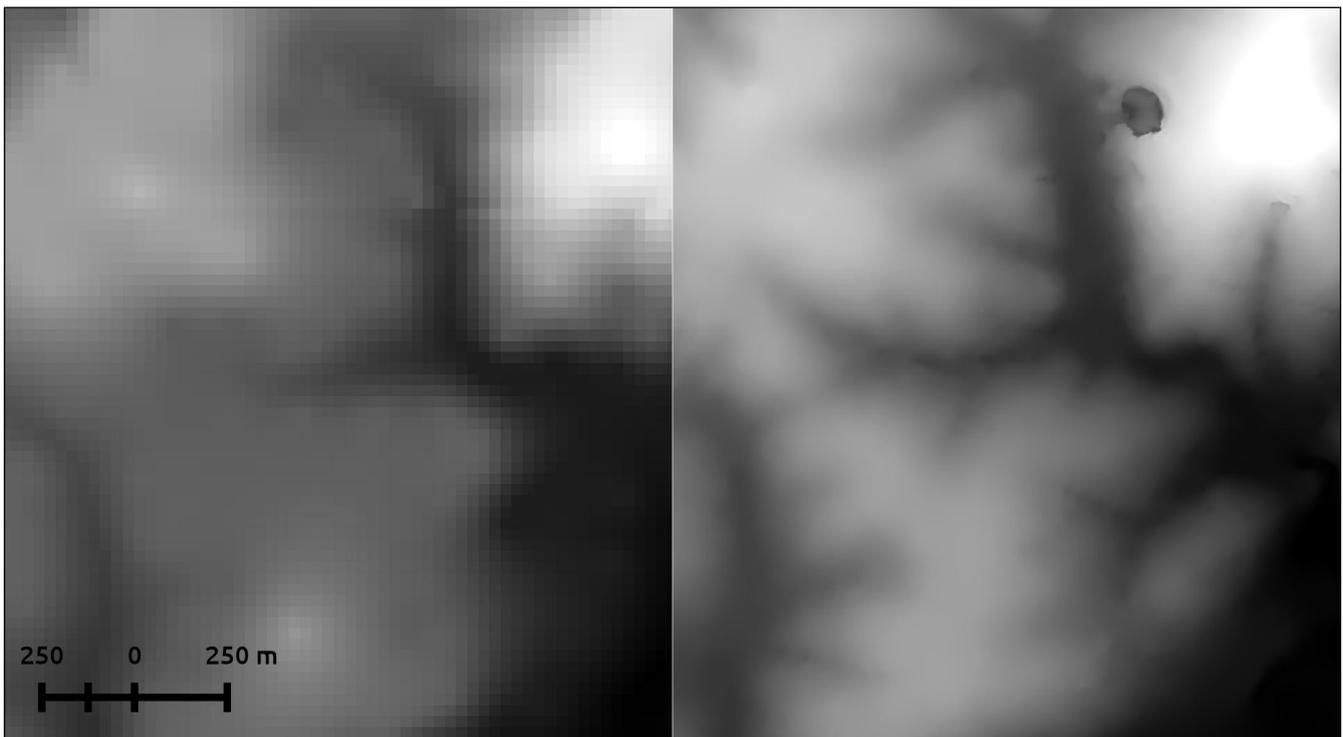
Se realizó una revisión sobre los diferentes métodos de interpolación, constatando que la mayoría de los métodos tienen como finalidad interpolar superficies a partir de puntos dispersos¹². Dicha opción no es adecuada para nuestro caso, dado que no disponemos de

¹¹ Por información más detallada se puede consultar el servidor de metadatos del Servicio Geográfico Militar: <http://www.sgm.gub.uy/geonetwork/srv/es/main.home>

¹² Es amplio el abanico de opciones brindadas por los desarrolladores del SIG SAGA, las cuales pueden ser consultadas en la bibliografía (CONRAD, 2002; CONRAD, 2006). También el SIG GRASS presenta varias

puntos dispersos, sino de curvas de nivel, es decir isólinas que indican alturas; lo anterior no quiere decir que sean datos menos precisos o de menor calidad, sino que son otro tipo de datos, inclusive puede que más precisos que una nube de puntos (depende de la densidad de estos y el método de relevamiento, por ejemplo LIDAR, relevamientos topográficos en campo, imágenes satelitales, etc.).

Fig. 3: ejemplo comparado de MDTs: el realizado por RENARE-MGAP y uno propio, en la zona de Aeroparque, Canelones, a partir de la interpolación de curvas de nivel en SAGA (módulo “Multilevel B-Spline Interpolation from Grid”). Las ganancias en resolución espacial son importantes.



Se trabajó principalmente con el software GRASS (GRASS Development Team, 2015) y el SAGA (SAGA User Group Association, 2007), dado que los mismos cuentan con varios métodos para interpolar y una interfaz gráfica amigable, siendo más poderosos para este objetivo que el QGIS. El algoritmo de GRASS llamado “**Raster contours**” (**r.surf.contour**) (GRASS Development Team, 2012a) es específico para interpolar a partir de curvas de nivel, sin embargo su performance es mala, haciendo inviable aplicarlo a toda la costa (para interpolar una región de aproximadamente 4 km² requirió 45 minutos en un PC de escritorio). Esta ineficiencia puede ser por errores conceptuales del algoritmo o directamente por su complejidad (es decir, puede que el algoritmo funcione bien pero que necesite recursos opciones (GRASS Wiki, 2015).

de hardware fuera de nuestro alcance).

Otra opción incluida en el GRASS es el algoritmo **“Regularized spline tension”** (**v.surf.rst**) (**GRASS Wiki, 2015**). La misma tampoco está pensada exclusivamente para curvas de nivel, pero se puede usar con las mismas, aún sin rasterizar. Funciona como si se quisiera amoldar una placa de metal sobre un matriz con relieve, permitiendo regular la “tensión” de dicha placa abstracta, y también se puede incorporar un factor de suavizado o “smoothing”. En este caso nuestra matriz son las curvas de nivel.

Fig. 4: ejemplo comparado de MDTs: “Raster contours” vs. “Regularized spline tension”; el segundo método parece más adecuado, ya que permite controlar los factores de smooth (esfumado) y tensión, reduciendo los artefactos (ver depresión en zona nor-este).

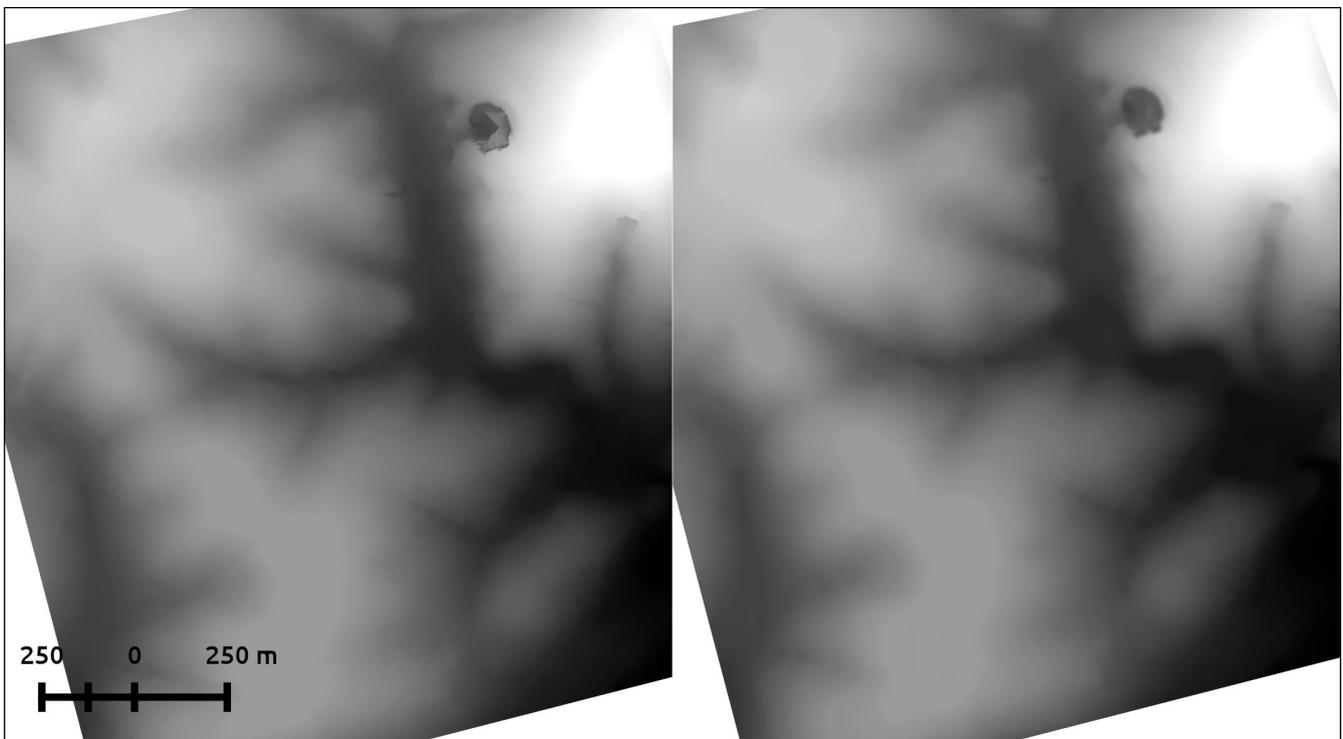


Fig. 5: se puede ver la zona de referencia, Aeroparque y La Tahona, y el tajamar que causa la depresión en el relieve.



El GRASS cuenta con una interfaz gráfica, pero también permite ejecutar comandos mediante líneas de código, pudiendo dejar documentados los procedimientos realizados. El módulo “v.in.ogr” (GRASS Development Team, 2012b) permite levantar shapefiles, en este caso las tres máscaras utilizadas y el archivo de curvas de nivel.

```
v.in.ogr input=(ruta al directorio del shapefile) layer=m2 output=m1 --overwrite  
v.in.ogr input=(ruta al directorio del shapefile) layer=m2 output=m2 --overwrite  
v.in.ogr input=(ruta al directorio del shapefile) layer=m2 output=m3 --overwrite  
v.in.ogr input=(ruta al directorio del shapefile) layer=curvas_costa_canelones_v1  
output=curvas_costa_canelones_v1 --overwrite
```

Los archivos llamados “máscaras” se usan para determinar la “región”, mediante el módulo “g.region” (GRASS Development Team, 2011). En GRASS, la región define la proyección, la extensión (“bounding box” o caja delimitadora, es decir los límites norte-sur-este-oeste), el número de columnas y filas para los datos, la resolución. Es decir que al definir una región todas las operaciones realizadas se mantendrán dentro de los límites espaciales definidos por la misma, en este caso no se interpolarán datos fuera de la región definida y se

trabaja con la resolución indicada por ella, permitiendo economizar recursos al momento de hacer cálculos. A su vez se determina la resolución o tamaño del píxel a utilizar (en este caso 15 metros).

```
g.region vector=m1@1 res=15
```

Dado que el módulo de interpolación a usar permite definir una máscara para no interpolar datos fuera de nuestra área de interés, se deben rasterizar los shapefiles que oficiarán de máscaras, mediante el módulo “v.to.rast” («GRASS GIS manual: v.to.rast», 2011).

```
v.to.rast input=m1@1 output=m1 use=attr attribute_column=value --overwrite  
v.to.rast input=m2@1 output=m2 use=attr attribute_column=value --overwrite  
v.to.rast input=m3@1 output=m3 use=attr attribute_column=value --overwrite
```

Luego se procede a la interpolación. Se usó el algoritmo “v.surf.rst” (GRASS Development Team, 2014c), el cual permite varias opciones de salida a parte del MDT; en este caso se requirieron además los rasters de **pendientes**.

```
v.surf.rst --overwrite input=curvas_costa_canelones_v1@1 zcolumn=cota elevation=mdt3  
slope=pend3 mask=m3@1 tension=35. smooth=10  
  
v.surf.rst --overwrite input=curvas_costa_canelones_v1@1 zcolumn=cota elevation=mdt2  
slope=pend2 mask=m2@1 tension=35. smooth=10  
  
v.surf.rst --overwrite input=curvas_costa_canelones_v1@1 zcolumn=cota elevation=mdt1  
slope=pend1 mask=m1@1 tension=35. Smooth=10
```

La salida son seis rasters, tres MDTs y tres de pendientes; estos deben unirse para obtener dos rasters, mediante el módulo “r.patch” (GRASS Development Team, 2014b), previamente cargando un shape con las tres máscaras unidas, para definir la nueva región de GRASS. Luego el raster de pendientes debe ser convertido de grados a porcentaje.

```
v.in.ogr input=(ruta al directoria del shapefile) layer=mask output=m --overwrite
g.region vector=m@1 res=15
r.patch --overwrite input=mdt1@1,mdt2@1,mdt3@1 output=mdts
r.patch --overwrite input=pend1@1,pend2@1,pend3@1 output=pendientes
r.mapcalc "pendientes_porc = tan(pendientes) *100"
```

Posteriormente deben ser exportados a algún formato compatible con QGIS, por medio del módulo “r.out.gdal” (GRASS Development Team, 2014a), se prefirió GeoTIFF.

```
r.out.gdal --verbose input=mdts@1 output=(ruta de salida)/mdts format=GTiff
r.out.gdal --verbose input=pendientes@1 output=(ruta de salida)/pendientes format=GTiff
```

Estos dos rasters deben ser cargados a la base local PostgreSQL, mediante las librerías GDAL. En nuestro caso, trabajando en Ubuntu (*UBUNTU*, 2014), debemos abrir un terminal e ir a la ruta donde tenemos guardados los rasters. Mediante el comando “gdalinfo” (GDAL Development Team, 2015) podemos obtener información sobre los rasters. Es conveniente cambiar los valores sin dato, en este caso de “NaN” a ceros, con el comando “gdal_translate” (GDAL Development Team, 2015).

```
gdal_translate -a_nodata 0 -of GTiff pendientes_porc pendientes_porc2
```

Luego se pueden cargar a la base mediante la función de PostGIS “raster2pgsql” («Raster Data Management, Queries, and Applications», 2014)

```
raster2pgsql -s 32721 -d -l -C -M -N 0 -l 4 pendientes_porc2 -F -t 1000x1000 pendientes_grass
| psql -d base
raster2pgsql -s 32721 -d -l -C -M -N 0 -l 4 pendientes_porc2 -F -t 1000x1000 pendientes_grass
| psql -d base
```

Ahora disponemos los rasters de MDT y pendientes cargados en la base local, lo cual permitirá hacer cálculos automatizados.

4.2.2 *La línea de costa y desembocaduras de cursos de agua*

Se dispone de línea de costa representada por los límites administrativos del departamento de Canelones, incluida en el CDP-IDE (IDEuy, 2011). Sin embargo, se han constatado errores e imprecisiones en el trazado de dicho límite, los cuales son en parte comprensibles, dado que un límite administrativo no necesariamente es el límite de un sistema ambiental, y debido también a que la costa es un sistema dinámico. A su vez se desconoce la escala a la cual se vectorizó, así como la imagen o foto aérea de referencia a partir de la cual trazó el vector. En la imagen se detalla uno de los errores mencionados.

Fig. 6: Ejemplo de imprecisiones y errores en la línea de costa vectorizada disponible (Solymar)



Por lo anterior, se procedió a generar una nueva línea de costa vectorial a partir de las imágenes satelitales proporcionadas por Google (Google Maps, 2015). El trazado se hizo manualmente en software QGIS, a escala 1:3.500. Tanto la elección de la escala para vectorizar como la decisión de dónde trazar el vector no son banales, dado que el dinamismo

de los sistemas costeros implica dificultad para determinar dónde trazarlo. La elección de la escala también es importante, debido a que el largo de la línea de costa depende de la escala de medida o, en este caso, de la escala de digitalización, a causa a la geometría fractal de la misma (MANDELBROT, 1967).

Con respecto a la representación de la línea de costa mediante una geometría lineal, hay varios abordajes, pero nos parece adecuado adoptar el utilizado en la investigación “*Análisis preliminar de la vulnerabilidad (...)*” (Dirección General de Cambio Climático y Medio Ambiente Urbano, 2011). Allí se traza el vector según los siguiente criterios

Criterio de "línea de costa estable" (límite entre la playa alta -backshore- duna costera -foredune- o bien la base del acantilado) siempre que fuese posible. Sólo cuando este límite fue imposible de interpretar se utilizó el criterio de "marca húmeda de la pleamar".

Un problema similar se presenta con las desembocaduras de los cursos de agua: los datos de base disponible no coinciden con las imágenes satelitales. Por ende se debió vectorizar los márgenes de las desembocaduras, en este caso a escala 1:10.000.

Fig. 7: imprecisiones en la información vectorial sobre desembocadura del Arroyo Pando



A continuación se puede apreciar un ejemplo de ambas geometrías corregidas:

Fig 8: Ejemplo de geometrías vectoriales corregidas en desembocaduras del Arroyo Tropa Vieja y del Pando



4.2.3 *Los valores del suelo*

Al carecer de datos sobre valores del suelo¹³, se procedió a producirlos a través de información secundaria. Una fuente posible para acceder a información primaria sobre el tema podrían ser los registros de las transacciones inmobiliarias, es decir los montos y los números de los padrones asociados, en determinado corte temporal. Sin embargo esa información es confidencial por lo cual se optó por una fuente alternativa, en este caso los avisos clasificados anunciando ofertas de venta de inmuebles («Alquiler y venta de inmuebles», 2015). Esta información se resume por localidad y luego se puede unir con los polígonos de localidades.

Se relevaron **2455 avisos clasificados**, de los cuales 2351 corresponden a casas y 104 a terrenos baldíos, abarcando 34 localidades costeras. A su vez, se relevó el metraje de las propiedades ofertadas, llegando a un promedio de valor del metro cuadrado por localidad.

¹³ La expresión correcta sería “precio del suelo”, sin embargo se opta por usar “valor del suelo” ya que está presente en la literatura al respecto.

Tabla 10: valores del metro cuadrado de suelo construido promediados por localidad.

localidad	prom. m ² (U\$S)	localidad	prom. m ² (U\$S)
ARAMINDA	1234	LAS VEGAS	1333
ARGENTINO	900	LATUNA	808
ATLANTIDA	1636	LOMAS DE SOLYMAR	1508
BARRA DE CARRASCO	2250	LOS TITANES	1070
BELLO HORIZONTE	849	MARINDIA	898
BIARRITZ	1087	NEPTUNIA	1117
COLINAS DE SOLYMAR	692	PARQUE DEL PLATA	940
COSTAAZUL	1174	PINAMAR - PINEPARK	1236
CUCHILLAALTA	914	PINARES DE SOLYMAR	1043
EL BOSQUE	1186	SALINAS	1043
EL PINAR	1518	SAN JOSE DE CARRASCO	1438
FORTIN DE SANTA ROSA	1411	SAN LUIS	867
GUAZU - VIRA	1421	SANTAANA	1406
JAUREGUIBERRY	975	SANTA LUCIA DEL ESTE	1166
LA FLORESTA	1396	SHANGRILA	1541
LAGOMAR	1515	SOLYMAR	1601
LAS TOSCAS	1180	VILLAARGENTINA	1251

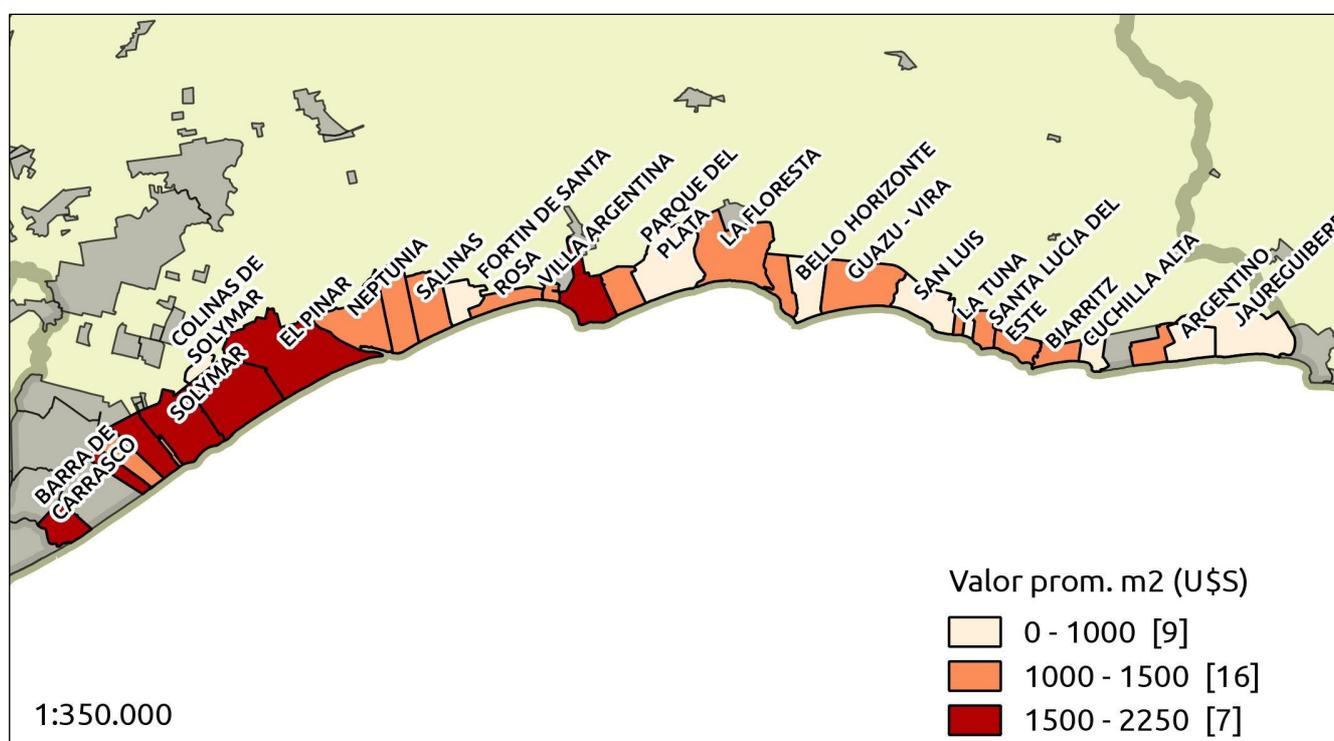
Ante la ausencia de datos relevados para casas de las localidades de Parque Carrasco y El Galeón, se optó por imputar un valor promedio correspondiente las localidades limítrofes al este y al oeste.

Para el caso de los valores de terrenos, la información relevada fue escasa debido a la poca oferta en comparación con las casas, por lo cual se dividió la costa en cuatro sectores: al este del arroyo Pando, entre el arroyo Pando y el arroyo Solís Chico, entre el Arroyo Solís Chico y el arroyo De La Coronilla, desde el arroyo De la Coronilla hasta el límite departamental. A cada una de las localidades sin datos se le imputó el valor promedio del sector en el cual estuviera localizada. Estas regiones se determinaron en forma arbitraria, según similitudes de precios y cercanías geográficas, por ende al dato final se le otorgará un peso menor que al de casas, multiplicando los valores de casas por 0,7 y los de terrenos por 0,3. Todo el procesamiento se realizó en software R (R Core Team, 2015).

Tabla 11: valores del metro cuadrado sin edificar promediados por localidad.

localidad	prom. m ² (U\$S)	localidad	prom. m ² (U\$S)
COSTAAZUL	20	NEPTUNIA	28
JAUREGUIBERRY	20	SAN LUIS	43
ARGENTINO	33	LA FLORESTA	52
PARQUE DEL PLATA	58	SALINAS	67
BIARRITZ	62	GUAZU - VIRA	9
SAN JOSE DE CARRASCO	186	EL PINAR	86
SOLYMAR	100	LOMAS DE SOLYMAR	97
SHANGRILA	187	ATLANTIDA	99

Mapa 6: valores promedio del suelo por localidad para la costa de Canelones.



La metodología aplicada en este punto difiere de la aplicada el trabajo de referencia “Análisis preliminar de la vulnerabilidad (...)” (Dirección General de Cambio Climático y Medio Ambiente Urbano, 2011). En dicho trabajo se propone un índice de vulnerabilidad socio-económica, incorporando la actividad turística, la agricultura, la vivienda, los espacios urbanos e infraestructuras, la salud y el patrimonio; en tanto en el presente trabajo se redujo la cantidad de dimensiones abarcadas.

4.3 Geo-procesamiento en PostGIS

En primer lugar se debió disponer en la base de datos la capa de correspondiente a la línea de costa y el raster del Modelo Digital de Terreno (MDT), el cual carga en formato vectorial en la base de datos.

A partir de la línea de costa se genera una capa de segmentos de costa, dividiendo la costa en k segmentos, cuyo largo es el largo total de la costa dividido k .

Esta operación se realiza simulando un bucle (o “loop”) con la función `generate_series` («PostgreSQL: Documentation: 9.3: Set Returning Functions», s. f.) y la función `ST_Line_Substring` («ST_Line_Substring», s. f.) para cortar la geometría de la costa en k segmentos de valor (largo de la costa / k). La capa se denomina “costa_seg”.

El fragmento de la consulta entre “SELECT ST_LineMerge” y “CROSS JOIN generate_series(0,k) AS n”, genera una selección similar a una tabla de k filas, con geometrías idénticas entre sí y a “costa.geom”, con un campo “length” que contiene el valor del largo de “costa.geom”, un campo que contiene el valor k y uno que contiene valores enteros de 0 a k . Es decir que el valor de k determina cada cuantos metros se interpolará un punto nuevo, cuanto menor sea más puntos se generan.

```
CREATE TABLE costa_seg AS (  
  SELECT ST_Line_Substring(geom, k*n/length,  
                           CASE WHEN k*(n+1) < length  
                                THEN k*(n+1)/length  
                                ELSE 1 END) AS geom  
  FROM (SELECT ST_LineMerge(costa.geom) AS geom,  
          ST_Length(costa.geom) AS length,  
          1000 as k  
        FROM costa) AS t  
  CROSS JOIN generate_series(0,k) AS n  
  WHERE n*k/length < 1);
```

Se añade campo “id” y campo “largo” y se calcula el campo “largo”.

```
ALTER TABLE costa_segms ADD id bigserial, ADD largo real;  
UPDATE costa_segms SET largo = ST_Length(geom);
```

Creo una capa de puntos denominada “costa_pts”, ubicando un punto por segmento en determinado lugar de la geometría de los segmentos de línea de costa creados anteriormente (costa_segms). La ubicación se determina mediante una fracción, siendo 0 al inicio del segmento y 1 al final. En este caso se prefirió crearla en el punto medio de cada segmento. A su vez se agrega un campo sobre el que luego se calcularán los datos resumen a partir del raster.

```
CREATE TABLE costa_pts AS  
SELECT id, ST_Line_Interpolate_Point(geom, 0.5) AS geom FROM costa_segms;  
ALTER TABLE costa_pts ADD hprome double precision;
```

Debido a que las operaciones con rasters de grandes dimensiones demandan *hardware* muy potente, se procedió a generar un “buffer” o área de influencia a partir de la línea de costa, que servirá para intersectar con el raster y extraer sólo una zona de interés, permitiendo realizar operaciones con esta zona y evitando usar el raster completo para economizar recursos.

```
CREATE TABLE buffer_costa AS SELECT(ST_Buffer(geom, 2000)) AS geom FROM costa;
```

Luego se intersecta con raster, para “recortarlo” al área de interés definida en el buffer, y se crea un índice espacial para la capa. Para subsanar algunos errores generados en la creación del MDT, se eliminan del mismo todos aquellos valores menores que cero.

```
CREATE TABLE interseccion_mdt_buffer AS  
SELECT (gv).geom AS geom,
```

```

(gv).val
FROM (SELECT ST_Intersection(rast, geom) AS gv
      FROM mdt_renare, buffer_costa
      WHERE ST_Intersects(rast, geom)
      ) foo;

CREATE INDEX sidx_interseccion_mdt_buffer_geom ON public.interseccion_mdt_buffer
USING gist (geom);

UPDATE interseccion_mdt_buffer SET val=0 WHERE val<0;

```

Se crea buffer sobre la capa de puntos, esta geometría será utilizada para resumir los datos del raster. En el ejemplo se usó un valor de 500 metros, pero se debe definir el valor que se considere más adecuado.

```

CREATE TABLE buffer_pts AS
(SELECT(ST_Buffer(geom, 500)) AS geom FROM costa_pts AS geom);
ALTER TABLE buffer_pts ADD id bigserial;

```

Se crea la tabla temporal “registro”, con el campo “hprome”, en el cual se computarán datos del raster para cada geometría de la capa “buffer_pts”.

```

CREATE TEMP TABLE registro AS SELECT id FROM buffer_pts;
ALTER TABLE registro ADD hprome double precision;

```

El valor que se imputa en “hprome” es un promedio, es la suma de todos los valores de la intersección del raster con cada buffer dividido la cantidad de pixels que tienen dato y caen dentro de esa intersección. Este proceso se replica para cada punto generado (id=n), y finalmente se unen los datos computados en la tabla “registro” con los de la capa de puntos:

```

UPDATE registro SET hprome=(
    SELECT (sum(val) / count(case when val!=0 then 1 end)) FROM interseccion_mdt_buffer,
    buffer_pts
    WHERE ST_Intersects(interseccion_mdt_buffer.geom, buffer_pts.geom) AND id=1)
WHERE id=1;

UPDATE costa_pts SET hprome = registro.hprome FROM registro WHERE costa_pts.id =
    registro.id;

```

Sobre el raster de pendientes se realizan exactamente las mismas operaciones que con el MDT. Igual que en el proceso del MDT se crea una capa temporal (“registro”) sobre la cual se imputan los promedios de pendientes por cada área buffer del punto, para todos los valores que tienen dato distinto de cero.

```

UPDATE registro SET pendprome=(
    SELECT (avg(case when val=0 then val end)) AS meanpend
    FROM interseccion_pend_buffer, buffer_pts
    WHERE ST_Intersects(interseccion_pend_buffer .geom, buffer_pts.geom) AND id=1)
WHERE id=1;

```

Posteriormente se agregaron los datos referidos a la geomorfología, cuantificando la vulnerabilidad desde 2 a 5, según las siguientes equivalencias:

- 2 = vulnerabilidad baja
- 3 = vulnerabilidad moderada
- 4 = vulnerabilidad alta
- 5 = vulnerabilidad muy alta

Esta clasificación, así como las geometrías relativas, se tomaron del shapefile elaborado por Guigou et. al. (GUIGOU et al., 2010)

El shapefile original se re-proyectó del sistema de coordenadas geográficas (elipsoide

WGS84, código EPSG 4326 («WGS 84: EPSG Projection -- Spatial Reference», 2007)) a coordenadas UTM (EPSG 32721 («WGS 84 / UTM zone 21S: EPSG Projection -- Spatial Reference», 1995)). Se debieron hacer correcciones geométricas para subsanar errores inducidos por la reproyección. Luego se procedió a incorporarla en la base de datos y a recortar la capa al área de interés, quedando sólo áreas con valores de 3 (moderada) y 4 (alta).

Se debió transformar la capa conteniendo los polígonos con los buffers, “explotándola” a las mínimas unidades espaciales delimitadas por la intersección con los contornos de todas los polígonos contenidos en ellas. Para esto se trabajó en una capa temporal que se denominó “pruebax”. La función ST_ExteriorRing («ST_ExteriorRing», s. f.) extrae el contorno de los polígonos del buffer, creando una capa de tipo linestring, que luego es unida en una sola entidad mediante ST_Union («ST_Union», s. f.). A partir de esa capa se utiliza la función ST_Polygonize («ST_Polygonize», s. f.) para crear todos los polígonos posibles a partir de los contornos, generando una entidad del tipo GeometryCollection¹⁴, de la cual se extraen los polígonos utilizando la función ST_Dump («ST_Dump», s. f.), creando la capa “buffer_poligonos”.

```
CREATE TEMP TABLE pruebax AS SELECT ST_Union(foo.the_geom) AS the_geom FROM
    (SELECT ST_ExteriorRing(the_geom) AS the_geom FROM buffer_pts) as foo;
CREATE TABLE buffer_poligonos AS
    SELECT (ST_Dump(foo.the_geom)).geom AS the_geom FROM
    (SELECT ST_Polygonize(the_geom) AS the_geom FROM pruebax) AS foo;
```

Una vez creada la capa “buffer_poligonos” se la debe cortar tanto con la línea de costa como con las líneas que delimitan los polígonos de las geoformas, de modo de obtener unidades discretas con un valor de vulnerabilidad de geoforma homogéneo, para poder calcular el valor final, el cual deberá ser proporcionado al área que ocupe cada polígono dentro del buffer.

Se trabaja sobre la capa temporal “pruebax”. Se extraen los polígonos de la GeometryCollection derivada de aplicar la función ST_Split («ST_Split», s. f.) sobre la capa “buffer_poligonos”, usando la línea de costa como capa de “corte”.

¹⁴ Este tipo de entidad agrupa, como su nombre lo indica, varios tipos de geometrías, pero en general no es compatible con los SIGs de escritorio, como QGIS.

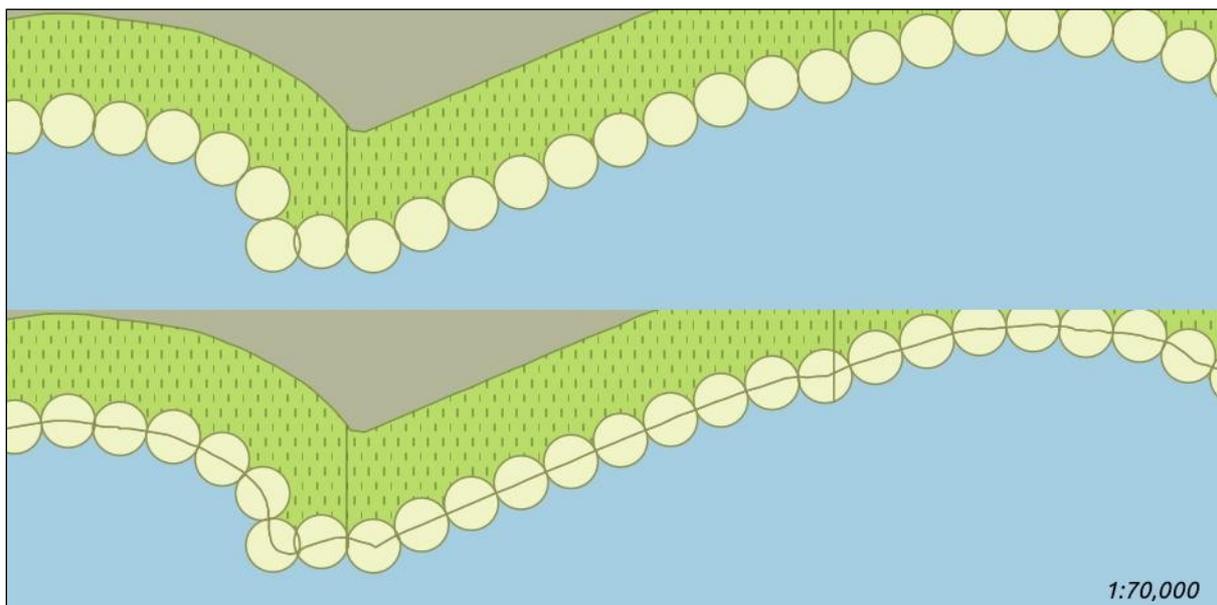
```

CREATE TEMP TABLE pruebay AS
SELECT st_collectionextract(foo.the_geom,3) AS the_geom FROM
(SELECT st_split(buffer_poligonos.the_geom, costa.the_geom) AS the_geom
FROM buffer_poligonos, costa) AS foo;
CREATE TABLE buffer_split AS SELECT (ST_Dump(the_geom)).geom FROM pruebay;

```

Se realiza un proceso similar para cortar la capa “buffer_poligonos” con la líneas que componen las geoformas. En la imagen se representa el proceso:

Fig. 9: proceso de “explotar” y cortar los polígonos correspondientes a los buffers de cada punto a polígonos más pequeños



Posteriormente, se añaden campos que se completarán con información relativa al área y a los valores de geoforma, así como un campo de identificador, y tres campos que permitirán agregar datos por unidad espacial *a posteriori* (buffer1, buffer2, buffer3). Se calcula el área para cada polígono, mediante ST_Area («ST_Area», s. f.).

```

ALTER TABLE buffer_split
ADD id serial, ADD area integer, ADD geoforma character varying, ADD val integer,

```

```

ADD buffer1 int, ADD buffer2 int, ADD buffer3 int, ADD proporcion real, ADD val_prorrat
real;

UPDATE buffer_split SET area = st_area(geom);

```

Se crea una capa temporal “centroides”, con un punto contenido por la superficie de cada polígono mediante la función ST_PointOnSurface («ST_PointOnSurface», s. f.), la cual luego se intersecta con la de geoformas, conservando el código del polígono así como los datos de la capa de geoformas, creando la capa temporal “resumen_geoformas”. En una primera instancia se utilizó la función ST_Centroid, pero se descartó porque puede generar puntos fuera de los polígonos en caso que dichos polígonos tuvieran, por ejemplo, forma de “U” o de dona; en cambio la función ST_PointOnSurface devuelve un punto con la garantía que se encuentra sobre la superficie del polígono. Para no afectar otras partes de la sintaxis se conservó el nombre “centroides” en la tabla temporal. Se crea la tabla temporal “resumen_geoformas” realizando un enlace espacial (ST_Intersects) entre la capa de geoformas y los puntos contenidos en la capa temporal “centroides”.

```

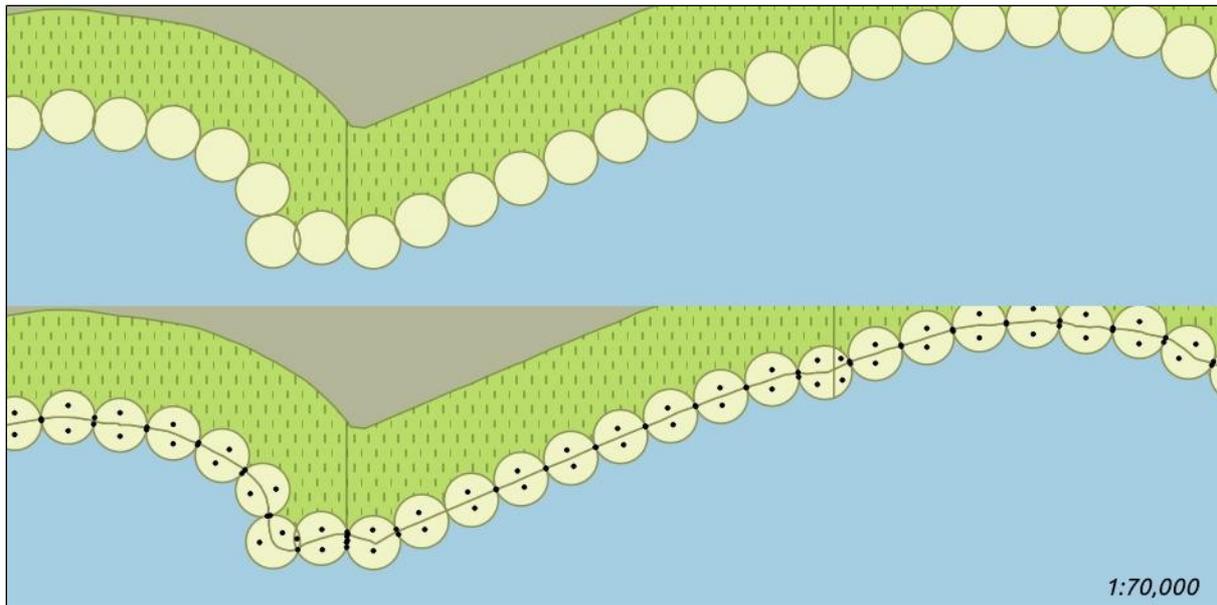
CREATE TEMP TABLE centroides AS SELECT id, ST_PointOnSurface(geom) AS geom
FROM buffer_split;

CREATE TEMP TABLE resumen_geoformas AS

SELECT geoformas_clip_corregido.id AS gid, centroides.id AS cid, cat, geoforma, val
FROM geoformas_clip_corregido, centroides
WHERE st_intersects(geoformas_clip_corregido.geom, centroides.geom);

```

Fig. 10: Puntos sobre cada geometría “explotada”



La capa “resumen_geformas” se une mediante el código “id”, copiando todos los datos en la capa “buffer_split”.

Como se mencionó anteriormente a los campos buffer1, buffer2 y buffer3 se les imputa el dato original del código del buffer al que pertenecían, dado que los polígonos recortados en los pasos anteriores pueden pertenecer a diferentes buffers. El límite es 3 porque no hay tanto solapamiento como para que sea compartida una misma intersección por más de 3 polígonos. Por ejemplo, los “sub-polígonos” que forman el buffer original cuyo “id” era 64 se usan para re-componer el buffer 64 con el siguiente filtro: buffer1=64 or buffer2=64 or buffer3=64.

Este paso presentó varias complejidades que fueron todas resueltas. Sin embargo, nos consta que la solución no es la mejor desde el punto de vista lógico y de la *performance*, si nuestro objetivo fuera llegar a un código limpio y depurado; en ese caso lo más adecuado sería programar una función. Pero, en última instancia, cumple con los objetivos que nos proponíamos.

De la siguiente forma se fue registrando para los tres campos mencionados si el centroide intersectaba con que buffer, repitiendo la operación dos veces más, es decir una vez para el campo “buffer1”, otra para “buffer2” y otra para “buffer3”.

```
UPDATE buffer_split SET buffer1=foo.buffer FROM
    (SELECT centroides.id AS cent, buffer_pts.id AS buffer FROM centroides, buffer_pts
        WHERE st_intersects (buffer_pts.the_geom, centroides.geom)) AS foo
WHERE foo.cent=buffer_split.id;
```

Posteriormente, se determina qué proporción del área total del buffer¹⁵ ocupa cada sub-polígono de la capa “buffer_split”, y se proratea el valor de vulnerabilidad de la geoforma según dicha proporción del área total, multiplicando el valor de vulnerabilidad por la proporción del área total.

```
UPDATE buffer_split SET proporcion=(buffer_split.area/st_area(buffer_pts.the_geom)) FROM
    buffer_pts;
UPDATE buffer_split SET val_prorrat=val*proporcion;
```

Sobre la tabla temporal “registro_geoformas” se van guardando los valores calculados para cada polígono de buffer_split, agregando según los valores de los campo “buffer1”, “buffer2” y “buffer3”.

```
CREATE TEMP TABLE reg1 AS SELECT * FROM buffer_split
    WHERE buffer1=1 OR buffer2=1 OR buffer3=1;
ALTER TABLE reg1 ADD agregacion int not null default(1);
INSERT INTO valores_geoformas SELECT * FROM
    (SELECT agregacion AS id, SUM(val_prorrat) AS sumatoria
        FROM reg1 GROUP BY agregacion) AS foo;
```

Luego se incorpora a la capa original de puntos “costa_pts” en un nuevo campo denominado “geoforma_pr”, usando el campo “id” como código común.

¹⁵ O sea “st_area(buffer_pts.geom)”, con un valor aproximado de 3.141.277 m².

```
ALTER TABLE costa_pts ADD geoforma_pr real;  
UPDATE costa_pts SET geoforma_pr=sumatoria  
FROM valores_geoformas WHERE costa_pts.id=valores_geoformas.id;
```

Como se mencionó anteriormente, fragmentos de la sintaxis pueden ser mejoradas, incorporándolas a funciones o buscando formas más sencillas para realizar los cálculos, sin embargo, como forma de economizar el tiempo dedicado a la metodología, consideramos el resultado como aceptable, dado que se llega a lo buscado, aunque los caminos para llegar se puedan optimizar a futuro.

Para resumir los valores del suelo, se procedió de igual manera que con las geoformas. La principal diferencia y dificultad fue que se debe convertir los límites este-oeste de cada polígono de localidad a líneas y luego intersectarlo con los buffers. Como se mencionó anteriormente, los valores se prorrataron por el área y por una constante, según si son promedios de casas (0,7) o terrenos baldíos (0,3), llegando un índice de valor del suelo que denominaremos **IVS**.

4.4 La densidad de población

Para dar cuenta de la densidad de población, entendiendo que es un factor a tomar en cuenta para la determinación de la vulnerabilidad, se siguieron los criterios aplicados para incorporar el valor del suelo, ya que se utiliza el dato resumido a la misma unidad espacial (localidades INE).

4.5 La cercanía de las infraestructuras

Otro factor que necesariamente debe ser ponderado en el índice es la proximidad de las infraestructuras, debido a que son uno de los principales activos en riesgo. Cuánto más próximas a la línea de costa estén, dependiendo también de la geomorfología, mayor será el riesgo en el que se encuentran.

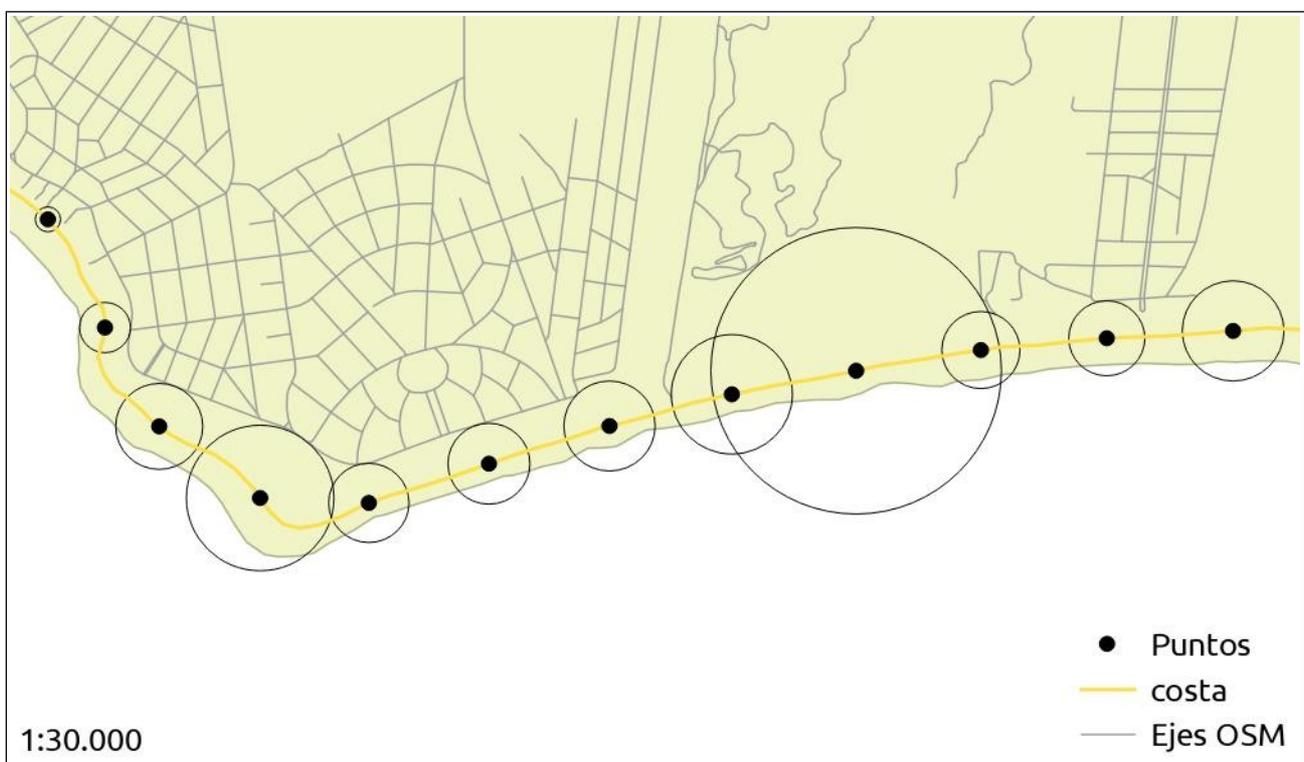
Para ello, se descargó la información disponible en Open Street Map¹⁶ en formato

¹⁶ Open Street Map (OSM) es un proyecto colaborativo y voluntario para la producción de información

shapefile¹⁷, y se la validó contra las imágenes satelitales disponibles, aplicándose correcciones en caso de considerarlas necesarias. Dado que las infraestructuras más cercanas a la costa son caminos y calles, seleccionamos sólo esta categoría de entidades para el análisis, la cual funciona como “proxy”, ya que en la costa de Canelones prácticamente no existen viviendas sin una calle aledaña para permitir el acceso a los automóviles.

Luego se procedió a identificar para cada punto, otro punto más cercano dentro de las geometrías de calles. Creados los puntos, se unieron con líneas y se midió la distancia euclidiana que los separa. Estos datos fueron introducidos en la capa “costa_pts”.

Mapa 7: puntos sobre línea de costa en negro. Los círculos de borde negro son la representación de los puntos con la distancia a la infraestructura más cercana como radio de la simbología (obsérvese como apenas tocan los ejes). Zona Costa Azul y Guazubirá.



geográfica libre. En él los usuarios pueden vectorizar infraestructuras, usos del suelo, servicios o comercios a partir de imágenes satelitales de alta resolución espacial, y esta información queda disponible y libre para su uso. La calidad es variable, pero se verificó que para la zona de interés no existen mayores omisiones.

17 Se utilizó el shapefile correspondiente a Uruguay con fecha 11 de marzo de 2016. Se puede descargar los archivos actualizados en download.geofabrik.de/south-america.html

4.6 Normalización de los datos

Como forma de volver los datos comparables se procedió a normalizarlos siguiendo la siguiente formula: $(\text{valor} - \text{min}(\text{val})) / (\text{max}(\text{val}) - \text{min}(\text{val}))$

```
CREATE TEMP TABLE valoresnormal AS
SELECT geom ,id,
       hprome, (hprome-minh)/(maxh-minh) AS hnorm,
       pprome, (pprome-minp)/(maxp-minp) AS pnorm,
       geoforma_pr, (geoforma_pr-ming)/(maxg-ming) AS gnorm,
       ivs, (ivs-minivs)/(maxivs-minivs) AS ivsnorm,
       dist_infra, (dist_infra-mindi)/(maxdi-mindi) AS dinorm,
       idensidad, (idensidad-miniden)/(maxiden-miniden) AS denorm
FROM costa_pts,
     (SELECT
       min(hprome) AS minh, max(hprome) AS maxh,
       min(pprome) AS minp, max(pprome) AS maxp,
       min(geoforma_pr) AS ming, max(geoforma_pr) AS maxg,
       min(ivs) AS minivs, max(ivs) AS maxivs,
       min(dist_infra) AS mindi, max(dist_infra) AS maxdi,
       min(idensidad) AS miniden, max(idensidad) AS maxiden
     FROM costa_pts) AS foo
WHERE hprome is not null
ORDER BY id;
```

Se calcula el campo “nega_dinorm”, como $1 - \text{distancia a la infraestructura más cercana}$, entendiendo que un mayor valor del índice debe indicar mayor vulnerabilidad.

```
UPDATE costa_pts SET nega_dinorm=1-dinorm;
```

Se corrigieron los mínimos normalizados tomando el valor mínimo para cada indicador, para evitar resultados del índice de valor 0.

```
WITH minimo AS (SELECT min(denorm) FROM costa_pts WHERE denorm!=0)
    UPDATE costa_pts SET denorm=minimo.min FROM minimo WHERE denorm=0;
WITH minimo AS (SELECT min(nega_dinorm) FROM costa_pts WHERE nega_dinorm!=0)
    UPDATE costa_pts SET nega_dinorm=minimo.min FROM minimo WHERE
nega_dinorm=0;
WITH minimo AS (SELECT min(hnorm) FROM costa_pts WHERE hnorm!=0)
    UPDATE costa_pts SET hnorm=minimo.min FROM minimo WHERE hnorm=0;
WITH minimo AS (SELECT min(pnorm) FROM costa_pts WHERE pnorm!=0)
    UPDATE costa_pts SET pnorm=minimo.min FROM minimo WHERE pnorm=0;
WITH minimo AS (SELECT min(gnorm) FROM costa_pts WHERE gnorm!=0)
    UPDATE costa_pts SET gnorm=minimo.min FROM minimo WHERE gnorm=0;
```

4.7 Operacionalización de los indicadores normalizados

Se utilizó la misma modalidad aplicada en el CVI para operar con los cuatro indicadores de riesgo normalizados. En el caso de la distancia a infraestructuras, se usó el valor (1-d), donde d = distancia a la infraestructura normalizada. Esta operación tiene como finalidad ponderar correctamente el indicador: cuanto más cerca a la línea de costa o sea cuánto menor sea la distancia, mayor el riesgo.

La operacionalización quedó formulada de la siguiente manera:

$$\text{Índice 1} = \sqrt{\frac{h.p.g.(1-d)}{4}}$$

Dónde:

h= valor promedio normalizado de alturas dentro del buffer.

p= valor promedio normalizado de pendientes, como porcentaje, dentro del buffer.

g= valor promedio de la geoforma según categorización, ponderado por el área ocupada dentro del buffer.

d= distancia normalizada a la infraestructura más cercana.

Luego se incorporan los datos de valor del suelo a través del IVS, y los datos de densidad de población.

$$\text{Índice 2} = \sqrt{\frac{IVS.den}{2}}$$

Luego se multiplican ambos, llegando a un único índice resumen:

$$\text{Índice} = \left(\sqrt{\frac{h.p.g.(1-d)}{4}}\right) \cdot \left(\sqrt{\frac{IVS.den}{2}}\right) = \sqrt{\frac{h.p.g.(1-d).IVS.den}{8}}$$

La comparación de los datos resumidos a nivel de buffer con los resumidos a nivel de bandas no presenta mayores diferencias, salvo las esperadas por ser diferentes geometrías.

Mapa 8: buffers de puntos sobre la línea de costa y buffers de segmentos de línea de costa.



5. Resultados

Luego del cálculo del índice 1, el cual se centra en indicadores de vulnerabilidad física, se clasificó la información de los 130 puntos en quintiles de 26 puntos cada uno, usando QGIS (QGIS Development Team, 2016). Se pudieron identificar seis zonas de alta vulnerabilidad:

- zona Fortín - Villa Argentina – Atlántida
- zona Floresta - Costa Azul
- zona Guazu – Virá
- zona San Luis - Los Titanes
- zona Santa Lucía del Este
- zona Cuchilla Alta

Incorporando la densidad de población y el IVS, vemos que se mantienen las mismas zonas que surgen como vulnerables aplicando el índice exclusivamente físico. Sin embargo, como se puede ver en el mapa, existen algunas diferencias. La “Ciudad de la Costa” presenta mayores valores del índice en general, y particularmente altos en las localidades de Lomas de Solymar y El Pinar. Los altos valores del suelo y la gran densidad de población determinan estos resultados. A su vez, se puede distinguir una reducción de los valores hacia el este del departamento, en las siguientes localidades: El Galeón, Santa Ana, Balneario Argentino y Jaureguiberry.



5.1 Zona 1: Fortín - Villa Argentina – Atlántida

Presenta una zona de barrancas activas y una playa con poca arena situada aproximadamente a lo largo de un kilómetro al oeste de Villa Argentina, sin infraestructuras o viviendas en riesgo.

Sobre Villa Argentina se encuentra la conocida zona de “El Águila”. Como se mencionó anteriormente, el área de dicha construcción se ha estabilizado mediante la colocación de gaviones en la barranca, debajo de la construcción (GOSO, 2014), sin embargo a su alrededor sigue habiendo zonas en riesgo. Presenta barrancas activas, con infraestructuras cercanas en riesgo; los espigones retienen poca arena en la base del barranco.

Fotografía 1: “El Águila” y los gaviones de protección.



Hacia la zona de Atlántida, cambia de un barranco en retroceso a uno intervenido.

Mapa 11: resultados del índice para la Zona 1.



5.2 Zona 2: Floresta – Costa Azul

Mapa 12: resultado del índice para la Zona 2.



La zona oeste del balneario La Floresta presenta barrancos muy activos. Habiendo afectado infraestructuras, el retroceso amenaza con afectar viviendas. Los espigones no retienen arena en su inicio, al no extenderse hasta la base barranco (son llamados “*espigones descalzos*” en el artículo “Vulnerabilidades geoambientales de la costa del departamento de Canelones” (GOSO, 2014) y “*espigones socavados*” en el “Estudio de la zona costera de La Floresta” realizado por el IMFIA (IMFIA, 2008). Como medidas de mitigación “blandas” se ha implantado vegetación en la base del barranco y se han colocado restos de poda, que intentan funcionar como cercas captoras de arena.

Fotografía 2: cercas captoras hechas con restos de poda por la intendencia de Canelones en la playa de La Floresta (enero 2016).



El caso de La Floresta preocupa a las autoridades locales y, por supuesto, a los vecinos, quienes son conscientes del riesgo en que están sus propiedades ((«Malestar en La Floresta por situación de playas», s. f.) y («La Floresta busca soluciones (...)», s. f.)). Se han encargado tareas de consultoría para encontrar una solución al problema (IMFIA, 2008), y para evaluar el impacto ambiental de dichas soluciones (INCOCIV, 2013). En particular, con colocación de un rompeolas de geotubo¹⁸ entre los espigones 7 y 8, con el objetivo de disipar

¹⁸ Tubos de textiles extremadamente resistentes, rellenos de sedimento, usados en ingeniería civil, sobre todo en

la energía de la ola y de generar punto subacuático para retener arena, según el modelo aplicado se espera la posible formación de una saliente o de un tómbolo (según la disponibilidad de arena en el sistema). Sumado a esto se propone reparar los espigones socavados.

Fotografía 3: barranca activa en La Floresta (enero 2016).



La playa de Costa Azul también presenta altos valores en el índice, aunque derivados de la altura y pendiente que existe en el lugar. No hay barrancas en retroceso, sino un área estabilizada por la vegetación.

defensas costeras.

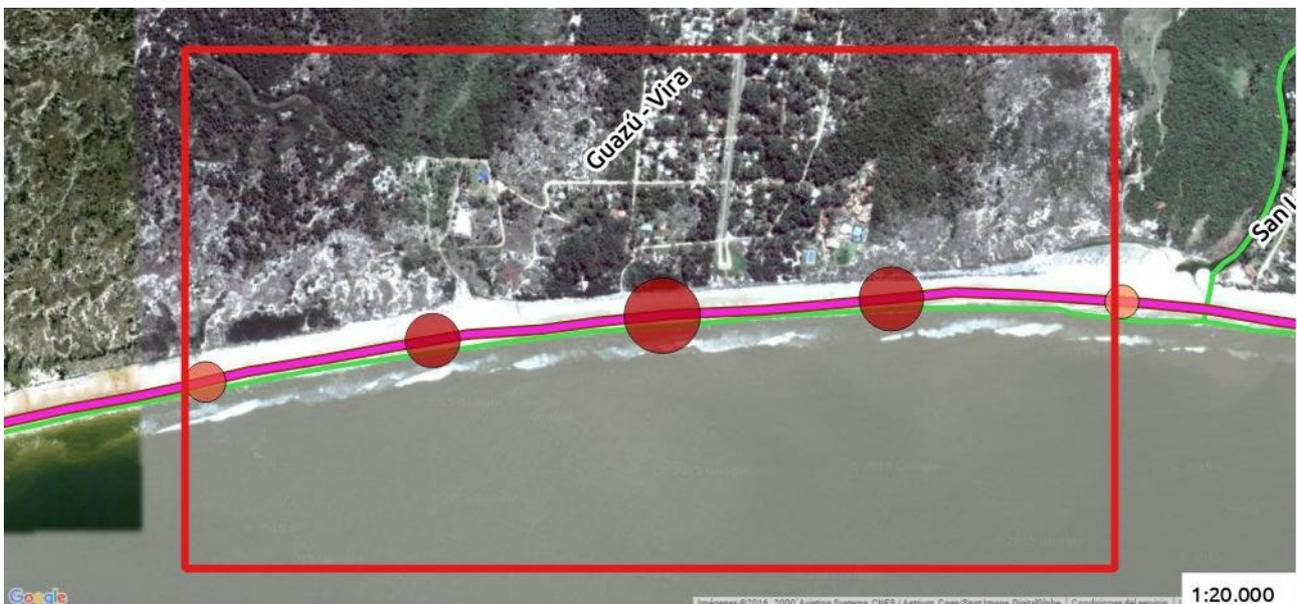
Fotografía 4: espigón socavado en La Floresta, no retiene arena en la playa y evidencia el retroceso de la barranca desde su construcción (enero 2016).



5.3 Zona 3: Guazuvirá

En el balneario Guazuvirá hay escaso desarrollo urbano y por ende muy baja densidad de población. Se puede ver un pequeño barranco hacia el este, moderadamente activo. Aunque la playa consta de poca arena, la vegetación parece estabilizar algunas zonas de barranco, evitando un grado de retroceso más intenso.

Mapa 13: resultado del índice para la Zona 3.





5.4 Zona 4: San Luis – Los Titanes

El balneario San Luis presenta barrancos activos hacia el oeste, cercanos al arroyo Del Bagre. En La zona sin urbanizar entre San Luis y Los Titanes existe un barranco activo pequeño.

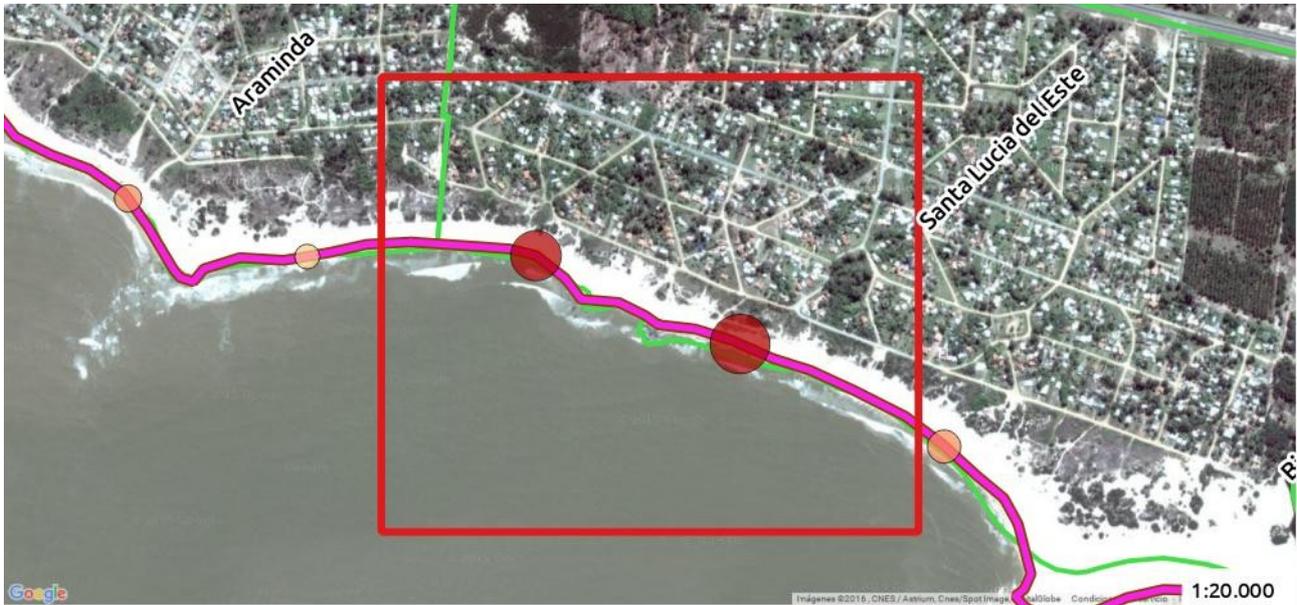
Mapa 14: resultado del índice para la Zona 4.



5.5 Zona 5: Santa Lucía del Este

Presenta barrancos activos, aunque muy levemente. La altura de la zona, y por ende las pendientes acentuadas determinan principalmente los resultados del índice.

Mapa 15: resultado del índice para la Zona 5.



5.6 Zona 6: Cuchilla Alta

El balneario Cuchilla Alta no presenta barrancos activos. La zona de afloramientos rocosos devolvió altos valores en el índice, derivados de los valores de alturas y pendientes, sin embargo la geología de la zona indica que es un lugar de bajo riesgo. Hacia el oeste, coincidiendo con el balneario Biarritz, se encuentran barrancos activos, aunque forestados y con infraestructura no demasiado cercana.

Mapa 16: resultado del índice para la Zona 6.



6. Conclusión

Consideramos que el presente trabajo logra su objetivo general, analizar y cuantificar el riesgo y la vulnerabilidad en la zona costera del departamento de Canelones; se logró dicho objetivo a pesar de las limitantes que presenta la información de base.

Para la consecución de dicho objetivo general, se cumplieron los objetivos específicos. Se desarrolló una metodología en SIG, con fuerte énfasis en PostGIS aunque incluyendo otras herramientas, procurando la máxima automatización posible del procesamiento. También se debió generar un modelo digital de elevación a partir de curvas de nivel, usando el software GRASS, para luego integrar dicha información al procesamiento. La metodología desarrollada y aplicada permitió abordar el problema desde su espacialidad.

A su vez se logró incluir aspectos físico-ambientales y socio-económicos, integrando ambos aspectos del problema, en función del concepto de vulnerabilidad adoptado anteriormente. Se logró mapear el valor del suelo, realizando el relevamiento documentado en el punto 4.2.3, espacializando los datos a escala de localidades INE.

Con toda la información disponible y la información generada, se identificaron zonas de vulnerabilidad alta desde el punto de vista físico, y se incluyó a la cuantificación y al análisis aspectos socio-económicos, como la densidad de población y los valores del suelo. A su vez, se integraron abordajes cualitativos realizados por otros investigadores, pero se enmarcaron en un intento de cuantificación.

A modo de conclusión general, vale destacar como necesario y fundamental el uso de tecnologías de la información geográfica para hacer análisis espacial de la vulnerabilidad. Realizar el presente trabajo sin dichas tecnologías no hubiera sido posible o hubiera sido extremadamente difícil de concretar.

En particular el uso de los SIGs, las bases de datos geográficas, las imágenes satelitales y fotos aéreas se vuelven necesarias al momento de trabajar con grandes volúmenes de información e intentar operar con ella. Tanto más si la escala geográfica del trabajo es pequeña, es decir se abarcan espacios geográficos considerables como departamentos o provincias¹⁹. En este caso, para una escala departamental, resultaron fundamentales. En lo que refiere al desarrollo en PostGIS, destacamos que es una herramienta de gran utilidad, dado que se tuvo que revisar constantemente el geo-

¹⁹ Para una escala continental o de grandes estados, la utilización de teledetección e imágenes satelitales a menor escala (y menor resolución espacial), puede ser de utilidad.

procesamiento, yendo sistemáticamente del inicio al final, para realizar ajustes y cambios importantes. Es recomendable buscar este tipo de soluciones cuando se requiera un análisis de datos de mediana o gran envergadura, ya que permite realizar correcciones que de otro modo serían muy costosas para el proceso de trabajo y detectar errores que podrían pasar desapercibidos. Es notable la capacidad que la herramienta tiene para poder configurar el ingreso del valor de las variables ya desde el punto de vista geométrico como de algoritmo; esto hace que la herramienta SIG sea un adaptable a diversos análisis y comparaciones en espacio y tiempo.

Producto de la entrevista realizada a la Dra. Filomena Martins (ver anexo 8.2) se puede concluir que es necesario profundizar en la percepción social de los riesgos que recaen sobre la población costera, así como utilizar esta información tanto para el ordenamiento territorial como para generar estrategias de divulgación sobre el tema. Finalmente, a partir de la entrevista realizada al Ing. Gerardo Vanerio (ver anexo 8.3) se destaca la pertinencia de la temática, la necesidad de criterios técnicos para planificar la mitigación, de inversión pública tanto en infraestructuras de mitigación, investigación, gestión y políticas de ordenamiento territorial específicas. Lo anterior se relaciona con la necesidad de divulgar la temática, con el objetivo de formar e informar a la opinión pública y al sector político, resaltando la importancia que tienen las costas para el país, tanto natural, paisajística, económica y cultural.

6.1 Posibilidades de desarrollo a futuro

El presente trabajo cuenta con varios aspectos que podrían ser profundizados o mejorados a futuro, muchos de ellos relacionados con la información disponible.

En primer lugar se podría aportar más información vectorizando la línea de costa en tiempo pasado y comparándola con la línea de costa actual. Para lograrlo se deberían adquirir y georreferenciar todas las fotos aéreas de los vuelos fotogramétricos disponibles, en particular la del vuelo de 1966, para luego trazar las líneas de costa y realizar la comparación. Así se podría llegar a un índice de la tasa de cambio de la línea de costa, similar al proceso realizado en la investigación sobre la costa de Andalucía citada anteriormente (MÉNDEZ, 2011). De esa forma se incorporaría otro indicador relevante al índice, especialmente considerando la variación de las desembocaduras de los cursos de agua, cuya dinámica permite ser integrada como una observación puntual en el tiempo.

En segundo lugar, en lo que respecta a los valores del suelo, se podrían tomar algunas iniciativas para mejorar la calidad del dato. Se podría aplicar la misma metodología, pero durante un plazo más extenso; también se podría seleccionar en forma aleatoria los días a relevar, para minimizar las variaciones asociadas a la época del año.

Otra opción podría ser trabajar a partir del mapa colaborativo llevado a cabo en el marco de un proyecto del *Lincoln Institute of Land Policy* («Valores del Suelo en América Latina», 2016). En ese proyecto se relevaron en forma voluntaria datos sobre el valor del suelo en un SIG WEB, los cuales luego se disponen en forma libre; es un proyecto basado en la metodología “crowdsourcing”, definida con anterioridad. Al momento existen pocos datos para Uruguay cargados en dicho mapa, pero es posible que a futuro contenga más información.

Se podría estudiar que posibilidades existen de acceder a registro de transacciones inmobiliarias en las localidades de interés. Si se pudiera acceder a los números de padrones y el monto de las transacciones, se podrían georreferenciar esos datos asociándolos a la capa de padrones de la Dirección Nacional de Catastro (MEF), calculado el área de cada padrón (y por ende el valor del metro cuadrado) e inclusive se podría fotointerpretar el uso del suelo (si hay construcciones o son terrenos baldíos). Luego se podría interpolar esta información, generando una capa con mejor resolución espacial.

En lo que refiere al MDE, se hace necesario contar con relevamientos más precisos y constantes en el tiempo en la zona de barrancos. Se podría utilizar tecnología LIDAR (Light Detection And Ranging) para generar un modelo digital de terreno de mayor precisión, la misma es costosa, pero se está abaratando y popularizando por el uso de drones, pequeñas aeronaves no tripuladas, las cuales pueden transportar un escáner láser. El vuelo se planifica con un software y, dependiendo de la calidad del dron, podrá corregir su posicionamiento con un GPS diferencial y cubrir determinada cantidad de hectáreas en un sólo vuelo.

Para mejorar el abordaje de la geomorfología, se podrían delimitar unidades geomorfológicas más detalladas, acotadas exclusivamente a la zona costera. Contar con esa información permitiría llegar a un resultado de mayor precisión, que pondere las particularidades del espacio costero a una escala mayor, dado que el espacio costero uruguayo presenta variaciones en escalas geográficas grandes, por lo cual información con mayor resolución espacial contribuiría a dar mayor profundidad al análisis. En el mismo sentido, sería necesario incorporar la geología a la cuantificación. Particularmente la incorporación de

investigador(es) de dicha disciplina puede darle mayor validez y profundidad al análisis, en vistas a que siendo uno de los factores relevantes permanece abordado sólo en forma somera, a su vez podría aportar su visión disciplinar relacionada también a la delimitación de unidades geomorfológicas.

Introducirse en aspectos sociales, asociando la percepción social de los riesgos costeros con los instrumentos de ordenamiento territorial, las intervenciones por parte de los diferentes niveles de gobierno y las visiones que los pobladores tienen sobre los problemas de la costa, es necesario para planificar intervenciones tendientes a minimizar riesgos y vulnerabilidades.

Se puede concluir que contar con información de los pobladores locales y acudir a metodologías de la tecnología de la información geográfica para procesar datos de diferentes fuentes posibilita acercarse más y mejor a la evaluación de la vulnerabilidad y por consiguiente al riesgo que afecta una zona tan compleja como es la costa.

7. Bibliografía

- ABOUDHA, P. A. O., & WOODROFFE, C. D. (2010). Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia. *Journal of Coastal Conservation*, 14, 189-205. <http://doi.org/10.1007/s11852-010-0097-0>
- ALONSO, I. (2002). Tercer mundo, desarrollo, desastres y tecnología: una mirada desde la geografía., (10), 11-26.
- Alquiler y venta de inmuebles. (2015). Recuperado 29 de diciembre de 2015, a partir de <http://www.gallito.com.uy/inmuebles>
- ALVEZ, M. D. C. (2011). *Aspectos geomorfológicos de la costa atlántica uruguaya*. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- ARUN KUMAR, A., & KUNTE, P. D. (2012). Coastal vulnerability assessment for Chennai, east coast of India using geospatial techniques. *Natural Hazards*, 64, 853-872. <http://doi.org/10.1007/s11069-012-0276-4>
- BEHREND, T. S., SHAREK, D. J., MEADE, A. W., & WIEBE, E. N. (2011). The viability of crowdsourcing for survey research. *Behavior Research Methods*, 43(3), 800-813. <http://doi.org/10.3758/s13428-011-0081-0>
- Blaikie, P., Cannon, T., David, I., & Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- BOAK, E., & TURNER, I. (2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21, 688-703. <http://doi.org/10.2112/03-0071.1>
- BOSQUE SENDRA, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Ediciones RIALP S.A.
- CAMBERS, G. (2001). Professional development programme: coastal infrastructure design , construction and maintenance. Recuperado a partir de http://www.oas.org/cdcm_train/courses/course1/Chapter%204-Coastal%20Hazards%20and%20Vulnerability.pdf

- CARDONA, O. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Presentado en International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice, Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Holanda. Recuperado a partir de http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf
- CONRAD, O. (2002). Library Gridding / SAGA-GIS Module Library Documentation (v2.1.3). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de http://www.saga-gis.org/saga_module_doc/2.1.3/grid_gridding.html
- CONRAD, O. (2006). Library Spline Interpolation / SAGA-GIS Module Library Documentation (v2.1.3). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de http://www.saga-gis.org/saga_module_doc/2.1.3/grid_spline.html
- D'ANGELO, G. (2013). *Adaptación de un índice de vulnerabilidad cambio climático para la zona costera*. (Informe final de beca de iniciación a la investigación financiada por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Inédito.).
- DE PEDRAZA GILSANZ, J. (1996). *Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda.
- DELL'ACQUA, M. (2004). Metodología e información utilizada para la elaboración de un MDT. Recuperado 5 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.cebra.com.uy/renare/media/metodologia-para-mdt.html>
- Dirección General de Cambio Climático y Medio Ambiente Urbano (Ed.). (2011). *Análisis preliminar de la vulnerabilidad de la costa de Andalucía a la potencial subida del nivel del mar asociada al Cambio Climático*. Sevilla.
- FOLGAR, L. (2005). Crónica de una urbanización decretada. *Anuario Antropología Social y Cultural en Uruguay 2004-2005*.
- GARCÍA, E., & SÁNCHEZ, G. (1970). La costa del departamento. En *Canelones* (Vol. 16, p. 68). Montevideo, Uruguay: Nuestra Tierra. Recuperado a partir de

http://www.periodicas.edu.uy/o/Nuestra_tierra/pdfs/Los_Departamentos_16.pdf

GDAL Development Team. (2015). *GDAL: Geospatial Data Abstraction Library*. Open Source Geospatial Foundation. Recuperado a partir de <http://www.gdal.org/>

GÓMEZ PIVEL, M. (2006). Geomorfología y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya. En *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. Montevideo, Uruguay: Vida Silvestre Uruguay.

Google Inc. (2013). Google Earth (Versión 7.1.2.2041). Recuperado a partir de <https://www.google.es/intl/es/earth/>

Google Maps. (2015). Google Maps. Recuperado a partir de <https://www.google.com.uy/maps/@-34.8059635,-56.2145634,40060m/data=!3m1!1e3?hl=es-419>

GOSO, C. (2014). *Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. Montevideo, Uruguay: DIRAC.

GOSO, C., FAURE, J., PRATTO, D., BARRETO, L., PICCHI, D., SCAGLIA, D., ... GARCIA, G. (2014). Vulnerabilidades geoambientales de la costa del departamento de Canelones. En *Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. (pp. 173-196). Montevideo, Uruguay: DIRAC.

GRASS Development Team. (2011). GRASS GIS manual: g.region. Recuperado 26 de diciembre de 2015, a partir de <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/g.region.html>

GRASS Development Team. (2012a). GRASS GIS manual: r.surf.contour. Recuperado 12 de diciembre de 2015, a partir de <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.surf.contour.html>

GRASS Development Team. (2012b). GRASS GIS manual: v.in.ogr. Recuperado 27 de diciembre de 2015, a partir de <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/v.in.ogr.html>

GRASS Development Team. (2014a). GRASS GIS manual: r.out.gdal. Recuperado 27 de diciembre de 2015, a partir de <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.out.gdal.html>

GRASS Development Team. (2014b). GRASS GIS manual: r.patch. Recuperado 26 de

diciembre de 2015, a partir de <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.patch.html>

GRASS Development Team. (2014c). GRASS GIS manual: v.surf.rst. Recuperado 10 de diciembre de 2015, a partir de <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/v.surf.rst.html>

GRASS Development Team. (2015). Geographic Resources Analysis Support System (Versión 7). Open Source Geospatial Foundation. Recuperado a partir de <http://grass.osgeo.org>

GRASS GIS manual: v.to.rast. (2011). Recuperado 26 de diciembre de 2015, a partir de <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/v.to.rast.html>

GRASS Wiki. (2015). Contour lines to DEM. Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de https://grasswiki.osgeo.org/wiki/Contour_lines_to_DEM

GUIGOU, B., FERNÁNDEZ, V., & GÓMEZ, M. (2010). Shapefile CVI.

GUIMARAES, E., & CORREA, M. (2014). Indicadores geológicos e geomorfológicos de setores em erosao na costa do Rio Grande do Sul. En *Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. (pp. 83-98). Montevideo, Uruguay: DIRAC.

HERNÁNDEZ, S. (1999). *Extensión de un área metropolitana a través de la migración interna: el caso de la denominada Ciudad de la Costa entre 1963 y 1996* (Trabajo de pasaje de curso: Geografía Integrada II). Montevideo, Uruguay.

HINKEL, J. (2011). «Indicators of vulnerability and adaptive capacity»: Towards a clarification of the science–policy interface. *Global Environmental Change*, 21, 198-208. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>

IDEuy. (2011). Conjunto de Datos Provisorios. Recuperado a partir de <http://descarga-cdp-ide.agesic.gub.uy/CONJUNTO%20DE%20DATOS%20PROVISORIOS/>

IMFIA. (2008). *Estudio de la zona costera de La Floresta*.

IMN. Vulnerabilidad Actual de la zona noroccidental del Valle Central de Costa Rica (2005).

INCOCIV. (2013). *Obras De Recuperación Del Arco De Playa En El Balneario La Floresta*.

INE. (2011a). CENSO 2011. Recuperado a partir de

- <http://www.ine.gub.uy/censos2011/resultadosfinales/canelones.html>
- INE. (2011b). Microdatos CENSO 2011. Recuperado a partir de <http://www.ine.gub.uy/censos2011/microdatos/micromacro.html>
- KIENBERGER, S. (2012). Spatial modelling of social and economic vulnerability to floods at the district level in Buzi, Mozambique. *Natural Hazards*.
- KOKOT, R., CODIGNOTTO, J., & ELISSONDO, M. (2004). Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 3, 477-487.
- La Floresta busca soluciones (...). (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2016, a partir de <http://www.espectador.com/sociedad/117601/la-floresta-busca-soluciones-que-eviten-el-talento>
- LAVELL, A. (s. f.). Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición. Recuperado a partir de http://www.cridlac.org/cd/cd_inversion/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf
- LÓPEZ, L. (2015). *Diccionario de geografía aplicada y profesional*. León: Universidad de León.
- Malestar en La Floresta por situación de playas. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2016, a partir de <http://www.elpais.com.uy/informacion/malestar-floresta-situacion-playas.html>
- MANDELROT, B. (1967). How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension. *Science*, 156(3775), 636-638.
- MASKREY, A. (1998). *Navegando entre brumas. La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis del riesgo en América Latina*. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- MÉNDEZ, R., & LÓPEZ, C. (2010). Evaluación de exactitud vertical comparativa entre el ASTER GDEM y el MDT del Conjunto de Datos Provisorios. En AGESIC (Ed.), *I Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales* (pp. 268-274).

- Montevideo.
- METI, & NASA. (2011a). about ASTER G-DEM. Recuperado 5 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/1.html>
- METI, & NASA. (2011b). Quality Improvements in Version 2. Recuperado 11 de diciembre de 2015, a partir de http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/4_1.html
- MINTUR. (2015). Anuario 2015. Estadísticas de turismo.
- MITCHELL, T., & HARRIS, K. (2012). Resilience: A risk management approach. The Overseas Development Institute.
- NAGESWARA RAO, K., Subraelu, P., Venkateswara Rao, T., Hema Malini, B., Ratheesh, R., Bhattacharya, S., ... Ajai. (2009). Sea-level rise and coastal vulnerability: an assessment of Andhra Pradesh coast, India through remote sensing and GIS. *Journal of Coastal Conservation*, 12, 195-207. <http://doi.org/10.1007/s11852-009-0042-2>
- NAGY, G., PONCE, A., SILVA, R., FORBES, E., & KOKOT, R. (2005). Desarrollo de la capacidad de evaluación de la vulnerabilidad costera al cambio climático: zona oeste de Montevideo como caso de estudio. En V. BARROS, Á. MENÉNDEZ, & G. NAGY (Eds.), *El Cambio Climático en el Río de la Plata* (pp. 173-187). Buenos Aires.
- OJEDA, ÁLVAREZ, J., MARTIN, D., & FRAILE, P. (2009). El uso de las TIG para el cálculo del índice de vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España). *GeoFocus*, 1, 83-100.
- OLAYA, V. (2016). Sistemas de Información Geográfica. Recuperado 19 de abril de 2016, a partir de http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Introduccion_fundamentos.html
- OpenStreetMap contributors. (2016). OSM.
- PANARIO, D., & GUTIÉRREZ, O. (2006). Dinámica y fuentes de sedimentos de las playas uruguayas. En *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya* (pp. 21-34). Montevideo, Uruguay: Vida Silvestre Uruguay.
- PENDLETON, E. A., THIELER, E. R., & WILLIAMS, S. J. (2010). Importance of Coastal

Change Variables in Determining Vulnerability to Sea- and Lake-Level Change.
Journal of Coastal Research, 261, 176-183. <http://doi.org/10.2112/08-1102.1>

PIZARRO, R. (2001). La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina. *Estudios estadísticos y prospectivos*.

PNUD. (2007). *Uruguay: El cambio climático aquí y ahora*. Uruguay.

PNUMA. (2002). GEO-3. Recuperado 7 de marzo de 2015, a partir de <http://www.unep.org/geo/GEO3/spanish/498.htm>

PostGIS PSC. (2015). PostGIS. Recuperado 7 de marzo de 2015, a partir de <http://postgis.net/>

PostgreSQL: Documentation: 9.3: Set Returning Functions. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de <http://www.postgresql.org/docs/9.3/static/functions-srf.html>

QGIS Development Team. (2016). QGIS Geographic Information System (Versión 2.14). Open Source Geospatial Foundation. Recuperado a partir de <http://qgis.osgeo.org>

R Core Team. (2015). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Recuperado a partir de <https://www.R-project.org>

Raster Data Management, Queries, and Applications. (2014). Recuperado 26 de diciembre de 2015, a partir de http://postgis.refractor.net/docs/using_raster.xml.html#RT_Raster_Loader

SAGA User Group Association. (2007). System for Automated Geoscientific Analyses (Versión 2.1.4). Recuperado a partir de <http://www.saga-gis.org/en/index.html>

ST_Area. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de http://postgis.org/docs/ST_Area.html

ST_Dump. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de http://postgis.net/docs/ST_Dump.html

ST_ExteriorRing. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de http://postgis.net/docs/ST_ExteriorRing.html

ST_Line_Substring. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de
http://www.postgis.org/docs/ST_Line_Substring.html

ST_PointOnSurface. (s. f.). Recuperado 19 de marzo de 2016, a partir de
http://postgis.net/docs/ST_PointOnSurface.html

ST_Polygonize. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de
http://postgis.net/docs/ST_Polygonize.html

ST_Split. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de
http://postgis.net/docs/manual-2.2/ST_Split.html

ST_Union. (s. f.). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de
http://postgis.net/docs/ST_Union.html

UBUNTU. (2014). (Versión 14.04). Canonical Group Limited. Recuperado a partir de
<http://www.ubuntu.com/>

Valores del Suelo en América Latina. (2016). Recuperado 24 de marzo de 2016, a partir de
<http://valorsueloamericalatina.org/>

VEROCAI, J. (2015a). *Clase sobre eventos extremos costeros en Georiesgos, 2015*. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

VEROCAI, J. (2015b). Consulta por datos.

VEROCAI, J., BIDEGAIN, M., & NAGY, G. (2014). Nivel del mar y eventos extremos en las aguas costeras del Río de la Plata y la costa oceánica uruguaya. En *Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. (pp. 131-146). Montevideo, Uruguay: DIRAC.

WGS 84 / UTM zone 21S: EPSG Projection -- Spatial Reference. (1995). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de <http://spatialreference.org/ref/epsg/32721/>

WGS 84: EPSG Projection -- Spatial Reference. (2007). Recuperado 9 de diciembre de 2015, a partir de <http://spatialreference.org/ref/epsg/wgs-84/>

WINCHESTER, P. (1992). *Power, Choice and Vulnerability*. Recuperado a partir de https://books.google.com.uy/books/about/Power_Choice_and_Vulnerability.html?

hl=es&id=WiJpAwAAQBAJ

YIN, J., YIN, Z., WANG, J., & XU, S. (2012). National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise for the Chinese coast. *Journal of Coastal Conservation*, 16, 123-133.

<http://doi.org/10.1007/s11852-012-0180-9>

YOO, G., HWANG, J. H., & CHOI, C. (2011). Development and application of a methodology for vulnerability assessment of climate change in coastal cities. *Ocean & Coastal Management*, 54, 524-534.

<http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.04.001>

8. Anexos

8.1 Sintaxis R para el procesamiento de datos censales

```
# VIVIENDAS

# Es necesario cargar el archivo viviendas.dbf
(http://www.ine.gub.uy/c/document\_library/get\_file?uuid=48395542-846d-4d99-be58-e53d458899c6&groupId=10181)

# para ello se utiliza la libreria "foreign"

rm(list = ls())

library(foreign)

setwd("(...)")

viviendas=read.dbf("(...)/Viviendas.dbf")

# Convierte los campos DPTO y LOC a tipo numérico

viviendas$DPTO=as.numeric(as.character(viviendas$DPTO))

viviendas$LOC=as.numeric(as.character(viviendas$LOC))

# Genera la columna "codseg", como código de segmento de tipo "character"

viviendas["codseg"]=do.call(paste0, viviendas[c("DPTO", "SECC", "SEGM")])

# Crea un vector con los códigos de las localidades costeras

loc=c(980, 975, 525, 926, 986, 621, 953, 946, 925, 935, 974, 627, 633, 985, 724, 970, 939,
726, 732, 729, 826, 922, 727, 921, 828, 959, 943, 722, 956, 830, 831, 910, 957, 835, 834)

# Selecciona las viviendas de localidades costeras en un dataframe denominado
"viviendas_costa"

viviendas_costa=subset(viviendas,(DPTO==3 & LOC %in% loc))

# crea un vector identificando los segmentos costeros

segcos=c("308008", "308009", "308011", "308015", "308024", "308026", "308028", "308029",
"308031", "308032", "308038", "308040", "308041", "308042", "308043", "308044", "308045",
"308113", "308123", "308125", "308216", "308219", "308220", "308222", "308223", "308225",
"308236", "308237", "308318", "308319", "317049", "317051", "317054", "317055", "317056",
"317057", "317059", "317145", "317162", "317248", "317263", "317267", "317268", "317346",
"317347", "317350", "317366", "337039", "337129", "337140", "337141", "337186", "337193",
```

```

"337225", "337234", "337293", "337325", "337336", "337338", "337342", "337425", "337529",
"337583", "337593")

# selecciona las viviendas en segmentos costeros de Canelones, en un dataframe denominado
"viviendas_segcos"

viviendas_segcos=subset(viviendas,codseg %in% segcos)

# crea una tabla resumen del campo "VIVVO03" correspondiente a la condición de ocupación
de la vivienda

ocup=      as.data.frame(table(viviendas$VIVVO03))
ocup_costa=  as.data.frame(table(viviendas_costa$VIVVO03))
ocup_segcosta= as.data.frame(table(viviendas_segcos$VIVVO03))
ocup1=merge(ocup, ocup_costa, by="Var1")
ocupacion=merge(ocup1, ocup_segcosta, by="Var1")

# cambia los nombres de las filas en código
rownames(ocupacion)=c("Ocupada con residentes presentes",
                      "Ocupada con residentes ausentes",
                      "Desocupada: de uso temporal",
                      "Desocupada: para alquilar o vender",
                      "Desocupada: en construcción o reparación",
                      "Desocupada: ruínosa, destruida o inhabitable",
                      "Desocupada: vacante",
                      "Desocupada: ignorado")

# cambia nombres de columnas
colnames(ocupacion)=c("cod", "viviendas_pais", "vivs_loccosta", "vivs_segcosta")

# calcula proporciones
ocupacion[["porcen_pais"]]=prop.table(ocupacion$viviendas_pais)
ocupacion[["porcen_loccos"]]=prop.table(ocupacion$vivs_loccosta)
ocupacion[["porcen_segcos"]]=prop.table(ocupacion$vivs_segcosta)

# ordena las variables
ocupacion=ocupacion[,c("cod", "viviendas_pais", "porcen_pais",
                      "vivs_loccosta", "porcen_loccos", "vivs_segcosta", "porcen_segcos")]

```

```
# realiza un proceso similar al anterior pero para la variable CATEVIV, es decir "categoria de viviendas"
```

```
cateviv          = as.data.frame(table(viviendas$CATEVIV))
cateviv_costa    = as.data.frame(table(viviendas_costa$CATEVIV))
cateviv_segcosta = as.data.frame(table(viviendas_segcos$CATEVIV))

# une los dataframes
cateviv1=merge(cateviv, cateviv_costa, by="Var1")
categoria_viv=merge(cateviv1, cateviv_segcosta, by="Var1")
categoria_viv$Var1=as.numeric(as.character(categoria_viv$Var1))
categoria_viv=categoria_viv[order(categoria_viv$Var1),]

# renombra columnas
colnames(categoria_viv)=c("cod", "cateviv_pais", "cateviv_loccosta", "cateviv_segcosta")

# calcula proporciones
categoria_viv["porcen_pais"]=prop.table(categoria_viv$cateviv_pais)
categoria_viv["porcen_loccos"]=prop.table(categoria_viv$cateviv_loccosta)
categoria_viv["porcen_segcos"]=prop.table(categoria_viv$cateviv_segcosta)

# ordena las variables
categoria_viv=categoria_viv[,c("cod", "cateviv_pais", "porcen_pais", "cateviv_loccosta",
                               "porcen_loccos", "cateviv_segcosta", "porcen_segcos")]
```

```
# realiza un proceso similar al anterior pero para la variable VIVHV01, es decir número de hogares por vivienda
```

```
hogXviv1        = as.data.frame(table(viviendas$VIVHV01))
hogXviv_costa   = as.data.frame(table(viviendas_costa$VIVHV01))
hogXviv_segcos  = as.data.frame(table(viviendas_segcos$VIVHV01))

# une los dataframes
hogXviv=merge(merge(hogXviv1, hogXviv_costa, by="Var1"),hogXviv_segcos,by="Var1")

# renombra columnas
colnames(hogXviv)=c("cod", "hogXviv_pais", "hogXviv_loccosta", "hogXviv_segcosta")

# calcula proporciones
hogXviv["porcen_pais"]=prop.table(hogXviv$hogXviv_pais)
```

```

hogXviv["porcen_loccos"]=prop.table(hogXviv$hogXviv_loccosta)
hogXviv["porcen_segcos"]=prop.table(hogXviv$hogXviv_segcosta)

# ordena las variables
hogXviv=hogXviv[,c("cod", "hogXviv_pais", "porcen_pais", "hogXviv_loccosta",
                  "porcen_loccos", "hogXviv_segcosta", "porcen_segcos")]

# exporta
write.csv2(categoria_viv, file="categoria_viviendas.csv")
write.csv2(hogXviv, file="hogaresXvivienda.csv")

# PERSONAS

# Es necesario cargar el archivo personas.dbf
(http://www.ine.gub.uy/c/document\_library/get\_file?uuid=32a75d76-beaf-4466-a8c8-c82ca55320ec&groupId=10181), para ello se utiliza la libreria "foreign"

library(gdata)
keep(loc, segcos, sure=TRUE)
personas=read.dbf("../Personas.dbf")

# selecciona sólo las variables de interés de la base de datos
personas=subset(personas, select=c(DPTO, LOC, SECC, SEGM,
PERPH02,PERNA01,PERNA02, PERAL01, PERAL11, NIVELEDU_R,POBPCOAC, PERFM01_R,
PERFM02_R))

#convierte campos DPTO y LOC a numérico
personas$DPTO=as.numeric(as.character(personas$DPTO))
personas$LOC=as.numeric(as.character(personas$LOC))

# genera la columna "codseg", con código de segmento
personas["codseg"]=do.call(paste0, personas[c("DPTO", "SECC", "SEGM")])

# selecciona los registros de personas censadas en localidades costeras
personas_costa=subset(personas,(DPTO==3 & LOC %in% loc))

# selecciona las personas censadas en segmentos costeros en un dataframe denominado
"personas_segcos"
personas_segcos=subset(personas, codseg %in% segcos)

```

```

## NIVEL EDUCATIVO ##

# corrige valores de "no relevado" para la variable "niveledu"
personas$NIVELEDU_R[personas$NIVELEDU_R==88] <- 0

# crea una tabla resumen del campo "NIVELEDU_R" correspondiente al nivel educativo de la
persona

niveledu1          = as.data.frame(table(personas$NIVELEDU_R))
niveledu_costa     = as.data.frame(table(personas_costa$NIVELEDU_R))
niveledu_segcosta  = as.data.frame(table(personas_segcos$NIVELEDU_R))

# une los tres dataframes
niveledu=merge(merge(niveledu1, niveledu_costa, by="Var1"),
               niveledu_segcosta,by="Var1", all=TRUE)

# renombra columnas
colnames(niveledu)=c("cod", "niveledu_pais", "niveledu_loccosta", "niveledu_segcosta")

# calcula proporciones
niveledu["porcen_pais"]=prop.table(niveledu$niveledu_pais)
niveledu["porcen_loccos"]=prop.table(niveledu$niveledu_loccosta)
niveledu["porcen_segcos"]=niveledu$niveledu_segcosta/sum(
  as.data.frame(na.omit(niveledu$niveledu_segcosta)))

# ordena las variables
niveledu=niveledu[,c("cod", "niveledu_pais", "porcen_pais", "niveledu_loccosta",
                    "porcen_loccos", "niveledu_segcosta", "porcen_segcos")]

# ordena por variable "cod"
niveledu=niveledu[order(niveledu$cod),]

## CONDICIÓN DE ACTIVIDAD ECONÓMICA ##

# realiza un proceso similar al anterior pero para la variable POBPCOAC, es decir "condición
de actividad económica"

pobpcoac          = as.data.frame(table(personas$POBPCOAC))
pobpcoac_costa    = as.data.frame(table(personas_costa$POBPCOAC))

```

```

pobpcoac_segcosta = as.data.frame(table(personas_segcos$POBPCOAC))

# une los tres dataframes

condacti=merge(merge(pobpcoac, pobpcoac_costa, by="Var1"),
               pobpcoac_segcosta,by="Var1", all=TRUE)

# renombra columnas

colnames(condacti)=c("cod", "condacti_pais", "condacti_loccosta", "condacti_segcosta")

# calcula proporciones

condacti["porcen_pais"]=prop.table(condacti$condacti_pais)

condacti["porcen_loccos"]=prop.table(condacti$condacti_loccosta)

condacti["porcen_segcos"]=prop.table(condacti$condacti_segcos)

# ordena las variables

condacti=condacti[,c("cod", "condacti_pais", "porcen_pais", "condacti_loccosta",
"porcen_loccos",
                    "condacti_segcosta", "porcen_segcos")]

# ordena las filas por el campo "cod"

condacti=condacti[order(condacti$cod),]

## ÍNDICE DE MASCULINIDAD ##

# separa por géneros para todas las personas

mujeres=subset(personas, PERPH02==2)

varones=subset(personas, PERPH02==1)

# separa por géneros para todas las personas en localidades costeras

mujeres_costa=subset(personas_costa, PERPH02==2)

varones_costa=subset(personas_costa, PERPH02==1)

# separa por géneros para todas las personas en segmentos costeros

mujeres_segcos=subset(personas_segcos, PERPH02==2)

varones_segcos=subset(personas_segcos, PERPH02==1)

# genera el vector de nombres de filas

```

```

nombres<-
c('mujeres_país','hombres_país','mujeres_costa','hombres_costa','mujeres_segcos','hombres_segcos'
)

# hace el conteo para cada caso
cantidad = c(nrow(mujeres), nrow(varones), nrow(mujeres_costa), nrow(varones_costa),
            nrow(mujeres_segcos), nrow(varones_segcos))

# une ambos dataframes en uno nuevo llamado "genero"
genero <- data.frame(nombres, cantidad)

## RELACIÓN DE DEPENDENCIA ##
# identifica rangos de edad para calcular
personas["rangoedad"] <- 1
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=15 & personas$PERNA01<=64)] <- 2
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=65)] <- 3

# para todas las personas
p=subset(personas, select=rangoedad)
p <- aggregate(x = p, by = list(p$rangoedad),FUN = length)
n1=subset(p, Group.1!=2)
((sum(n1$rangoedad)) / (sum(p$rangoedad)-sum(n1$rangoedad)))*100

# para todas las personas censadas en la costa de Canelones
personas_costa["rangoedad"] <- 1
personas_costa$rangoedad[which(personas_costa$PERNA01>=15 &
personas_costa$PERNA01<=64)] <- 2
personas_costa$rangoedad[which(personas_costa$PERNA01>=65)] <- 3
p=subset(personas_costa, select=rangoedad)
p <- aggregate(x = p, by = list(p$rangoedad),FUN = length)
n1=subset(p, Group.1!=2)
((sum(n1$rangoedad)) / (sum(p$rangoedad)-sum(n1$rangoedad)))*100

# para todas las personas censadas en segmentos costeros de la costa de Canelones
personas_segcos["rangoedad"] <- 1

```

```

personas_segcos$rangoedad[which(personas_segcos$PERNA01>=15 &
  personas_segcos$PERNA01<=64)] <- 2

personas_segcos$rangoedad[which(personas_segcos$PERNA01>=65)] <- 3

p=subset(personas_segcos, select=rangoedad)

p <- aggregate(x = p, by = list(p$rangoedad),FUN = length)

n1=subset(p, Group.1!=2)

((sum(n1$rangoedad)) / (sum(p$rangoedad)-sum(n1$rangoedad)))*100

## POBLACIÓN POR LOCALIDAD ##

# selecciona variables de interés

poblacion=subset(personas_costa, select=c(LOC, PERPH02))

# agrega por localidad

poblacionxloc <- aggregate(x = poblacion, by = list(poblacion$LOC, poblacion$PERPH02),
  FUN = length)

# divide por géneros

mujeres=subset(poblacionxloc, Group.2==2, select=c(Group.1, PERPH02))

varones=subset(poblacionxloc, Group.2==1, select=c(Group.1, PERPH02))

# une los dataframes

poblacionxloc=merge(mujeres, varones, by="Group.1")

# cambia nombres de columnas

colnames(poblacionxloc)=c("localidad", "mujeres", "varones")

# calcula el total

poblacionxloc["total"]= (poblacionxloc$mujeres + poblacionxloc$varones)

## EXPORTA ##

write.csv2(niveledu, file="niveleducativo_personas.csv", na="SD")

write.csv2(condacti, "condicion_de_actividad.csv")

write.csv2(genero, file="genero.csv")

write.csv2(poblacionxloc, "poblacionxloc2011.csv")

```

```

## PIRÁMIDES DE POBLACION ##

# carga las librerías necesarias

library(plotrix)

library(dplyr)

# marca rangos de edad para cada barra de la pirámide

personas["rangoedad"] <- 0

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=5 & personas$PERNA01<=9)] <- 1
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=10 & personas$PERNA01<=14)] <- 2
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=15 & personas$PERNA01<=19)] <- 3
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=20 & personas$PERNA01<=24)] <- 4
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=25 & personas$PERNA01<=29)] <- 5
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=30 & personas$PERNA01<=34)] <- 6
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=35 & personas$PERNA01<=39)] <- 7
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=40 & personas$PERNA01<=44)] <- 8
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=45 & personas$PERNA01<=49)] <- 9
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=50 & personas$PERNA01<=54)] <- 10
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=55 & personas$PERNA01<=59)] <- 11
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=60 & personas$PERNA01<=64)] <- 12
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=65 & personas$PERNA01<=69)] <- 13
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=70 & personas$PERNA01<=74)] <- 14
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=75 & personas$PERNA01<=79)] <- 15
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=80 & personas$PERNA01<=84)] <- 16
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=85)] <- 17

# selecciona sólo las variables de interés

piramide_p=subset(personas, select=c(PERPH02,rangoedad))

# agrega datos por columna "rangoedad" mediante la función "length"

piramide_p <- aggregate(x = piramide_p,
                        by = list(piramide_p$PERPH02, piramide_p$rangoedad), FUN = length)

# calcula porcentajes para los agregados

```

```

piramide_p["porcen_pais"]=(prop.table(piramide_p$rangoedad)*100)

# divide entre sexos

piramide_v=subset(piramide_p, Group.1==1)

piramide_m=subset(piramide_p, Group.1==2)

# convierte la columna 5 de cada dataframe en un vector a ser usado en la pirámide

xy.pop <- piramide_v[,5]

xx.pop <- piramide_m[,5]

# crea un vector definiendo las etiquetas para la gráfica

etiquetas_edades<-c("0-4","5-9","10-14","15-19","20-24","25-29","30-34","35-39","40-44","45-
49", "50-54","55-59","60-64","65-69","70-74","75-79","80-84","85+")

# plotea la pirámide usando la función "pyramid.plot" del paquete "plotrix"

par(mar=pyramid.plot(xy.pop,xx.pop,labels=etiquetas_edades,

      top.labels=c("varones" ,"edad" ,"mujeres"),

      main="Población del Uruguay 2011",

      lxcol="#009900",rxcol="#ff6600",xlim=c(5,5),

      laxlab = seq(from = 0, to = 5, by = 1),

      raxlab=seq(from = 0, to = 5, by = 1),

      gap=0.65,show.values=TRUE))

# pirámides de población para localidades costeras

personas=subset(personas,(DPTO==3 & LOC %in% loc))

# marca rangos de edad para cada barra de la pirámide

personas["rangoedad"] <- 0

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=5 & personas$PERNA01<=9)] <- 1

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=10 & personas$PERNA01<=14)] <- 2

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=15 & personas$PERNA01<=19)] <- 3

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=20 & personas$PERNA01<=24)] <- 4

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=25 & personas$PERNA01<=29)] <- 5

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=30 & personas$PERNA01<=34)] <- 6

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=35 & personas$PERNA01<=39)] <- 7

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=40 & personas$PERNA01<=44)] <- 8

```

```

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=45 & personas$PERNA01<=49)] <- 9
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=50 & personas$PERNA01<=54)] <- 10
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=55 & personas$PERNA01<=59)] <- 11
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=60 & personas$PERNA01<=64)] <- 12
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=65 & personas$PERNA01<=69)] <- 13
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=70 & personas$PERNA01<=74)] <- 14
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=75 & personas$PERNA01<=79)] <- 15
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=80 & personas$PERNA01<=84)] <- 16
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=85)] <- 17

# selecciona sólo las variables de interés
piramide_p=subset(personas, select=c(PERPH02,rangoedad))

# agrega datos por columna "rangoedad" mediante la función "length"
piramide_p <- aggregate(x = piramide_p, by = list(piramide_p$PERPH02,
piramide_p$rangoedad), FUN = length)

# calcula porcentajes para los agregados
piramide_p[,"porcen_pais"]=(prop.table(piramide_p$rangoedad)*100)

# divide entre géneros
piramide_v=subset(piramide_p, Group.1==1)
piramide_m=subset(piramide_p, Group.1==2)

# convierte la columna 5 de cada dataframe en un vector a ser usado en la pirámide
xy.pop <- piramide_v[,5]
xx.pop <- piramide_m[,5]

# plotea la pirámide usando la función "pyramid.plot" del paquete "plotrix"
par(mar=pyramid.plot(xy.pop,xx.pop,labels=etiquetas_edades,
top.labels=c("varones" ,"edad", "mujeres"),
main="Pobl. de localidades costeras de Canelones 2011",
lxc0l="#009900",rxc0l="#ff6600",xlim=c(5,5),
laxlab = seq(from = 0, to = 5, by = 1),
raxlab=seq(from = 0, to = 5, by = 1),
gap=0.65,show.values=TRUE))

```

```

# pirámides de población para segmentos costeros

personas=subset(personas, codseg %in% segcos)

# marca rangos de edad para cada barra de la pirámide

personas["rangoedad"] <- 0

personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=5 & personas$PERNA01<=9)] <- 1
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=10 & personas$PERNA01<=14)] <- 2
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=15 & personas$PERNA01<=19)] <- 3
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=20 & personas$PERNA01<=24)] <- 4
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=25 & personas$PERNA01<=29)] <- 5
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=30 & personas$PERNA01<=34)] <- 6
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=35 & personas$PERNA01<=39)] <- 7
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=40 & personas$PERNA01<=44)] <- 8
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=45 & personas$PERNA01<=49)] <- 9
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=50 & personas$PERNA01<=54)] <- 10
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=55 & personas$PERNA01<=59)] <- 11
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=60 & personas$PERNA01<=64)] <- 12
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=65 & personas$PERNA01<=69)] <- 13
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=70 & personas$PERNA01<=74)] <- 14
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=75 & personas$PERNA01<=79)] <- 15
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=80 & personas$PERNA01<=84)] <- 16
personas$rangoedad[which(personas$PERNA01>=85)] <- 17

# selecciona sólo las variables de interés

piramide_p=subset(personas, select=c(PERPH02,rangoedad))

# agrega datos por columna "rangoedad" mediante la función "length"

piramide_p <- aggregate(x = piramide_p,
                        by = list(piramide_p$PERPH02, piramide_p$rangoedad), FUN = length)

# calcula porcentajes para los agregados

piramide_p["porcen_pais"]=(prop.table(piramide_p$rangoedad)*100)

# divide entre géneros

```

```

piramide_v=subset(piramide_p, Group.1==1)
piramide_m=subset(piramide_p, Group.1==2)

# convierte la columna 5 de cada dataframe en un vector a ser usado en la pirámide
xy.pop <- piramide_v[,5]
xx.pop <- piramide_m[,5]

# plotea la pirámide usando la función "pyramid.plot" del paquete "plotrix"
par(mar=pyramid.plot(xy.pop,xx.pop,labels=etiquetas_edades,
  top.labels=c("varones" ,"edad" ,"mujeres"),
  main="Pobl. de segmentos costeros de Canelones 2011",
  lxcol="#009900",rxcol="#ff6600",xlim=c(5,5),
  laxlab = seq(from = 0, to = 5, by = 1),
  raxlab=seq(from = 0, to = 5, by = 1),
  gap=0.65,show.values=TRUE))

```

8.2 Entrevista a la Dra. Filomena Martins

Entre los días 9 y 13 de mayo de 2016, se encontró en Uruguay la Dra. Filomena Cardoso Martins, “Professora Associada” del “Departamento de Ambiente e Ordenamento” de la “Universidade de Aveiro” (Portugal), dictando el curso “Percepción social del riesgo costero”. Dada la presencia de una académica experta en riesgos costeros, con gran formación y experiencia en el tema, pensamos pertinente realizarle una entrevista, la cual se concretó el día jueves 12 de mayo de 2016 y que transcribimos continuación.

G- ¿Cuáles son las características de la costa en Portugal?. ¿Tiene algunos puntos de comparación con la costa de Uruguay? Desde el punto de vista geomorfológico sobre todo, pero también desde los usos; porque Portugal tiene un desarrollo turístico fuerte...

F- Sí, también va a tener que ver con la parte de Portugal de la cual estemos hablando; pero el sector costero de Portugal de donde vengo (el centro de Portugal), es muy similar a aquí.

Es una zona baja, de arena con dunas e incluso en términos del tipo de vegetación, hay acá cosas muy similares, aún muy cerca de Montevideo, en Carrasco por ejemplo, se parece muchísimo a lo que hay en Portugal. Y ahí sí hay problemas de erosión muy fuertes. Hay retroceso de línea de costa, pero los retrocesos de línea de costa las personas lo atribuyen a cambios climáticos... Retroceso ya había mucho tiempo antes de esta cuestión de cambios climáticos. Y está perfectamente documentado con la construcción de represas y embalses en el río D’Oro, río al norte de Aveiro, que es un río ibérico, porque gran parte de su extensión está más en España que en Portugal, pero como tenía situaciones de inviernos muy violentos, la construcción tanto en España como en Portugal de un conjunto de represas, han atrapado gran parte de los sedimentos que eran el principal aporte de sedimentos a la costa. Cuando andamos desde Espinho hasta Figueira Da Foz, donde hay un acantilado que funciona casi como una barrera natural, todo en esa área era dependiente de los sedimentos que el río D’Oro traía. Hay cuantificaciones hechas por personas de ingeniería hidráulica de la cantidad de sedimentos que estiman están atrapados en esas represas y se ha tornado más visible el problema, porque a partir de los años 60 y 70 esta área ha empezado a tener una gran construcción de segundas residencias, para el turismo.

Hasta ahí había pequeños poblados de pescadores, como eran chiquitos algunos de esos poblados no eran siempre ocupados todo el año y la cantidad de arena que había en el

sistema dunar de compensaba lo que estaba faltando en el tránsito de sedimentos litoral. Pero cuando la construcción crece, se ha creado una barrera transversal a ese flujo y eso tornó más visible el déficit sedimentario.

G- Y el tema de la vegetación de cordón dunar con especies foráneas: ¿también está presente en Portugal?

F- Sí, también está, pero lo que pasa es que la vegetación exótica que hay ha sido introducida por el hombre a propósito. En esta área del litoral portugués, la zona centro, como las arenas están muy libres, los poblados agrícolas siempre intentaron estabilizar las dunas. Hay registros de quejas al rey o a la iglesia, cuando era la dueña de los terrenos, que las arenas estaban yendo hacia arriba de los campos. Hubo siempre una gran preocupación por estabilizar las dunas, mantener las arenas ahí. Los primeros sistemas que hay, incluso las primeras experiencias de tener las arenas estabilizadas, se han empezado en los siglos XIV y XV. Han traído pinos de Aquitania (Francia), ya que la familia real portuguesa tenía conexiones con los duques de Borgogna y Aquitania, y había registros que ahí los *pinos pineia* eran muy importantes para mantener las arenas estables. Incluso al sur de Figueira da Foz hay un área forestal conocida como Pinhal do Rei, que tiene ese nombre porque ha sido mandada a plantar por el rey en el siglo XIV. Además se necesitaban pinos para la producción de madera, usada en la construcción de navíos. Se estaba haciendo toda la compañía de navegación.

Al norte, en 1903, han empezado a crear áreas forestales ordenadas, con sectores, con separación entre los sectores de planta y de floresta, para estabilizar las dunas y eso ha empezado en Ovar, al norte de Aveiro, y ha ido hasta Nazaré, un poco al Sur. Ha sido hecho por los servicios forestales. Ahí mantuvieron la plantación de *pinus pinaster* (pino marítimo) en el interior, para producción de madera; pero había un sector de producción de pinos para protección del área forestal y ahí plantaban acacia. Ahí ha sido introducida porque crecía y era buena para fijar arenas, y al mismo tiempo los *pinus pinaster* habían sido introducidos, que no eran un árbol típico de Portugal.

Nosotros acostumbramos decir, cuando se habla de los diferentes momentos de forestación en Portugal, que el último momento ha sido la introducción del eucalipto, que ha crecido muy rápido. Pero antes, en los tipos de floresta que nosotros teníamos, ha sido

introducidos los *pinus pinaster*; que crecían más rápido que todos los *quercus* (robles), los árboles típicos de ahí. Teníamos una floresta con gran diversidad y se ha pasado a una floresta de monocultura, sólo con *pinus pinaster* o algunos espacios con *pinus pineia*, que eran una mezcla de bosque mediterráneo y que tenías ahí. Para la zona, la más exótica ha sido la *acacia longifolia*. Han sido dos tipos de acacia, una que llamamos típicamente mimosa (*acacia dealbata*) y la *acacia longifolia*. Pero la han introducido como un programa de forestación para estabilización de dunas.

G- ¿Y eso ha contribuido también a cambiar el ciclo de la arena y también es causa del déficit de arena?

F- Sí. Verdad que hay, pero en los sitios donde no hay gran construcción, las cosas se van manteniendo bien, porque **cambiaron los flujos transversales pero no han dejado de permitir que la arena se vaya atrapando en las raíces y en los troncos...** Y en los sitios donde no hay construcción las cosas se van manteniendo bien. Los problemas para los cambios de flujo transversal son las construcciones.

G - ¿Se ha tomado alguna medida de mitigación?

F- En los años 70, las únicas medidas para mitigar los déficits sedimentarios e intentar proteger los frentes urbanos, han sido la construcción de infraestructuras llamadas “de protección”: los espigones. Eso ha sido, igual que en Uruguay, lo que ha tornado la erosión más severa. Ha transferido los procesos de erosión y ha acelerado los procesos de erosión en diferentes segmentos de la costa. Eso pasa desde Espino (al norte) hasta Figueira; al norte de Figueira, en la Serra Boa Viagem, no pasa porque es un acantilado, pero más al sur pasa lo mismo. Ha sido la única intervención que han hecho. En los años 70 y 80 era lo común porque no tenían como hacer.

Ahora, a finales de los 90 y principios de 2000 lo que están haciendo, al menos en zonas de Aveiro y en algunos lugares al sur de Figueira, es una mezcla entre espigones, alimentación artificial de playas y reconstrucción de dunas, es una manera de mantener las costas no tan artificializadas, porque la verdad estando contabilizados los costos que hay, las pérdidas son mucho más grandes.

No se puede decir que haya una mitigación suficiente, porque los déficits

sedimentarios son demasiado grandes y hay que mantener sistemáticamente la alimentación de las playas para que no haya una completa artificialización de la línea de costa. Y así, en los lugares donde hay áreas urbanas, se mantienen los espigones y las obras adherentes para proteger. En los trozos de costa donde no hay viviendas o hay viviendas muy aisladas, ahí hacen la alimentación de playas, la reconstrucción de dunas... No se puede decir que sean dunas, porque la verdad es que es un dique de arena, porque si hubiera posibilidad de que los sistemas de funcionaran sobre el dique, después los vientos irían modelando la duna con el perfil de duna, pero la verdad es que nosotros miramos ahí y hay un dique de arena entre la primera reposición y la segunda. Este año han terminado la segunda reposición de arena al sur de Aveiro, lo han hecho porque verdaderamente no hubo cómo reconstruir los sistemas dunares; la arena que estaba en el dique se fue perdiendo por la playa después, se fue perdiendo por la deriva litoral y ahí tuvieron que reforzar nuevamente el dique de arena.

G- Igual hay, por lo menos, un pequeño cambio del enfoque: pasar de soluciones de ingeniería civil a una solución un poco más “blanda”...

F – Sí, eso es verdad. En el plan de intervenciones de área costera, delineado del 2007 al 2013, decía claramente que infraestructuras para protección de personas y de bienes sólo se harían en áreas donde hubiera urbanización. En las otras áreas, más alejadas de las áreas urbanas, se dejaría naturalmente, y el mar avanzando. En los segmentos de costa más naturales, pero más cerca de áreas urbanas ahí sí se haría la reconstrucción de la duna y la alimentación de la playa con arena; eso sí, eso lo han cambiado.

G – ¿Tú has trabajado también en cuantificar vulnerabilidad en costas?

F – No he trabajado en la cuantificación de la vulnerabilidad. He trabajado con ese concepto para poder intentar saber cómo los municipios pueden utilizarlo para la movilización de las poblaciones. Hay compañeros nuestros de ingeniería civil que sí han trabajado con la cuantificación de la vulnerabilidad e incluso tienen algunos modelos de cálculo de vulnerabilidad para nuestras áreas. Porque han intentado generar diferentes modelos y ver que es lo que está más adaptado a nuestra área. Nosotros trabajamos después que nos digan tal área es un área vulnerable o de riesgo, nosotros entramos y vemos quién está viviendo ahí, cuáles son sus características, cómo vamos a actuar para que esas personas acepten salir de

ahí o de alguna manera estén preparadas para vivir con los riesgos.

G – Yendo a la percepción que la sociedad tiene de ese riesgo, ¿cuál es?

F – Es una cosa muy rara, porque las personas tienen perfecta conciencia que hay riesgo. La justificación que dan para los retrocesos de línea de costa es muy variable y normalmente no tiene nunca que ver con el hecho de que ellos tengan sus casas ahí. Tienen siempre que ver con cambios climáticos y cualquier cosa que justifique que tengan sus casas. Pero todavía continúan construyendo ahí. Si no hay reglas muy estrictas por parte de un municipio diciendo que no se puede construir, las personas siguen construyendo ahí. En algunos sitios la urbanización aumentó entre 2006 y 2010, y continúa aumentando. Ahora estamos haciendo nuevamente encuestas a las personas, porque ahora la noción de riesgo por las inundaciones y las tormentas está más viva, las personas tienen miedo, pero parece que tienen locura por estar cerca del mar, viviendo cerca del mar.

G- Y el valor que tiene para la gente...

F- Exactamente, más que al principio, y ha sido lo que nos ha hecho volver a tener interés por el tema. En los sitios donde había espigones, a nosotros nos parecía una zona que tenía espigones y obras de protección quería decir que ahí era una zona de riesgo, pero cuando le preguntábamos a las personas, tenían un concepto completamente diferente: como había espigones y había protecciones, ahí ya estaba seguros, ya no había riesgo, estaban protegidos. Eso es una cosa muy interesante porque se pensaba que sería obvio que habiendo esa protección ahí el mensaje para las personas sería: “mira, aquí hay un problema”... No, las personas creían que eso era la resolución del problema. Ahí estaba todo solucionado, entonces ¿por qué no mantenerse ahí?, y construir a pesar que algunos sitios tienen cotas por debajo del nivel del mar. Lo que ha cambiado desde principios del año 2000 hasta ahora, ha sido que las personas tienen esa información pero no introducen esa información en su opción de compra y de vivienda.

Los gestores municipales, los políticos y los gobernantes de ahí sí son conscientes del riesgo. Porque cada vez más los costos de protección les llegan a la cuenta del municipio. Me acuerdo que en Vagueira íbamos con los alumnos mostrando que era una zona de riesgo

paradigmática, y de mala construcción en zona de riesgo, y teníamos muchas peleas con los presidentes del municipio. Nos decían que le estábamos haciendo mal a la zona, porque estábamos mostrando a los alumnos que era una zona negativa, cuando esa área estaba ya protegida por los espigones. Pero ahora, en los mismos municipios, los presidentes no hablan de esta manera. Ahora nos preguntan qué pueden hacer, porque están perdiendo la playa, que es el ecosistema que pueden utilizar para hacer dinero en verano. Si no tienen playa las personas, aunque tengan casas ahí, se van a otro sitio y deja de haber negocio allí. Y ahora están preguntando: “¿ustedes pueden calcular el valor de la playa?”... Para poder calcular en el dinero del municipio, si va a valer la pena invertir ahí en el mantenimiento de la playa por alimentación artificial o si hay que cuidar las playas que están más cerca, mantenerlas con infraestructura de acercamiento para las personas y mantenerlas más naturales para que no se vayan a otros lugares. Eso sí ha cambiado.

G – ¿Eso es un logro de su trabajo?

F- Sí, además de nuestro trabajo, de otras personas de la Universidad de Aveiro, no sólo de nuestro grupo sino también del grupo de ingeniería civil, de ingeniería orientada al riesgo costero, como de las personas de geociencias que trabajan mucho ahí, y las personas de biología. Nosotros trabajamos mucho con los municipios, entonces el mensaje está llegando. Pero me parece que está llegando más porque ahora tienen necesidad de invertir ahí, porque a pesar que la protección del litoral es una tarea del gobierno central, las cosas están a un nivel tal que los gobiernos centrales no tiene cómo responder a todas las solicitudes en el momento necesario. Entonces los municipios, los políticos municipales, están ocupando ese lugar, están tomando en sus manos la protección, porque es dónde las personas van a golpear la puerta, entonces están tomando eso como algo serio.

Pero notamos que no es una cosa pasajera, porque el problema no es pasajero. Cada vez es más intenso pero cada vez se nota que hay una seriedad mayor en la manera como ven las cosas. Porque al principio sí tenían esa conciencia, pero querían que les llegaran respuestas para que en su ciclo de gobernación se solucionaran las cosas. Ahora son conscientes de que es una cosa que no es para solucionar, es para minimizar y lo que quieren es intentar saber cómo pueden lograr minimizar... Eso sí se nota.

Y en las personas... Nosotros estamos intentando que personas de psicología pudieran

encontrar alguna forma de hacer mediciones de eso, porque en las encuestas verbalizan esa información pero en sus actos no, sus actos no son compatibles con lo que dicen en las encuestas. Es verdad que cuando se hacen encuestas hay una cantidad de respuestas que son las respuestas que los encuestados piensan que los encuestadores quieren oír. Pero la consistencia de las respuestas es demasiado grande para pensar que es una respuesta dada para ser agradable al encuestador. Hay una avidez por estar cerca del mar y construir allí.

Lograr que no se construya más, eso se está logrando, porque ahora la directiva sobre costas también se aplica a las zonas que están bien definidas, áreas de nivel 1 y 2 de riesgo y ahí no hay cómo desplazar las personas de ahí, habría si hubiera dinero para eso. Pero la verdad es que el gobierno central no está mirando esto porque no tiene cómo financiarlo. Solo lo que hace en algunas situaciones es, cuando hay casas de personas que necesitan de apoyo social, utiliza ese artificio para sacarlos de ahí para sitios menos próximos a la costa. Es el caso de Esmoriz, que era siempre una zona de construcción ilegal pero era una zona de pescadores, tenían que estar cerca de ahí; ahora los están desplazando un poco hacia el continente, aunque igualmente en zona de riesgo, pero de menor riesgo, y cerca de la línea de costa, porque todavía necesitan estar ahí, pero con la idea de que van a casas de mejor calidad, y lo han aceptado.

Ha sido un proceso de veinte años. Si se hubiera logrado hacer más rápido probablemente tendría un éxito mayor, porque las otras construcciones cerca habrían mirado que los municipios estaban actuando, que algo estaba pasando... Pero la verdad es que hay mucho por hacer para tornar más efectivo el proceso...

G- Es, tal vez, una planificación de largo plazo...

F- Sí, eso sí. Los planes de ordenamiento de la zona costera son planes de cinco años, y en medio de ese período tienen una evaluación para ver si deberían ser reajustados o no. Ahora están empezando nuevos, han terminado su tiempo de vida y ahora están empezando otros que ya no se llaman planes sino programas, que tienen más la función de identificar áreas donde hay problemas a atacar, cómo crear una normativa para esas áreas que después van a ser desarrolladas por planes municipales de urbanización para cada zona de intervención. Pero son cosas que incluso en términos de estrategia nacional, de gestión costera, son a largo plazo sí.

G – Volviendo al tema de los espigones, aquí lo que ha pasado, por lo general, es que los espigones como son de los años 70 u 80 y el déficit de arena ha seguido, han quedado levantados y por abajo circula el agua, y a su vez el barranco ha retrocedido y esos espigones ya no llegan al barranco, y queda una parte por atrás donde hay flujos de arena y sedimentos, entonces el espigón no sirve para nada... ¿Han tomado alguna medida con los espigones en Portugal?

F – Sí. Hay una situación en la zona de Furadouro que sí ha pasado, pero por una tormenta muy grande. Los espigones normalmente estaban debajo de un plan de mantenimiento y más o menos funcionaban correctamente. El único problema es que estaban atrapando toda la arena al norte, porque la deriva era norte-sur y al sur el problema era que en la zona de sombra del espigón no había arena.

Lo que pasa en las más grandes tormentas que hay en Portugal son de sudoeste, entonces si tienes un espigón que atrapa toda la arena de norte para sur, cuando tienes una tormenta de suroeste, ésta, la zona de soporte de espigón es la zona más atacada. Nunca hubo una situación muy grave, pero en 2010 en Furadouro, la tormenta fue muy fuerte, ahí el agua pasaba entre una punta y otra, y se perdió mucha arena.

Lo que están haciendo los compañeros de ingeniería civil y de economía es intentar analizar los espigones. En determinado momento se pensó si no se deberían sacar algunos para mantener los flujos más largos y ver la posibilidad de más equilibrio entre ellos; o alargar unos y que no haya un campo de espigones tan grande. Eso estuvo estudiado por personas del Instituto Superior Técnico e incluso modelado en la Universidad de Oporto, en un laboratorio de Recursos Hídricos. El profesor Gómez estaba coordinado ese estudio, él decía que la modelación tenía muchas dificultades, porque intentando poner en el tanque de modelización la situación de sacar los espigones no conseguían hacer toda la introducción de datos para la alteración de los flujos de la dinámica en esa área.

Es muy compleja. Al norte de Portugal en algunos sitios donde la cabeza del espigón se ha roto, lo han monitoreado: “mira no vamos a recomponer, vamos a dejar así y a sacar algunos bloques, reajustar, a ver si ponemos unos más cortos, manteniendo los que son grandes ahí, y monitoreando a ver cómo las corrientes y las arenas se movilizaban”. La verdad es que no hay muchos trabajos escritos relatando que ha sucedido. No sé si es porque

es demasiado complejo y todavía están haciendo esa tentativa de entender cómo va a reajustarse el sistema. Pero lo que han hecho para fundamentar, por ejemplo, que en determinadas áreas donde no hay urbanización se atrevan a poner arena en vez de construir espigones, era hacer un análisis costo-beneficio de la existencia de espigones más grandes o más cortos o de espigones con espaciamientos más grandes. Diferentes modelos de campos de espigones para intentar ver cómo, en términos de costo-beneficio, eso podría ser mejor para la protección. Hubo algunos trabajos hechos en ese sentido, incluso con *papers* escritos sobre el tema.

G – Te consultaba por esta situación dado hay en un lugar particular de Canelones, la zona de La Floresta, donde hay retroceso de barrancos y espigones “descalzos”. Entonces una de las propuestas era hacerle una especie de tómbolo a los espigones, para que retengan arena, y generar un banco de arena con una membrana de geotubo, es decir generar un punto duro bajo la superficie, para que la arena se acumule y disminuir la energía de la ola. Esto, que también es del mismo paradigma de solución de ingeniería civil, ¿se ha aplicado?.

F – Hubo una situación. Lo que conozco muy bien ha sido al Sur de Aveiro, una situación donde autorizaran un quiebramar, no era geotubo, inmerso, para disipar la energía del oleaje, y cuando llegara a la playa fuera más suave. Y después, en la playa, lo que han utilizado es **geotextil para la reconstrucción de la duna**. Eso se hizo y mientras hubo mantenimiento el sistema estaba funcionando bien. Hubo una tormenta y con la tormenta deberían haber empezado de inmediato a reponer arena; pero ese trabajo ha sido hecho en compensación de una obra para un plan de manejo de efluentes industriales tratados de una industria de papel, que estaba detrás. Por evaluación de impacto medioambiental estaban obligados a reconstruir la duna y lo han hecho. Pero la tormenta se ha producido exactamente al final del período donde debían dar mantenimiento a las intervenciones. Y la papelera dijo: “no, nosotros hemos hecho lo que nos han mandado, ahora nosotros no vamos a invertir más dinero allí”. Pero ahora están invirtiendo otra vez, porque como eso ha sido hecho por un equipo de la Universidad de Coimbra, le daban los costos diciendo que si invertían ahí un poco más podrían revertir la erosión que había sido hecha por una tormenta extraordinaria. Como te digo, respaldados por la ley, ellos decían: “nosotros teníamos que hacer esto durante seis años, lo hicimos, ahora si quieren, que lo haga el Estado, nosotros no vamos a hacerlo”. Pero

ahora eso ha quedado como un área frágil, y tenían una infraestructura de bombeo de efluentes para descargarlos en el mar, y unos años atrás, eso ha empezado a estar en riesgo, porque la duna que habían construido estaba cada vez más chiquita y ahora sí, ahora están nuevamente volviendo al proceso de mantenimiento, porque ahora les interesa para la protección de su infraestructura.

El geotubo lo han utilizado en la zona de Granja, que es un poco al norte de Aveiro y al sur de Oporto, ya que ahí había también una situación de erosión. Recuerdo unos comentarios de un *paper* que presentaba esa solución y decía que no estaba funcionando muy bien, pero no tuve más seguimiento del proceso. El comentario había sido hecho cuando las cosas estaban empezando, tendría que haber algún reajuste para funcionar. Puedo intentar encontrar el documento donde decía eso y que puedas tener la información del equipo que está trabajando, si hay datos más recientes que puedan decir si funciona o no funciona. Hay muchos trabajos de maestría y algunos de doctorado con estas personas que han trabajado la vulnerabilidad sobre retroceso de línea de costa.

8.3 Entrevista al Ing. Gerardo Vanerio y al Prof. Juan Carbajal

El día martes 24 de mayo de 2016 se entrevistó al Ing. Agr. Gerardo Vanerio y al Prof. Juan Carbajal, ambos forman parte de la Dirección General de Gestión Ambiental de la Intendencia de Canelones.

G – Mi tesis y lo que me interesaba a mí es hacer un análisis del riesgo y la vulnerabilidad en la costa de Canelones. Uno de los principales factores de riesgo es la erosión, el retroceso de las barrancas asociado a posibles eventos extremos de tormenta. Entonces, para cerrar este trabajo, surgió la propuesta a través de Juan Carbajal, de hablar contigo. Porque vos tenés mucha experiencia en el tema, en particular en la costa canaria.

Sos de formación Ingeniero Agrónomo pero estás desde...

E –Yo entré en el 2000 trabajando en temas de Gestión Medioambiental y me fui especializando en el tema de gestión costera. Ahora formamos un equipo, con muy poca gente, y trabajamos en temas específicos de gestión costera.

G- ¿Por la necesidad del departamento?

E- Si, coordinamos con otras instituciones. Se dio que desde hace un tiempo a esta parte la costa sufre cambios, sufre pérdidas de playa, pérdidas de arena. Hay demandas de los vecinos, porque se les está por caer una casa. Hay distintos servicios que brinda la costa que de alguna manera hay que gestionarlos, porque sino es un caos.

Anteriormente, los servicios que se hacían en la costa por parte de la Intendencia eran: la limpieza de playas y después, servicio de paradores. Lo hacían dos direcciones distintas en la misma Intendencia y casi no había coordinación. Eso es un poco lo pasado. Lo que se sigue haciendo es eso también. Se sigue trabajando en esos sentidos pero se van agregando distintas cosas tratando de conservar la costa y de recuperar en lo posible algunas playas que están sufriendo, como decías tú, deterioro, porque son vulnerables, por las amenazas que tú dijiste.

G- ¿Cuáles son los principales problemas de la costa de Canelones?, algunos ya los mencionamos...

GV- Específicamente nosotros tenemos serios problemas en algunos sectores con la voladura de arena. Es arena que se pierde del sistema y pasa a infraestructuras, a calles.

G – ¿Es la situación de Parque del Plata?

GV- Es la situación específica de Parque del Plata, El Pinar, Santa Lucía del Este, Atlántida, Las Toscas y en algunos casos Pinamar, varios sectores.

JC- Varios sectores, lo más crítico en este momento es Pinar y Parque del Plata. Quizás más críticos porque involucran... en volúmenes y que están interfiriendo en la placa urbana.

GV- Claro, sí. Ahí tienen serios problemas con el tema de los vecinos, la voladura de arena interfiere con infraestructuras, con calles, con entradas de vecinos. En algunos casos vecinos del Pinar no pueden entrar a sus casas. Mala planificación en algunos casos.

En algunos casos se notó también que, desde el 2005, en que hubo un temporal en Agosto que generó muchos cambios en la costa. Fue un evento muy fuerte. En general los procesos de erosión han aumentado muchísimo después de esa situación de temporal. Ese fenómeno ha generado mucha más vulnerabilidad en la costa. La voladura de arena es una de las problemáticas.

Después está el tema de las barrancas. La erosión de las barrancas es el otro problema más caótico. Hay mucho riesgo en varios sectores de la costa, con pérdida importante de barranca. El clásico más conocido es en Floresta, en Las Vegas, es un sector que está perdiendo cincuenta centímetros o más por año. Hay retroceso...

Después están sectores como la desembocadura de los arroyos, asociados al fenómeno de los cambios en las desembocaduras. Por interferencias que existen comúnmente en esos cursos de agua que han provocado cambio de lugar, se corran, asociado a eso, ha provocado mucha erosión en algunos sectores.

Casos que tenemos nosotros, con temporales asociados a desembocaduras y temporales en el Río de la Plata, sobre todo con viento pampero, con oleajes fuertes, provocan erosión y pérdidas de casas en Jaureguiberry. En la zona también de Pando, de Neptunia, se han caído casas. Y bueno creo que posiblemente caigan algunas más en algún otro sector por estas

condiciones.

Esos son, en principio, los problemas más graves.

JC- Puntualmente estamos peleando para que no se caiga una casa en Jaureguiberry.

GV- Claro. Como gestión costera nosotros empezamos a meterle diente a esos problemas. En qué hacer y qué no hacer. Ahora estamos interviniendo tratando de mitigar un poco esa erosión, recuperando y recomponiendo una barranca que se ha caído y protegiendo un sector de costa.

G- ¿Y van a tener que preparar materiales?

GV- Protección con relleno. Específicamente se hace un talud, con una pendiente importante que disipe un poco el agua, se hace una protección con algún enrocado y se va a utilizar capaz que también, una membrana...

G- ¿Algo parecido a lo que se hizo en El Águila?

E-No, en El Águila se hizo un punto duro. Se hizo una protección de la estructura con base en gaviones, pero es una estructura muy rígida que protege, pero no es lo que nosotros queremos hacer en Jaureguiberry. Nosotros queremos hacer algo más natural y conservando la fisionomía de la costa. No queremos que se vea como una estructura de enrocado fuerte o tipo espigón, sino algo más blando. Una medida más blanda.

Trabajamos muchísimo en medidas blandas. Nosotros hemos visto y hemos validado que la conservación y la recomposición de médanos basándose en cercas que se colocan en la playa es muy importante. No lo tenemos cuantificado, pero desde hace muchos años venimos colocando cercados que influyen mucho en la recomposición de los médanos. En la recuperación y en la formación de nuevos médanos. Últimamente estamos usando cercados con ramas, restos vegetales, que son muy prácticos y controlan y forman nuevos médanos.

G-¿Estos problemas están en agenda recién a partir del año 2000 o ya se tenía conciencia de ellos antes?

E- Los vecinos conocen el problema con anterioridad. Tienen un conocimiento de la zona que en las oficinas no tenemos. Ellos tienen una realidad y saben mucho más que nosotros. Tú los escuchas y tienen una experiencia brutal de cómo varió la costa. Y dan hipótesis del por qué. Y nosotros lo que hacemos es escucharlos y después ver con la academia alguna explicación más científica, y de ahí sale la gestión nuestra. Intentar apoyarnos en los dos, los vecinos y la academia, y de ahí sacar alguna conclusión. Nosotros nos estamos manejando de ese modo.

En alguna época la Intendencia se manejaba de acuerdo a lo que le parecía a la Intendencia. Y sobre todo a lo que le parecía a otra dirección. Estábamos muy compartimentados. Teníamos Dirección de Obras, Dirección de Turismo y Dirección de Gestión Ambiental, que trabajaban independientemente. La Dirección de Obras, que era la que tenía la maquinaria, era la que trabajaba y hacía las cosas. Solucionaba urgencias, como el tema de las inundaciones. Ciudad de la Costa es una ciudad muy plana, que se formó sin mucha planificación y el agua a veces inundaba las zonas, el anegamiento del nivel freático, entre otros temas importantes. La forma más fácil de sacar el agua de la ciudad en las inundaciones es llevarla para la costa, para la playa. Cortar médanos, abrir, y sacar el agua. Y con eso se iba perdiendo playa.

Ahora hay otro manejo de la situación, se coordina mucho más con la Dirección de Obras. Estamos mucho más afianzados. Los trabajos no se hacen independientemente, sino que se consultan. Esa es una de las mejoras muy grandes que ha habido en la Intendencia. También la enseñanza a los que manejan la maquinaria, gente que está en los tractores todos los días en la playa, que está limpiando. Saben mucho más que lo que sabían hace un tiempo.

JC – Cómo dice Gerardo, estamos en el punto medio entre la gente y la academia. Incluyendo a la DINAMA en la academia, porque son la pata legal, la cual necesitamos. A veces escuchamos más a los vecinos, a veces a la academia. Y nos vamos moviendo en ese limbo. A veces creamos acciones que los vecinos ni piensan, que no creen que les vaya a servir. Como el tema de las podas en principio o las cercas captoras. Y a veces los vecinos nos demandan acciones para las cuales es más difícil conseguir autorizaciones legales. Por ejemplo, abrir desembocaduras.

GV- Es cierto. Sí claro, si fuera por los vecinos, tienen ideas, no te digo locas, tienen ideas

interesantes, pero a veces hay que frenarlos un poco.

G- ¿Cómo cuáles?

GV- El tema de sacar un médano y colocarlo en otro lugar. Eso es un planteo que ha habido. Sacar un médano de un lugar y llevarlo a otro es casi... no te digo imposible, se podría, pero implica unos manejos y una metodología muy complicada. No siempre es viable, no siempre se logra. Es un riesgo enorme movilizar un médano que tiene mucha altura, sólo porque saca la vista...

G- Con respecto a los aportes académicos, ¿qué han tomado de la academia para poder gestionar mejor?

GV - Tenemos gran vínculo con la academia. Por lo propio, yo hice una Maestría en Gestión Costera Integrada, que empezó en el año 2008. Soy la segunda generación y ahora va por la cuarta o quinta generación. Se están formando gestores costeros, se está profesionalizando el tema de la gestión costera aquí en Uruguay. El vínculo es muy grande con ellos, y te diría que es la gente que más conoce del tema de costas. Nosotros tenemos convenio con la maestría, constantemente estamos coordinando cosas con ellos y consultándolos.

Si bien en algunos casos, les gusta la naturalidad, “dejar todo como está”, el tema de no luchar contra los fenómenos costeros y tratar de retroceder, no tanto adaptarse, es una de las filosofías de algunos, nosotros tenemos que estar en el medio, entre la academia y los pobladores locales, para tratar de solucionar un problema puntual.

Es muy claro que en un lugar donde no se puede entrar a una casa porque hay un médano, porqué no dejamos que se venga el médano y sacamos a esa persona y la corremos de lugar. Pero se está trabajando mucho más en tratar de sostener al lugareño y no sacarlo.

G- Estoy pensando en una casa que está en riesgo de derrumbe, capaz que no le podés decir a la persona; mirá tu casa se va a derrumbar porque es un proceso natural...

GV- Claro, es todo un balance. También está el tema económico...

JC- Desde la academia te lo dicen, desde el gobierno nacional también, el tema somos nosotros.

E- Algo muy polémico, en lo que la academia no estaba de acuerdo era en la rambla de la Ciudad de la Costa. Esa rambla que se hizo ahora, con esas sendas peatonales. Para hacer las sendas peatonales de la rambla nos corrimos hacia la costa alrededor de diez metros. O sea que sacamos costa y pusimos infraestructura en un sector de diez metros, desde la Avenida Calcagno hasta El Pinar, son 7 u 8 kilómetros. Es un servicio a la población que revolucionó la costa y la democratizó. Si bien es una continuación de la rambla de Montevideo, y no queremos llegar hasta Rocha con rambla, pero Ciudad de la Costa es una ciudad muy importante en donde estaba desaprovechada la costa... es una democratización importante, la gente la usa...

Si bien se perdió un poco del ecosistema costero, era un ecosistema que no era muy cuidado. Nosotros en ese lugar, como la ciudad tiene problemas de planicies, tenemos el problema con el tema del agua que mencionaba hoy. Esa zona está cubierta por un freático muy alto y cunetas. En toda la rambla esa vamos a ver un depósito de agua muy importante, después viene una zona baja y después empiezan a florecer los médanos. Es una zona que ha mejorado en infraestructura pero que posiblemente quede más vulnerable a lo que podría ser el aumento del nivel medio del mar.

G- ¿Y ellos no estaban de acuerdo?

E- No, no estaban de acuerdo, porque la rambla no sólo es para el disfrute de peatones, bicicletas y la gente que corre, sino que también es una salida hacia el este. La propuesta de ellos era hacer una sola vía allí. Pero era todo un tema de tránsito muy complejo que, si bien se consideró, no fue viable.

G- Mencionaste algunas de las medidas de mitigación: reconstrucción de dunas con cercos, enrocados... ¿hay alguna otra que no hayas mencionado?

GV- En algunos sitios la erosión la controlamos con tablestacado. Se hacen controles limitando accesos de vehículos. También generando accesos a la costa de una manera más pensada y no por cualquier lado. Nosotros planificamos lugares específicos para acceder a la

costa, para evitar que la gente baje a la playa por cualquier lado, destruyendo el médano y generando un corredor de viento. Intentamos hacer accesos elevados en madera, y en algunos casos hacer accesos universales, accesibles a todos. Ese es uno de los puntos más importantes que empezamos a gestionar.

G- Mencionabas que los pobladores tenían mucho conocimiento y noción de la historia de los procesos y de las diferentes situaciones que estaban viviendo. ¿Vos crees que hay una conciencia social del problema del riesgo? ¿Cuáles son las causas que influyen en esos problemas? Podrías comentar algo del contacto que has tenido con la gente a partir de tu función.

GV- Los contactos con la gente en general han sido institucionalizados. La intendencia ha invitado a participar en talleres a vecinos, explicándoles algunos temas. Algunos pocos solicitan demandas por algún problema específico. Lo que se hace es un taller implicando a muchos más vecinos y explicándoles los problemas, buscando una solución en conjunto. Eso es uno de los manejos más ideales que queremos, que en algunos casos se dan y en otros es más complicado hacerlo. Pero los vecinos en general tienen algún problema, tienen algún conocimiento de por qué y en general demandan. Basándose en eso se hace una negociación.

G- Por ejemplo, el tema de la erosión, ¿lo atribuyen a causas naturales o son conscientes de que el proceso de urbanización de la costa también ha influido en aumentar esa erosión?

GV- Es muy variable, en algunos casos sí y en otros no.

JC- Recién ahora están tomando conciencia. Porque se ha empezado a decir más públicamente que uno de los principales problemas de la costa es la antropización de la misma. Y que ellos mismos son el problema. Pero eso es muy reciente.

GV- Claro, ayudados también por el tema de lo que escuchan sobre el cambio climático. El problema del aumento del nivel del mar, el aumento de las lluvias, de los temporales. Ellos ven que los problemas con todo eso se les van a complicar. Sobre todo los residentes en la costa. Puede ser que tengan una sensibilidad mayor a todos estos temas, aunque yo no sé si

piensan que todo lo antrópico les genera algún problema. Supongo que en algunos casos sí y en otros no, es muy relativo.

JC – En general no; es algo que recién ahora se comienza a escuchar. Algún vecino que asume esa situación, pero en general no.

GV- Está todo el tema de la forestación, que de alguna manera ha logrado fijar dunas y limitar la dinámica de la arena. Esa fijación con los montes de eucaliptus, de pinos y de acacias en la costa, puede generar y ha generado serios problemas en la dinámica costera. Y ha cambiado la fisionomía de la costa. Desde el punto de vista de la academia, esa forestación, ha limitado y ha generado pérdidas de playas en algunos casos. Estoy hablando de muchos metros del sistema dunar que se han perdido. La gente por supuesto no es consciente de eso. Al contrario, lo que hace es intentar plantar. Y algunos vecinos directamente van y plantan en la costa. En frente tienen un médano y quieren protegerlo de alguna forma y colocan especies que no son de la zona; y pueden perjudicar al sistema natural, a las propias especies que tendrían que venirse en la costa.

G- Capaz que vos por tu formación de Agrónomo conocés ese proceso que fue la forestación de la zona y esa urbanización. Primero colonización a través de la forestación y posterior urbanización.

GV- Si, el proceso se generó así como decís tú. Primero se forestó. Es una copia de lo que se hacía en alguna época en Europa, en Francia. Después se comenzó acá en la época de 1930-1940, con el tema de la forestación para fijar las dunas. Eran dunas enormes, mismo en las desembocaduras de los arroyos. Nosotros tenemos en Canelones 5 o 6 arroyos costeros importantes, de los cuales hay cuatro de suma importancia: Carrasco, Pando, Solís Chico y Solís Grande. Que tienen toda una serie de ecosistemas fabulosos, que han cambiado muchísimo y se han limitado. Yo te comentaba que se han corrido las desembocaduras. Cada arroyo necesita su sistema de drenaje, su zona de planicie. Hoy por hoy casi no existen planicies de inundación. Se foresta y se han fijado los arroyos. En algunos casos se han represado, el Pando se ha represado en algún sector.

G- ¿Todos se han represado?

GV- No todos. Hay represas en el Solís Grande y en el Pando, no sé si en alguno más. El Carrasco ahora se lo ha fijado un poco, está muy corrido. Se ha estabilizado un poco. Después están los arroyos chicos: La Coronilla, La Tuna, El Bagre, El Sarandí; que tienen sus problemas y hay que gestionarlos de alguna manera. Pero esos cambios, la eutrofización, primero fijando dunas, después generando infraestructuras, por supuesto han modificado la costa. Antes no vivía nadie en la costa, ahora está superpoblada. En la costa hay más de 100 mil personas, en la Costa de Oro, en baja temporada hay alrededor de 60, 70 mil personas viviendo.

JC – El Municipio de Salinas tiene 23 mil, según el último censo.

G- ¿Y en temporada alta?

GV- Ciento y pico, no lo tengo muy claro. El Ministerio de Turismo tiene algún dato.

JC- Nosotros lo medimos por la basura. Se triplica el servicio.

G- Hay planes de mediano plazo de ordenamiento. Sé que está el Costa Plan que incluye...

GV- El Costa Plan se generó para la Ciudad de la Costa. Tratan de ordenarse un poco todas las infraestructuras de la costa. Y por el tema de las alturas, por lo menos hay una ley, el decreto del Costa Plan. Está todo regulado. Las otras zonas de la costa, lo que es la Costa de Oro, lo que va desde el arroyo Pando, desde Jaureguiberry hasta Solís Grande, recién se está haciendo un plan de ordenamiento nuevo. Se empezó hace un año y pico, y se están generando las primeras directrices. Hay medidas cautelares en algunos casos de urgencias. Se está controlando y ordenando. Hace un tiempo se hizo un llamado, un concurso de ideas internacional, donde un grupo de arquitectos ganó, pensando en los lineamientos para ejecutar en este marco de ordenamiento de la costa. Y se está trabajando con un equipo de la Intendencia, en el cual yo a veces participo, para tratar de ordenar todo lo que es la Costa de Oro.

JC- Como medida cautelar lo más peculiar es el tema de la Laguna del Cisne, que abastece de agua a la Costa de Oro. Lo más polémico que ha saltado a la luz es que en un plazo de tres años, no se puede fumigar en esa zona. Se va a limitar el tema de qué productos usar y que plantar.

G- ¿Qué otras zonas hay con medidas cautelares?

GV- Todo lo que es costero también. La faja costera también se toma como una medida cautelar.

JC- Claro, pero ya con la DINAMA.

GV- Claro, ya está la evaluación ambiental para todo lo que dentro de la franja costera.

JC- Los 250 metros.

GV -Cualquier construcción o actividad necesita tener una autorización ambiental si es dentro de la faja costera. Nosotros hacemos consideraciones en cuanto a lo que solicitan los vecinos, en predios privados por supuesto.

JC- Estamos elaborando un sistema departamental de áreas de protección ambiental. Y un área de la costa que entraría es Jaureguiberry. Una de las primeras áreas a incorporarse al sistema.

GV- Y también en la zona de Araminda, en algunos sectores del Bagre donde hay todavía algunos paisajes de calidad vegetal importante para conservar. También en el Pando hay algo. Dentro de lo que llamamos el DAPA, Sistema Departamental de Áreas de Protección Ambiental. Es una novedad, porque está el Sistema Nacional de Áreas Protegidas a nivel nacional, y nosotros tenemos un pequeño sistema.

G- ¿Cómo llegaste al ámbito de la gestión costera, viniendo de la Agronomía?... Aunque

obviamente la gestión costera es multidisciplinar o transdisciplinar.

GV- Yo tengo una maestría en Ingeniería Ambiental, que la hice en Francia y en Suiza. Después me metí en la maestría que no la terminé, me falta la tesis. Cuando entré en la Intendencia recuerdo al Ingeniero Saizar. Trabajaba en el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Era uno de los pioneros, junto con un programa Eco Plata, que ahora está dentro del Ministerio. Eran los primeros que manejaban el problema costero. Después me fui especializando, conociendo gente que trabajaba en temas costeros, recuerdo a un geógrafo en Maldonado, Jackson, también era uno de los pioneros en materia de costas.

Gracias a la maestría conocí a gente de todos lados del mundo que nos daban charlas en sobre temas costeros.

Cuando yo ingresé a la Intendencia el tema central era la basura. La basura era todo para Gestión Ambiental. Después fue cambiando y se abrió el panorama.

JC - Retomando algo que ya se dijo. Más allá del trabajo académico que estás haciendo vos. Es muy jugoso el diálogo con los vecinos, en este saber popular y conocimiento empírico que tienen. El saber mediar entre lo que sabemos que es lo ideal y lo que los vecinos te demandan. No siempre tienen la razón unos u otros. Por ejemplo, lo que nos está pasando ahora en la desembocadura del Solís Grande con esta casi (estamos a metros) caída de una casa. Desde que yo entré, en agosto, tengo fotos de cómo ha ido avanzando desde agosto hasta ahora. Y ahora estamos a dos metros de que la casa se desmorone, quizás en agosto estábamos a diez.

GV- Sí, es muy rápido el movimiento dunar.

JC- Y a veces la academia, incluso organismos nacionales, que están más vinculados a la academia que a los vecinos, piensan que la solución es “que pase lo que tenga que pasar”... “Que traten de mitigarlo”... Y después que los vecinos le hagan un juicio a la intendencia o a quién sea. A nosotros que trabajamos con los vecinos y tratamos de equilibrar entre las dos partes, no nos resulta fácil y muchas veces terminamos buscando soluciones con los vecinos. Mirando de reojo a la academia. Porque no podemos dejar a los vecinos solos. Ahora estamos

trabajando con el Yatch Club del Solís Chico, los estamos ayudando a armar una draga, para tratar de abrir el Solís Chico, y no encontramos apoyo. Por un lado no está quién firme. A veces más allá de que no se quiera tocar la flecha, más allá de lo teórico. Puede haber un aval de que está bueno que se abra, pero no hay quién ponga la firma y se haga responsable... Y quien ponga la plata.

GV- Porque tampoco hay certezas. Si bien la academia busca certezas cuando hace las cosas... a veces modelizar un sistema tan complejo genera costos enormes, tanto que lo vuelve ridículo. Gastarse 100 mil dólares en hacer un simulador para ver todos los parámetros de viento, temperatura, de movimiento, de forestación... miles de parámetros, para tratar de tener una certeza sobre lo que va a pasar.... Y sin embargo, capaz que la obra vale la mitad. Y capaz que el daño producido si nos equivocamos, no es enorme, y el sistema se puede recomponer en poco tiempo.

JC- Nosotros, que somos los que damos la cara, escuchamos a los vecinos decirnos: “no queremos más estudios. Hace veinte años que vienen estudiando esto. Queremos alguien que se la juegue y que le erre. Pero que se la juegue. Estamos hartos de diagnósticos”, te dicen. Nosotros estamos en ese rol, en el medio, buscando los equilibrios. Y buscando una mirada más política, en el gobierno central, desde todas las áreas que inciden sobre la costa, aunque todavía todo está muy verde. EcoPlata tiene dos o tres funcionarios técnicos al respecto, el MVOTMA tiene dos técnicos para otras áreas, sin embargo dedicado a la costa muy poco. Para la Dirección Nacional de Hidrografía del MTOP la gran preocupación es el Río Uruguay... Hay mucho por hacer. Es una batalla política que se tendrá que ir ganando a la interna de las estructuras burocráticas del gobierno. En el cual la costa era un área marginal históricamente. Incluso para la Intendencia de Canelones, la costa era un lugar sumamente marginal y hoy en día es donde se desarrolla gran parte de la riqueza que le entra a la Intendencia. Para el gobierno nacional la costa es la responsable del 7 % del PBI. Creo que eso todavía, si bien se ha traducido en la creación de un Ministerio de Turismo, no se ha traducido en derivar acciones más allá de lo estético. En preservar y cuidar ese gran recurso que tenemos, que es por lo que la gente viene a Uruguay, por el turismo de sol y playa. Si además le agregamos cultura, mucho mejor. Se crea el Ministerio de Turismo pero no hay nuevas asignaciones presupuestales para que el MTOP y el MVOTMA se dediquen a la costa.

GV- Y en la intendencia tampoco hay. No tenemos un presupuesto específico para los temas costeros.

JC- Recién en esta administración se incluyó en el presupuesto el tema costas... Desde el 2005-2006. Ahora estamos creando en la Intendencia una Unidad de Gestión Costera, pero es un proceso también muy reciente.

GV- Justo ahora por el tema de las casas en Jaureguiberry, se está presupuestando el costo que tendría la recuperación de esa barranca. Y ahí andamos en cifras alrededor de 10 mil, 15 mil dólares. Eso nos costaría intervenir ahora. Vamos a ver si conseguimos los materiales.

JC- Lo cual económicamente no es nada, es una medida blanda y artesanal.

GV- Es una medida específica de controlar sesenta metros de barranca.

G- Pensando en el tema de los espigones. Quizás hayan dejado una huella negativa, como una medida de mitigación que terminó siendo no tan efectiva.

GV- No sé si es tan negativa. En algunos sectores los espigones han funcionado bien. Y en otros sectores por supuesto no y están generando problemas muy serios. Es una medida muy cara y sacar un espigón más caro todavía. No sé cómo hacer, dinamitar eso es una locura. En Floresta están generando serios problemas.

JC- En Villa Argentina acumula mucha arena.

GV- Pero en algunos sectores acumula y han funcionado bien. En Mar del Plata se han generado cambios en los espigones. Se ha puesto como tómbolo en la parte exterior del espigón para tratar de modificar un poco el tema de los oleajes. Pero son todos temas que necesitan estudios importantes para no generar problemas. No sólo a la playa específica que se quiere salvar, sino a la playa vecina, porque es un tema integral. Una solución puntual puede generar problemas para otras playas u otros departamentos en algunos casos. Pienso en

el caso de un espigón que se hizo en Cufre, en el límite entre San José y Colonia. Generaron un problema enorme en la playa de Colonia. Uno quiso hacer un muelle con espigones y lo hicieron. Y están por solucionarlo todavía.