

Producto 4: Informe sobre vulnerabilidad ecosistémica en sitios piloto Piriápolis, La Paloma y Playa Penino

Consultoría para el Análisis de Ecosistemas y Servicios
Ecosistémicos clave para la adaptación costera basada en
ecosistemas

Paulina Cerruti

Diciembre 2023

Este producto fue elaborado en el marco del proyecto "Mejora de las capacidades técnicas de Uruguay y la solidez de la cartera de proyectos para acceder al financiamiento del FVC" (URY-RS-007), liderado por el Ministerio de Ambiente, implementado por la Corporación Nacional para el Desarrollo y financiado por el Fondo Verde del Clima.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCION	2
2. VULNERABILIDAD ECOSISTÉMICA	3
3. DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD ECOSISTÉMICA.....	5
3.1. EXPOSICIÓN.....	6
3.2. SENSIBILIDAD	6
3.3. CAPACIDAD ADAPTATIVA.....	8
4. INUNDACIONES EN LOS ECOSISTEMAS	9
5. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ECOSISTÉMICA EN LOS SITIOS PILOTO	16
6. CAPAS DISPONIBLES	16
7. ESCALAS DE TRABAJO	18
8. SELECCIÓN DE CAPAS PARA EL ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN	23
9. ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD ECOSISTÉMICA EN SITIOS PILOTO	30
10. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA EN SITIOS PILOTO	36
11. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LOS CURSOS DE AGUA MODELADOS EN PIRIÁPOLIS Y RECOMENDACIONES PARA CADA CUENCA	38
12. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LOS CURSOS DE AGUA MODELADOS EN LA PALOMA Y RECOMENDACIONES PARA CADA CUENCA.....	52
13. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS ZONAS DE DESCARGA EN PIRIÁPOLIS....	65
14. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS ZONAS DE DESCARGA EN LA PALOMA...	74
15. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN PLAYA PENINO	82
16. RECOMENDACIONES.....	89
17. REFERENCIAS.....	100

Se sugiere citar este material de la siguiente manera:

Cerruti, P. (2023). Producto 4: Informe sobre vulnerabilidad ecosistémica en sitios piloto Piriápolis, La Paloma y Playa Penino. Consultoría para el Análisis de Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos clave para la adaptación costera basada en ecosistemas. Proyecto "Mejora de las capacidades técnicas de Uruguay y la solidez de la cartera de proyectos para acceder al financiamiento del FVC". MA-CND.

1. INTRODUCCIÓN

El Fondo Verde para el Clima (FVC) fue establecido en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático con el propósito de contribuir de forma significativa a los esfuerzos mundiales para enfrentar el cambio climático.

En agosto de 2022 inició el proyecto financiado por el Programa de apoyo preparatorio del Fondo Verde del Clima (FVC): "Mejora de las capacidades técnicas de Uruguay y la solidez de la cartera de proyectos para acceder al financiamiento del FVC" (URY-RS-007), que tiene por objetivo catalizar el acceso de Uruguay al financiamiento climático, en particular al financiamiento del FVC, para lograr trayectorias resilientes al clima y bajas en emisiones.

En el marco de este proyecto se desarrolla la Consultoría para el Análisis de Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos clave para la adaptación costera basada en ecosistemas, la cual tiene como objetivo identificar y caracterizar los ecosistemas costeros y brindar elementos para la evaluación de su estado de conservación, vulnerabilidad y servicios ecosistémicos a modo de insumo para la elaboración de mapas de riesgo de inundación en ambientes costeros, así como para el diseño de alternativas y anteproyectos que incorporen el enfoque de adaptación basada en ecosistemas.

El trabajo de esta consultoría se desarrolla sobre tres sitios piloto: Piriápolis, La Paloma y Ciudad del Plata, y es realizado en simultáneo con una consultoría para el diagnóstico de descargas a playa y modelado de cursos de agua, y con una consultoría de Sistemas de Información Geográfica y diseño gráfico de SIG. En el marco de la elaboración de los mapas de riesgo de inundación se realiza el diagnóstico de todas las descargas a playa y de

10 cursos de agua en los sitios piloto Piriápolis y La Paloma, por lo que se decide complementar esa metodología con el componente de integridad y vulnerabilidad de los ecosistemas allí presentes.

Este documento corresponde al Producto 4 de la Consultoría para el Análisis de Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos clave para la adaptación costera basada en ecosistemas, en los sitios pilotos Piriápolis, La Paloma y Ciudad del Plata.

Todas las tablas con datos generados en este trabajo fueron entregadas al Ministerio de Ambiente, en formato xls.

2. VULNERABILIDAD ECOSISTÉMICA

Según la 4ta Evaluación del IPCC (IPCC, 2007) la vulnerabilidad se define como “la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos”.

Es posible evaluar la vulnerabilidad de un ecosistema para estimar su incapacidad de tolerar factores de estrés a lo largo del tiempo y el espacio, y poder así planificar una gestión adecuada que permita preservar sus características (Weißhuhn et al., 2018).

Tomando el concepto de "vulnerabilidad ecosistémica", un sistema ambiental deja de ser considerado simplemente como una fuente de riesgo que afecta a los sistemas humanos, a ser considerado como un sistema que reacciona a influencias tanto naturales como provocadas por la actividad humana (Weißhuhn et al., 2018).

Es probable que las especies y sistemas más vulnerables sean los que sufran impactos más significativos debido al cambio climático, mientras que aquellas menos vulnerables serán menos afectadas, e incluso podrían encontrar beneficios en este proceso (NWF, 2011).

Evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas permite identificar factores específicos que contribuyen a la vulnerabilidad de los mismos, ayuda a definir prioridades de gestión y de planificación, brinda información para la elaboración de las estrategias de adaptación, ayuda a que haya una asignación más eficiente de los recursos que son escasos y ayuda a informar el proceso de gestión a la población (NWF, 2011).

Además, llevar adelante una evaluación de vulnerabilidad ecosistémica apoyada por un proceso de planificación de la adaptación, aumenta la probabilidad de que el ecosistema alcance sus objetivos de conservación (NWF, 2011).

Las evaluaciones realizadas a escala local, mapean de forma más efectiva los diferentes componentes de la vulnerabilidad de un ecosistema (Weißhuhn et al., 2018).

La vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas naturales puede evaluarse desde un enfoque de especie, de hábitat o de ecosistema.

El uso de ecosistemas como base para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático requiere tener en cuenta el potencial de interrupciones en las interacciones ecológicas y compromisos con funciones y procesos clave del ecosistema (Shaver et al. 2000), considerando que los impactos en las funciones del mismo traigan probablemente consecuencias para los servicios que éste proporciona (NWF, 2011).

También es importante tener en cuenta que los impactos ecológicos del cambio climático pueden combinarse y exacerbarse con otros factores de estrés que se puedan encontrar presentes en los sistemas naturales, ya sean de origen natural o antropogénico (como la destrucción de hábitat, la propagación de especies invasoras y los incendios, entre otros). Estos factores de estrés comprometen la salud y la resiliencia de los ecosistemas, lo que tiene como consecuencia un incremento en el impacto que tendrá el cambio climático sobre estos (NWF, 2011).

3. DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD ECOSISTÉMICA

La vulnerabilidad depende “del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación” (IPCC, 2007).

Según la *National Wildlife Federation* (NWF, 2011) y el estudio realizado por Weißhuhn et al. (2018), que realiza una revisión bibliográfica de 129 artículos sobre vulnerabilidad ecosistémica, la vulnerabilidad ecosistémica al cambio climático se compone de las siguientes dimensiones: sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa.

Algunos aspectos de estas dimensiones, consideran también otros factores de estrés que tienen los ecosistemas, y que son independientes del cambio climático.

3.1. EXPOSICIÓN:

La dimensión de la exposición de un ecosistema puede entenderse como el grado en que se proyecta que el lugar o el entorno en el que este se encuentra experimente un cambio que pueda afectarlo negativamente (Weißhuhn et al., 2018; IPCC, 2018; en proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación).

El nivel de exposición que presente un ecosistema frente al cambio climático, dependerá tanto de la exposición a los cambios físicos en el clima (ej. temperatura y precipitación) como a los factores relacionados a dichos cambios (ej. el aumento de salinidad debido a la elevación del nivel del mar) (NWF, 2011).

La dimensión *exposición* puede evaluarse considerando la probabilidad de un disturbio o la proximidad espacial del sistema a una fuente de disturbio, o analizando la cantidad de elementos del sistema ubicados en zonas que se verán afectadas por un determinado disturbio (Frazier et al., 2014 en Weißhuhn et al., 2018). En este último caso, una opción es determinar el área del ecosistema que se encuentra ubicada bajo dicha amenaza (Dong et al., 2015; Weißhuhn et al., 2018).

3.2. SENSIBILIDAD:

La dimensión de la sensibilidad del ecosistema puede entenderse como el grado de probabilidad de que un sistema se vea afectado por el cambio al

que se encuentra expuesto (Weißhuhn et al., 2018), y está asociada a los problemas que probablemente este experimente (NWF, 2011).

La sensibilidad suele estar determinada por características fisiológicas o biológicas inherentes al ecosistema, así como por las sensibilidades de las especies y/o hábitats que lo componen, y puede ser fuertemente afectada por la presencia y alcance de otros factores de estrés relacionados con la actividad humana (ej. la fragmentación del hábitat), que limitan la capacidad de una especie para ajustar sus rangos en respuesta a condiciones climáticas cambiantes y a alteraciones asociadas (NWF, 2011). Por esta razón, es importante que al evaluar la vulnerabilidad ecosistémica se incluyan los factores no climáticos que contribuyen a la misma (ej. fragmentación del hábitat, extensión de la cuenca cubierta por superficies impermeables, presencia de especies invasoras, efectos de las extracciones de agua y agotamiento de acuíferos, etc.) (NWF, 2011).

Se debe considerar que una exposición a largo plazo frente a una condición estresante, puede llevar a una disminución de la sensibilidad o a un aumento en la tolerancia por parte del ecosistema, pero es probable que aumente la vulnerabilidad del mismo a otros cambios ambientales (Weißhuhn et al., 2018).

Por otro lado, es probable que las sensibilidades de las especies dominantes o clave influyan en gran parte en la sensibilidad de un ecosistema (NWF, 2011).

3.3. CAPACIDAD ADAPTATIVA:

La dimensión de la capacidad adaptativa de un ecosistema se refiere a la capacidad que este tiene para hacer frente a los impactos de una perturbación (proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación; NWF, 2011), o a las oportunidades que puedan existir para mitigar la sensibilidad o la exposición del sistema (NWF, 2011).

Esta capacidad puede deberse a rasgos internos particulares del sistema o a condiciones externas. Por ejemplo, la existencia de barreras estructurales (ej. áreas urbanas, diques o muros de contención) pueden limitar la capacidad de ese ecosistema para moverse (NWF, 2011).

La implementación de ciertas medidas de adaptación, como la remoción de barreras artificiales (ej. muros de contención), puede contribuir a fortalecer la capacidad de adaptación de un ecosistema costero, permitiendo que sistemas costeros como humedales y playas tengan la capacidad de ocupar nuevas áreas más hacia el interior a medida que aumentan los niveles del mar e inundan o erosionan dichos ecosistemas. De esta forma se disminuiría su vulnerabilidad ante el aumento del nivel del mar (NWF, 2011).

Algunos factores que afectan a la vulnerabilidad del ecosistema pueden considerarse tanto dentro de la dimensión de sensibilidad como dentro de la dimensión de la capacidad adaptativa del sistema (NWF, 2011). Si bien no existe una regla estricta que especifique dónde debería ubicarse cada elemento como parte de la evaluación general de la vulnerabilidad ecosistémica, la distinción de los mismos en una u otra dimensión podrá aportar a la planificación de propuestas de gestión (NWF, 2011).

4. INUNDACIONES EN LOS ECOSISTEMAS

En este capítulo se hará referencia a la influencia de las inundaciones sobre los diferentes tipos de ecosistemas. Para esto se tienen en cuenta tanto los efectos por inundaciones de agua dulce (como las fluviales y/o pluviales), como los efectos causados por las inundaciones marinas.

Las crecidas y las inundaciones son procesos imprescindibles en la dinámica natural de los ecosistemas fluviales, ya que, mediante los mecanismos de erosión, transporte y sedimentación en los cauces, aportan al correcto funcionamiento de los mismos (Ollero Ojeda et al., 2020).

En los ecosistemas asociados a los cursos de agua los pulsos de inundación tienen una gran influencia en la biota predominante, su productividad y sus interacciones. Normalmente, cada año se producen uno o más pulsos de inundación y de sedimentos, por lo que las comunidades asociadas a los cursos de agua presentan adaptaciones que les permiten convivir y/o beneficiarse con estos eventos (Bó & Malvárez, 1999).

Los pulsos de inundación pueden variar según su duración, su intensidad y la superficie que se ve afectada, pudiendo haber eventos raros no predecibles que acarreen consecuencias negativas para los ecosistemas asociados a los cursos de agua, llegando a causar la desaparición y el reemplazo de muchas especies (Bó & Malvárez, 1999). Por otro lado, la frecuencia de los eventos de inundación también puede afectar la susceptibilidad de las comunidades a los mismos (Bó & Malvárez, 1999).

A su vez, un evento extremo de inundación con un elevado tiempo de permanencia puede reducir el tamaño y/o la cantidad de ambientes de un paisaje, y puede provocar la transformación de los bosques ribereños a bañados y de los bañados a lagunas (Bó & Malvárez, 1999).

Los eventos de inundación, su frecuencia y su permanencia, afectan tanto a la flora como a la fauna del ecosistema, pudiendo provocar en esta última efectos por ahogamientos y por pérdida de hábitat (Blanco & Méndez, 2010; Bó & Malvárez, 1999).

En el caso particular de las inundaciones marinas, existe además un efecto relacionado a la intrusión salina en los ecosistemas. Este fenómeno puede tener mayor o menor intensidad según la especie, la concentración de sal y/o el grado de la inundación, pudiendo provocar en algunas especies una disminución significativa de la fotosíntesis, de la asimilación de carbono, y de la germinación de las semillas, y en algunos casos hasta la mortalidad de la especie, y trayendo consecuencias como el deterioro y la desaparición de los ecosistemas (Woods et al., 2020; Pezeshki et al., 1990).

Es probable que muchas especies invasoras amplíen sus rangos en las áreas afectadas por cualquiera de los dos tipos de inundación, por contar con adaptaciones específicas (a las condiciones de anegamiento, de salinidad, etc.) que incrementen su potencial invasor (Tully et al., 2019).

Humedales

La recurrencia de eventos de inundación sobre los humedales, favorece el mantenimiento de una elevada heterogeneidad ambiental, aumentando las posibilidades de supervivencia y reproducción de las comunidades (Bó & Malvárez, 1999).

Frente a un aumento del nivel del mar, los humedales costeros tienen la capacidad de captar sedimentos e incorporar restos vegetales, como hojas muertas, ramas, tallos y raíces del suelo, tendiendo a una acreción

(crecimiento por acumulación de sedimentos) del ecosistema (Breda et al., 2021). Existen evidencias de que los humedales costeros pueden mantenerse al ritmo del aumento del nivel del mar en ciertas situaciones (Baustian et al., 2012). Sin embargo, en algunos casos la tasa de ganancia de elevación puede no ser suficiente para contrarrestar el aumento relativo del nivel del mar (Day Je. et al., 2009). El cambio de elevación de cada humedal que resulte de estas inundaciones, dependerá de la composición vegetal del ecosistema (Baustian et al., 2012), así como del flujo de agua y de la distribución de sedimentos dentro del mismo (Breda et al., 2021).

Por otro lado, frente a las inundaciones marinas, los humedales también tienden a migrar hacia tierra adentro, buscando condiciones más adecuadas de salinidad y oxígeno disponible (Breda et al., 2021). El flujo de agua y la distribución de sedimentos dentro del humedal también determinarán la medida en el que el ecosistema realizará esta migración.

En el caso de los humedales de agua dulce los eventos de inundación por mar disminuyen la emergencia de plántulas a partir de un banco de semillas (Grieger et al., 2018; Delgado et al., 2017; Peterson & Baldwin, 2003; Baldwin et al., 1996). Este fenómeno puede verse incrementado en los casos de inundaciones con mayores tiempos de permanencia (Baldwin et al., 1996). En algunos casos, las inundaciones marinas sobre humedales de agua dulce pueden provocar la conversión de éstos a humedales salinos (Tully et al., 2019).

Pastizales naturales

A diferencia de las praderas de producción, los pastizales naturales suelen mostrar gran tolerancia a las inundaciones, por presentar algunas especies,

como *Paspalum dilatatum* (especie nativa de Uruguay, presente en los pastizales de este país), que crecen durante las inundaciones e incluso aumentan su ritmo de fotosíntesis (Insausti et al., 2005). Sin embargo, la tolerancia a las inundaciones varía ampliamente entre las especies que componen a los pastizales, por lo que, según la intensidad y duración de los eventos de inundación, se pueden esperar cambios importantes en la composición florística de la comunidad (Insausti et al., 2005). Durante las inundaciones prolongadas, algunas especies características de los pastizales disminuyen su cobertura y biomasa mientras que otras la aumentan (Insausti et al., 2005).

Cordón dunar:

Los cordones dunares en las playas constituyen una barrera de protección hacia los ecosistemas o elementos que se encuentran por detrás de ellas, frente a las inundaciones marinas en eventos de tormenta.

Estas formaciones son reservas de arena que acompañan la dinámica natural de la playa, dependiendo de los efectos del viento y del mar, que pueden favorecer la ganancia o la pérdida de sedimentos. Durante los eventos de tormenta y crecidas del nivel del mar, las dunas ceden arena al mar, y se generan procesos de erosión sobre los cordones dunares (Vega de Seoane et al. 2007). Esto se debe a que el oleaje alcanza el cordón dunar socavándolo y eliminando su vegetación asociada (Vega de Seoane et al. 2007), la cual tiene un rol fundamental en la estabilidad de las dunas. Al perder la vegetación asociada, además de perderse la estabilidad de las dunas, se producen rampas de viento o *blowouts*, que son zonas por las cuales el viento arrastra los sedimentos hacia continente, provocando que

estos se pierdan del ciclo natural de las playas, en muchos casos de forma permanente.

La intensidad de la erosión depende del tipo de playa, de su dinámica natural, y de la intensidad de los eventos de tormenta. Eventos de gran intensidad pueden hacer desaparecer temporalmente la vegetación ubicada en la zona de playa seca (Vega de Seoane et al. 2007).

En el caso de las inundaciones fluviales, los humedales interdunares actúan como zonas de contención, disminuyendo la velocidad y el volumen de agua que impacta sobre el cordón dunar, y mitigando así los fenómenos de erosión sobre el mismo.

Por otro lado, la altura del cordón dunar determinará el tiempo de permanencia del agua luego de un evento de inundación marina (Bó & Malvárez, 1999).

Los eventos de tormenta, inundaciones marinas y la subida del nivel del mar, provocan transgresiones de la línea de costa (Alcántara-Carrió et al., 2005); es decir, desplazamientos horizontales de la orilla hacia continente, los cuales a su vez provocan la migración de los ambientes de la playa hacia continente, incluyendo el cordón dunar (Alcántara-Carrió et al., 2005). En el caso de que las transgresiones sean muy rápidas, y no exista un aporte de sedimentos suficiente, se produce erosión del cordón dunar (Alcántara-Carrió et al., 2005); y en los casos en que no haya espacio disponible para la migración del cordón dunar hacia continente, la consecuencia será la erosión y/o la pérdida de estas geoformas.

Bosques:

En los bosques asociados a cursos de agua existe una sucesión de especies a medida que las condiciones ambientales cambian a lo largo del gradiente vertical, siendo especies adaptadas a condiciones de anoxia en las zonas más cercanas al cauce, que favorecen la deposición de sedimentos. En este tipo de bosques la distribución y la abundancia de las especies arbóreas está determinada por la longitud y la alternancia de los períodos de suelo seco y suelo inundado (Matteucci, 2012; Blanco & Méndez, 2010).

La duración de las inundaciones anuales, así como su frecuencia puede ser determinante en la distribución, riqueza y diversidad de especies que componen a los ecosistemas de bosque asociados a los cursos de agua (Wittmann et al., 2006). Eventos de inundación prolongada, pueden provocar modificaciones en la morfología del paisaje (como consecuencia de procesos muy activos de erosión y sedimentación), y permitir la instalación de especies colonizadoras (Bó & Malvárez, 1999) que luego traerán efectos negativos en el ecosistema. Este tipo de eventos requiere que las especies cuenten con adaptaciones a condiciones de anoxia. Por otro lado, las inundaciones frecuentes afectan a la dinámica de deposición y eliminación periódica de la hojarasca, alterando los bancos de semillas, y condicionando las especies que son capaces de sobrevivir (Wittmann et al., 2006).

Los eventos de inundaciones marinas en los bosques generan una intrusión salina en estos ecosistemas, trayendo cambios biogeoquímicos que provocan el retroceso de los bosques hacia tierras altas (Tully et al., 2019).

Cursos de agua

La dinámica de crecidas e inundaciones son procesos naturales e imprescindibles para el correcto funcionamiento de los cursos de agua (Ollera Ojeda, 2020).

Para los organismos netamente acuáticos y sus consumidores directos, los eventos de inundación son beneficiosos por el aporte de nutrientes que se produce hacia el ecosistema lótico (Bó & Malvárez, 1999).

Los eventos de inundaciones marinas provocan intrusiones salinas hacia los cursos de agua que desembocan en las playas. Esto conforma una dinámica natural en estos ecosistemas hasta cierta distancia al mar. Pueden existir fenómenos extremos en las cuales la intrusión salina abarque una extensión sobre el curso de agua superior a lo normal. En estos casos los cambios bioquímicos derivados de la intrusión marina en el curso de agua, podrán alterar ecosistemas no adaptados a tales condiciones, alterando los tiempos de reproducción y desarrollo de algunos peces y hasta pudiendo a generar la mortandad de algunas especies (Urmeneta et al., 2013), afectando negativamente al crecimiento de especies macrófitas (Urmeneta et al., 2013), a cultivos de especies sensibles a la salinidad (Jiménez Reyes, 2013) y al suministro de agua potable (Gómez, 2001).

Por otro lado, las modificaciones en la ubicación del frente salino pueden traer consecuencias al modificar la localización de las áreas de reproducción y cría de algunas especies de peces (Barragán Muñoz et al., 2009).

5. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ECOSISTÉMICA EN LOS SITIOS PILOTO

En este trabajo, se realizó un análisis de vulnerabilidad frente a inundaciones marinas, inundaciones fluviales y procesos de erosión costera, para los ecosistemas y geoformas costeras identificadas en el Producto 3 de esta consultoría, para las siguientes localidades: Piriápolis, La Paloma y Playa Penino. En cada sitio, se analizó la vulnerabilidad actual y la vulnerabilidad en un escenario futuro, según las capas disponibles para su uso en Sistemas de Información Geográfica en cada localidad.

6. CAPAS DISPONIBLES

Se trabajó con la capa shape de ecosistemas realizada en el Producto 3 de esta consultoría y con capas shape y raster (Tabla 1) disponibles para visualizar la inundación fluvial, la inundación marina y la erosión costera.

Las capas disponibles son diversas y en algunos casos difieren entre una localidad y otra.

A continuación, se presentan las capas disponibles con las que se puede trabajar para evaluar la vulnerabilidad ecosistémica frente a estos eventos en cada uno de los sitios Piloto:

Tabla 1: Capas disponibles con las que se puede trabajar para evaluar la vulnerabilidad ecosistémica frente a estos eventos en cada uno de los sitios Piloto.

Inundación por lluvias					
Nombre de la capa	Información que incluye (Escenario/Año/TR)	Disponible para los sitios:	Disponible en:	Elaborada por	Tipo de archivo
Área afectada Tr* lluvia presente ¹	Actual/TR (2;10)	Ciudad del Plata	DINAGUA	CSI-DHI	Shape
Área afectada Tr* lluvia 2050	2050/TR10	Ciudad del Plata	DINAGUA	CSI-DHI	Shape
COD_DESCARGA Inundación_tr*_actual ²	Actual / TR (2;10;20;100;500)	La Paloma Piriápolis	DINAGUA	ISTEC	Shape
COD_DESCARGA Inundación_tr*_futuro	2100(RCP8.5) / TR (2;10;20;100;500)	La Paloma Piriápolis	DINAGUA	ISTEC	Shape
Inundación por marea					
Área afectada Tr* marea presente	Actual/ TR (10;100)	Ciudad del Plata	DINAGUA	CSI-DHI	Shape
Área afectada Tr* marea 2050	2050/ TR (10;100)	Ciudad del Plata	DINAGUA	CSI-DHI	Shape
E*_TR* ³	E (1) / Actual / TR (0;1;5;10;25;50;100;500)	La Paloma, Piriápolis, Ciudad del Plata	OAN	IH-CANTABRIA	Raster

¹ Elaboradas para el Plan de Aguas Urbanas, por el consorcio CSI-DHI. Disponibles en el visualizador de DINAGUA (sin posibilidad de descarga): <https://lastmile.presidencia.gub.uy/portal/apps/webappviewer/index.html?id=8666d11d6b664b39b58a2b7471f64333>. La información se puede solicitar a la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA).

² Elaborada por la empresa ISTECA en el marco de la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua. Disponibles en el visualizador de DINAGUA (sin posibilidad de descarga): <https://lastmile.presidencia.gub.uy/portal/apps/webappviewer/index.html?id=8666d11d6b664b39b58a2b7471f64333>. La información se puede solicitar a la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA).

³ Elaboradas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. Disponibles para descarga en el Observatorio Ambiental Nacional: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/> como “Modelo de Inundación Costera: Escenario 1: Todos los tiempos de retorno (NAP Costas)”

E*_TR* ⁴	E (2;3;4;5;6;7;8;9;10) /2100(RCP8.5) TR (0;1;5;10;25;50;100;500)	La Paloma, Piriápolis, Ciudad del Plata	OAN	IH- CANTABRIA	Raster
Erosión costera					
Riesgo de erosión costera Escenario 1 TR100 Retroceso estructural ⁵	E 1 / Actual / TR (5; 10; 25; 100; 500)	La Paloma, Piriápolis, Ciudad del Plata	OAN	IH- CANTABRIA	Raster
Riesgo de erosión costera Escenario 10 TR100 Retroceso estructural ⁶	E 10 / 2100 / RCP8.5 / TR (5; 10; 25; 100; 500)	La Paloma, Piriápolis, Ciudad del Plata	OAN	IH- CANTABRIA	Raster

7. ESCALAS DE TRABAJO

Se analizó la Vulnerabilidad Ecosistémica en base a tres escalas de trabajo:

- **Ecosistemas asociados a los cursos de agua modelados** por la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua*. Se analizó la vulnerabilidad de los ecosistemas frente a la inundación fluvial de los cursos modelados, considerando

⁴ Elaboradas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. Disponibles para descarga en el Observatorio Ambiental Nacional: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/> como “Modelo de Inundación Costera: Escenario 10: Todos los tiempos de retorno (NAP Costas)”

⁵ Elaboradas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. Disponibles para descarga en el Observatorio Ambiental Nacional: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/> como “Riesgo de Erosión Costera Escenario 1 TR100 Retroceso Estructural (NAP Costas)”

⁶ Elaboradas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. Disponibles para descarga en el Observatorio Ambiental Nacional: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/> como “Riesgo de Erosión Costera Escenario 10 TR100 Retroceso Estructural (NAP Costas)”

aquellos ecosistemas sobre los cuales la inundación modelada abarcó parte de su superficie. Para esta escala, el análisis de Vulnerabilidad Ecosistémica incluyó las dimensiones “Exposición” y “Capacidad Adaptativa”.

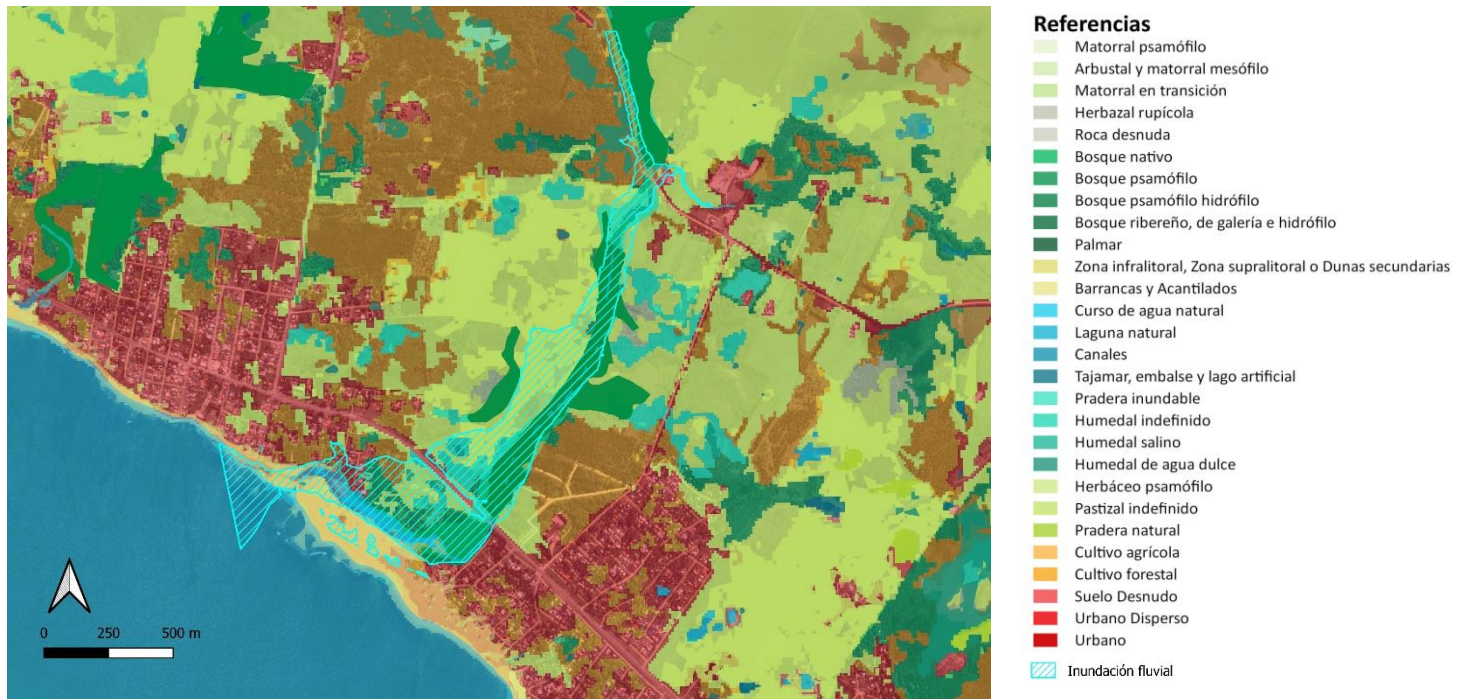


Figura 1: Presentación de la escala de trabajo para el análisis de la Vulnerabilidad Ecosistémica: Ecosistemas asociados a los cursos de agua modelados por la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua*. La mancha de inundación modelada se visualiza con rayas celestes.

- **Zonas de descarga:** Sitios definidos en el Producto 3 de esta consultoría, como el lugar en donde el drenaje pluvial llega a la Faja de Defensa de Costas, abarcando la extensión ubicada entre la línea de costa y la ruta (o 250 metros desde la línea de costa, en caso de que no haya una ruta interfiriendo) y 100m a la derecha y 100m a la izquierda de la desembocadura del drenaje pluvial. Se analizó la Vulnerabilidad frente a inundación pluvial, inundación

por marea y erosión costera de los ecosistemas y/o geoformas: Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila (descritos en el Producto 3) asociados a todas las descargas presentes dentro de estas zonas. Para el análisis en esta escala se trabajó con el mapeo de ecosistemas elaborado en el Producto 3 de esta consultoría, y se complementó con información obtenida mediante un trabajo de fotointerpretación a partir de imágenes satelitales de Google Earth para obtener un mayor nivel de detalle. Para esta escala, el análisis de Vulnerabilidad Ecosistémica incluyó las dimensiones “Exposición”, “Sensibilidad” y “Capacidad Adaptativa”.

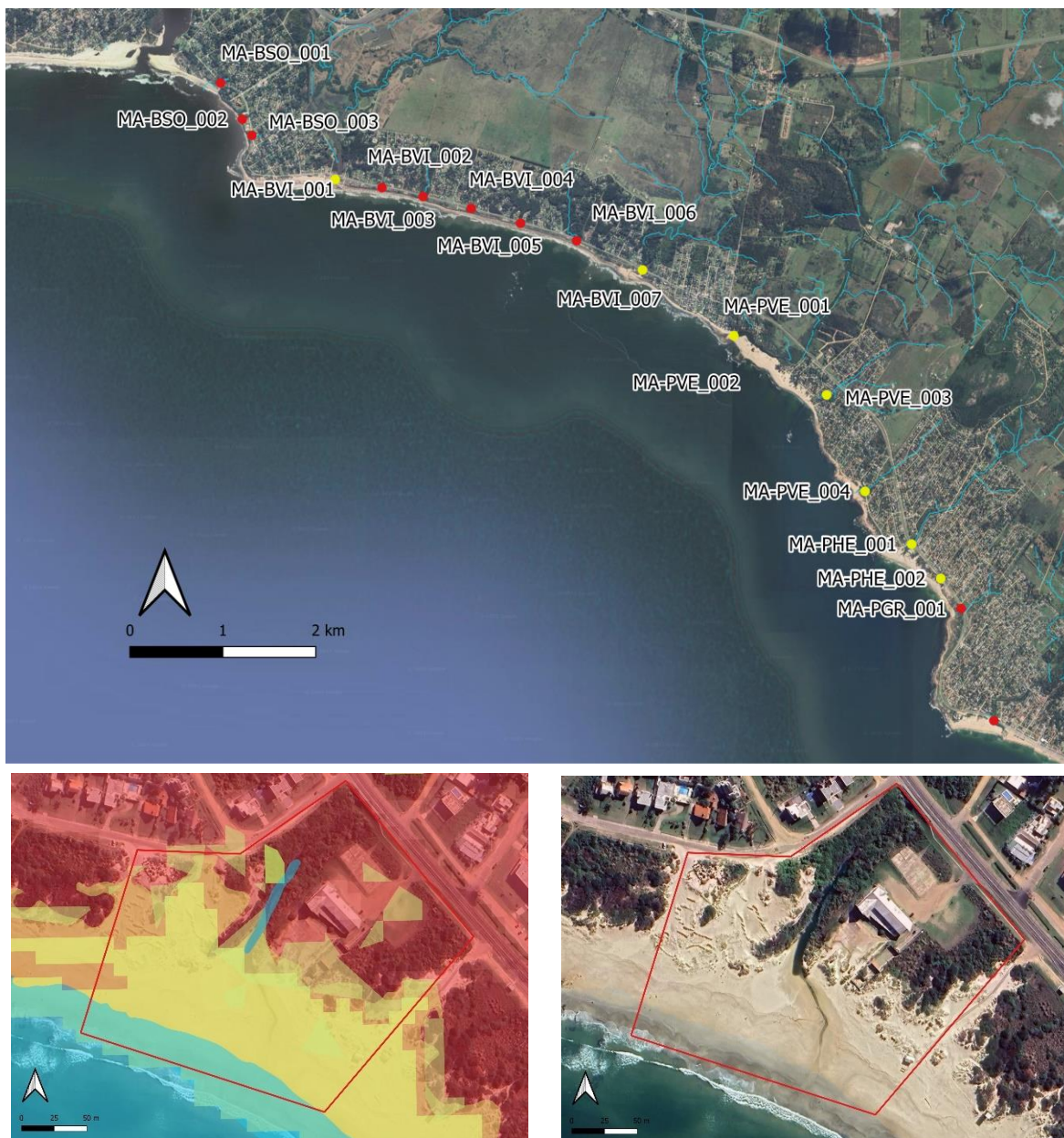


Figura 2: Presentación de la escala de trabajo para el análisis de la Vulnerabilidad Ecosistémica: Zonas de descarga. **Arriba** se visualizan algunas de las descargas analizadas. Todas las descargas analizadas pueden verse en las Figuras 16 y X. **Abajo a la izquierda:** Se presenta la delimitación (polígono rojo) de una de las Zonas de descarga a la playa (MA-PHE_001, referencia en Figura 16), y se visualiza el mapeo de ecosistemas utilizado para la zona (referencias en Figura 1). **Abajo a la derecha:** Se presenta la delimitación de la misma Zona de descarga (polígono rojo) y la visualización utilizada para el análisis de fotointerpretación.

- **Playa Penino:** Se trabajó con el polígono definido en el Producto 3 para el sitio Piloto Ciudad del Plata. Se analizó la Vulnerabilidad de los ecosistemas frente a la inundación fluvial provocada por el avance del Río Santa Lucía, a la inundación marina, y a la erosión costera. Para esta escala, el análisis de Vulnerabilidad incluyó las dimensiones “Exposición” y “Capacidad Adaptativa”.

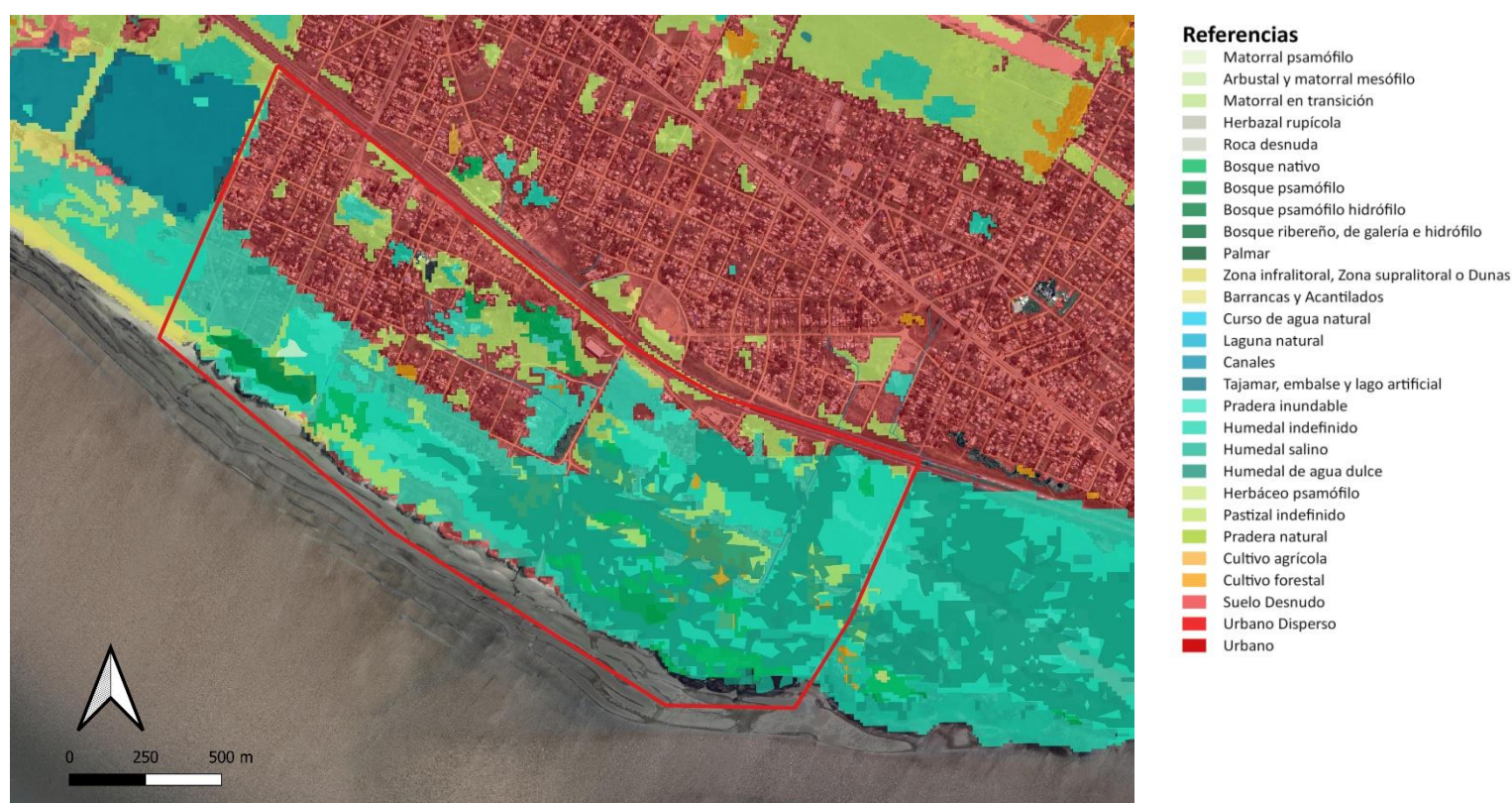


Figura 3: Presentación de la escala de trabajo (polígono delimitado en rojo) para el análisis de la Vulnerabilidad Ecosistémica: Playa Penino.

8. SELECCIÓN DE CAPAS PARA EL ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN

Para el análisis de la exposición se trabajó principalmente en base a un Tiempo de Retorno de 100 años. Esta selección fue basada en el trabajo proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación, y en la consideración de que los ecosistemas tienden a adaptarse a las características de las inundaciones frecuentes. Por esto último, se pretendió analizar un escenario poco frecuente, interpretando que el mismo tendría un mayor impacto sobre los ecosistemas.

En el caso de Playa Penino se trabajó con un Tiempo de Retorno de 10 años para las inundaciones fluviales, por ser estos los únicos modelos de inundación fluvial disponibles. Para el análisis de la exposición a inundación por marea y por erosión costera se utilizó un Tiempo de Retorno de 100 años.

- **Ecosistemas asociados a los cursos de agua modelados** por la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua*. Se analizó la exposición de los ecosistemas teniendo en cuenta las siguientes capas:

-Inundación tr100 actual (ISTEC)

-Inundación tr100 futuro (ISTEC)

Siguiendo la metodología planteada por el proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación al Cambio Climático, se consideraron **expuestos** (tomando el valor **SI**) aquellos ecosistemas cuya superficie quede ocupada en más del 30% por la curva de inundación, y **no expuestos** (tomando el valor **NO**) aquellos ecosistemas cuya superficie ocupada por la

curva de inundación fuera menor al 30%. Como criterio de cálculo para en análisis de la vulnerabilidad, se le asignó un valor numérico igual a 1 a aquellos ecosistemas cuya valoración fuera **SI**, y un valor igual a 0 a aquellos ecosistemas cuya valoración fuera **NO**.

Se consideró la extensión completa del parche de ecosistema visualizado en el mapeo realizado para el Producto 3. En algunos casos, la presencia de parches muy pequeños y cercanos entre sí del mismo ecosistema, se consideraron como una unidad.

Ejemplo:

Superficie del ecosistema ubicada bajo la curva de inundación	Valoración de la exposición	Valoración numérica
Mayor al 30%	SI	1
Menor al 30%	NO	0

**Esta escala de trabajo fue considerada para los sitios Piriápolis y La Paloma.*

- **Zonas de descarga:** Se analizó la exposición en los ecosistemas y/o geoformas: Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila (descritos en el Producto 3) asociados a todas las descargas presentes dentro de estas zonas.

Para analizar los ecosistemas expuestos a la inundación fluvial se utilizaron las capas:

- Inundación tr100 actual (inundación actual) (ISTEC)
- Inundación tr100 futuro (inundación futura) (ISTEC)

Para analizar los ecosistemas expuestos a la inundación marina se utilizaron las capas:

- E1_TR100 (inundación actual) (IH-CANTABRIA)
- E10_TR100 (inundación futura) (IH-CANTABRIA)

Para analizar los ecosistemas expuestos a la erosión costera se utilizaron las capas:

- Riesgo de erosión costera Escenario 1 TR100 (erosión actual) (IH-CANTABRIA)
- Riesgo de erosión costera Escenario 10 TR100 (erosión futura) (IH-CANTABRIA)

Para las zonas de descarga se consideró la exposición actual y futura de estos sitios, que integra los tres tipos de ecosistemas: Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, tomando los siguientes valores:

No (no expuesto) = la superficie de cordón dunar litoral y/o el cordón dunar secundario (o de la *zona de descarga* en los casos en que no hay cordón

dunar) no se encuentra bajo la curva de inundación o erosión (en escenario actual o en escenario futuro).

Media (exposición media) = entre el 1% y el 30% de la superficie del cordón dunar (o de la zona de descarga en los casos en que no hay cordón dunar) se encuentra bajo la curva de inundación o erosión (en escenario actual o en escenario futuro).

Alta (exposición alta) = Más del 30% de la superficie del cordón dunar (o de la zona de descarga en los casos en que no hay cordón dunar) se encuentra bajo la curva de inundación o erosión (en escenario actual o en escenario futuro).

Se asignó a cada sitio la categoría de mayor exposición entre los tres tipos de exposición. Como criterio de cálculo para el análisis de la vulnerabilidad, se le asignó un valor numérico igual a 2 a aquellos sitios cuya exposición fuera “Alta” para cualquiera de las tres variables, un valor igual a 1 a aquellos sitios cuya mayor exposición fuera “Media” para las tres variables, y un valor igual a 0 a aquellos sitios cuya exposición fuera “Baja” para las tres variables.

Ejemplo:

Inundación fluvial	Inundación marina	Erosión costera	Valoración total numérica
Baja	Alta	Media	2
Baja	Baja	Media	1
Baja	Baja	Baja	0

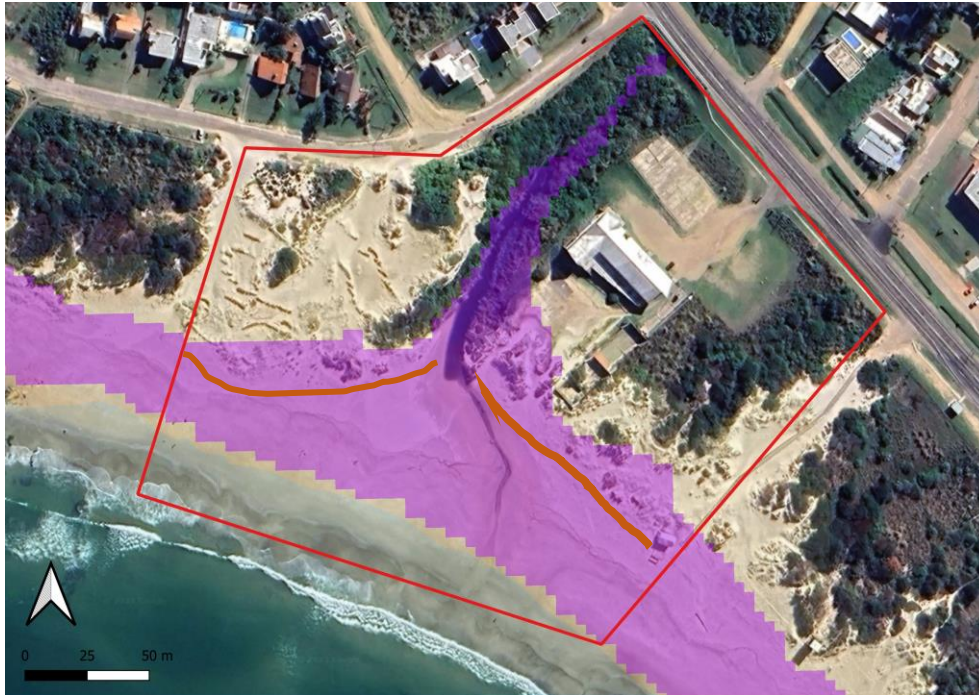


Figura 4: Ejemplo para el cálculo de la exposición en las zonas de descarga. Se observa la mancha de inundación marina (violeta) modelada para el Escenario 1 (Presente) en TR100, en la zona de descarga (delimitada en rojo) del sitio nombrado como MA-PHE_001 (referencia en Figura 16). Nótese que la superficie de cordón dunar comienza donde se puede identificar un aumento del relieve (líneas naranjas). Por lo tanto, en este caso, la curva de inundación marina en la zona de descarga no llega a abarcar el 30% de la superficie de los ecosistemas en cuestión. Es decir, se le asigna a esta zona una valoración **Media** para la exposición a inundación por marea.



Figura 5: Ejemplo para el cálculo de la exposición en las zonas de descarga. Se observa la superficie del retroceso por erosión costera (líneas amarillas) modelada para el Escenario 1 (Presente) en TR100, en la zona de descarga (delimitada en rojo) del sitio nombrado como MA-PHE_001 (referencia en Figura 16). Nótese que la superficie de cordón dunar comienza donde se puede identificar un aumento del relieve (líneas naranjas). Por lo tanto, en este caso, la superficie afectada por la erosión costera en la zona de descarga supera el 30% de la superficie de los ecosistemas en cuestión. Es decir, se le asigna a esta zona una valoración **Alta** para la exposición a la erosión costera.

**Esta escala de trabajo fue considerada para los sitios Piriápolis y La Paloma.*

- **Playa Penino:** Polígono definido para el sitio Piloto Ciudad del Plata

Se analizó la exposición de los ecosistemas frente a la inundación fluvial provocada por el avance del Río Santa Lucía, a la inundación marina, y a la erosión costera.

Siguiendo la metodología planteada por el proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación, se consideraron **expuestos** (tomando el valor **SI**) aquellos ecosistemas cuya superficie quede ocupada en más del 30% por la curva de inundación o el retroceso de la costa, y **no expuestos** (tomando el valor **NO**) aquellos ecosistemas cuya superficie ocupada fuera menor al 30%.

Para analizar los ecosistemas expuestos a la inundación fluvial se utilizaron las capas:

- Área afectada Tr10 lluvia presente (CSI-DHI)
- Área afectada Tr10 lluvia 2050 (CSI-DHI)

Para analizar los ecosistemas expuestos a la inundación marina se utilizaron las capas:

- E1_TR100 (inundación actual) (IH-CANTABRIA)
- E10_TR100 (inundación futura) (IH-CANTABRIA)

Para analizar los ecosistemas expuestos a la erosión costera se utilizaron las capas:

- Riesgo de erosión costera Escenario 1 TR100 (erosión actual) (IH-CANTABRIA)
- Riesgo de erosión costera Escenario 10 TR100 (erosión futura) (IH-CANTABRIA)

Se asignó a cada sitio la categoría de mayor exposición entre los tres tipos de exposición. Como criterio de cálculo, se asignó un valor igual a 1 a los sitios cuya exposición fue **SI** para cualquiera de las tres variables y un valor igual a 0 a los sitios cuya exposición fue **NO** para las tres variables.

Se consideró la extensión completa del parche de ecosistema visualizado en el mapeo realizado para el Producto 3. En algunos casos, la presencia de parches muy pequeños y cercanos entre sí del mismo ecosistema, se consideraron como una unidad.

Ejemplo:

Inundación fluvial	Inundación marina	Erosión costera	Valoración total de la exposición
SI	NO	NO	1
NO	NO	NO	0

**Esta escala de trabajo fue considerada para el sitio Piloto Ciudad del Plata.*

9. ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD ECOSISTÉMICA EN SITIOS PILOTO

Entendiendo a la sensibilidad ecosistémica como el grado en el que el sistema se puede ver afectado por el cambio al que se encuentra expuesto (Weißhuhn et al., 2018), se consideró la relación inversa entre esta y la integridad ecológica que presenta el mismo, considerando a la integridad ecológica como una característica que aporta resistencia y resiliencia a los ecosistemas.

INTEGRIDAD ECOLÓGICA

Se calculó la integridad ecológica de los ecosistemas “Cordón dunar litoral”, “Dunas secundarias”, y “Estepa psamófila” (descritos en el Producto 3) asociados a todas las descargas presentes dentro de la Faja de Defensa de Costas, ubicados 100m a la derecha y 100 m a la izquierda de la desembocadura del drenaje pluvial, en los sitios Piloto Piriápolis y La Paloma. El cálculo de la integridad ecológica se realizó a partir de la evaluación de los indicadores aplicados y presentados en el Producto 3 de esta consultoría.

A continuación, se presenta la metodología para la valoración total de cada sitio a partir de sus indicadores de integridad ecológica:

Tabla 2: Valoración cuantitativa de la Integridad Ecológica de los ecosistemas “Cordón dunar litoral”, “Dunas secundarias”, y “Estepa psamófila” en las zonas de descarga a la playa, a partir de la aplicación de los indicadores planteados en el Producto 3 de esta consultoría.

Estado del cordón dunar		Presencia de arena seca en la playa Alta		Presencia de humedales Interdunares como sucesión del cordón dunar litoral		Presencia de humedales asociados a la descarga		Vegetación psamófila sobre el cordón dunar Secundario		Presencia de vegetación herbácea nativa sobre el cordón dunar litoral		Presencia de vegetación Exótica sobre el cordón dunar litoral		Valoración total	
Muy bueno	2	Muy bueno	2	Bueno	1	Bueno	1	Muy bueno	2	Muy bueno	2	Bueno	1	4 o mayor	Bueno
Bueno	1	Bueno	1	Sin valoración	0	Malo	-1	Bueno	1	Bueno	1	Regular	-1	-3 a 3	Regular
Malo	-5 (incluye: su propia valoración + VP en CDL, VE en CDL)	Regular	-1					Regular	-1	Pobre	-1	Malo	-2	-3 o menor	Malo
Muy malo	-7 (incluye: su propia valoración + VP en CD2, VP en CDL, VE en CDL)	Pobre	-2					Malo	-2	SV	0	Muy malo	-3		
								SV	0			SV	0		

Se toman en cuenta los indicadores presentados en el Producto 3.

El indicador **Tipo de costa** no tiene valoración y por eso no es incluido para este trabajo.

El indicador **Estado del cordón dunar**, fue aplicado solamente en las zonas de playa arenosa (es decir, no en las zonas de Puntas rocosas, Barrancas o Acantilados). Este indicador otorga una valoración diferente si el cordón dunar presenta protodunas, cordón dunar litoral (CDL) y/o cordón dunar secundario (CD2); o si no existe cordón dunar litoral ni secundario. Para la

valoración de este indicador se consideró que el mismo afectaría a los indicadores siguientes: *Vegetación psamófila sobre el cordón dunar secundario* (VP en CD2), *Vegetación herbácea nativa sobre el cordón dunar litoral* (VP en CDL), *Presencia de vegetación Exótica sobre el cordón dunar litoral* (VE en CD2). Por lo tanto, el valor que se le asignó al indicador incluye tanto el valor numérico asignado a su propio estado (Muy bueno = 2, Bueno = 1, Malo = -1, Muy malo = -2), como el valor numérico asignado a la peor valoración de los indicadores que se ven afectados por la falta del cordón dunar litoral o del cordón dunar secundario, en cada caso.

Para llegar a una valoración numérica total en cada zona de descarga seleccionada, se otorgaron valores numéricos positivos en los casos en que la valoración fuera positiva (estados *Bueno* o *Muy Bueno*), y valores numéricos negativos en los casos en que la valoración fuera negativa (estados: *Regular*, *Pobre*, *Malo*, *Muy Malo*).

La valoración total de cada zona se calcula a partir de la sumatoria de la valoración de todos los indicadores, resultando en la siguiente categorización:

Bueno: 4 o mayor

Regular: -3 a 3

Malo: -3 o menor

Esta forma de valoración total se decidió teniendo en cuenta la sumatoria resultante de cada indicador en cada una de las zonas evaluadas (64 zonas). La valoración máxima alcanzada fue de 8 y la mínima fue de -10. Se asignó una valoración categórica “Bueno”, “Regular” o “Malo” para la integridad ecológica de cada zona, según el número resultante de la sumatoria, como

se indicó más arriba. Se evaluó la coherencia de la valoración categórica asignada en cada zona para comprobar la adecuación de las 3 categorías.

Como criterio de cálculo de la sensibilidad a partir de la integridad ecológica para el análisis de la vulnerabilidad, se asignó un valor igual a 2 a los sitios cuya integridad ecológica fue “Mala”, un valor igual a 1 a los sitios cuya integridad ecológica fue “Regular” y 0 a los sitios cuya integridad ecológica fue “Bueno”.

Ejemplo:

Integridad ecológica	Valoración numérica de la Integridad ecológica para el cálculo de la Sensibilidad
Bueno	0
Regular	1
Malo	2

AGRAVANTES

Se consideró además la dimensión de “Agravantes” propuesta por la el proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación, como aporte a la evaluación de la sensibilidad. Esta dimensión contempla las amenazas no climáticas que pueden afectar la condición del ecosistema, agravando su sensibilidad frente al evento al que se encuentra expuesto.

En este trabajo se consideraron como “Agravantes” las presiones antrópicas registradas en el Producto 3 de esta consultoría para los ecosistemas Cordón dunar litoral”, “Dunas secundarias”, y “Estepa psamófila” (descritos en el Producto 3) asociados a todas las descargas presentes dentro de la Faja de

Defensa de Costas, ubicados 100m a la derecha y 100 m a la izquierda de la desembocadura del drenaje pluvial, en los sitios Piloto Piriápolis y La Paloma.

La clasificación de estas presiones toma los siguientes valores:

Bueno: Sin presencia de presiones antrópicas

Regular: Indicios de depósitos quaternarios en la playa o cordón dunar sobre la superficie o enterrados; o presencia de discontinuidades en el cordón dunar originadas por tránsito pedestre o sin identificar causas, generando rampas de escape de arena; o presencia de concavidades en el terreno que indiquen extracción artificial de sedimentos.

Malo: Presencia de discontinuidades en el cordón dunar originadas por tránsito vehicular; o presencia de huellas de vehículos sobre la zona de playa

Muy malo: Presencia de construcciones o infraestructura sobre el cordón dunar (litoral o secundario); o presencia de estacionamientos sobre el cordón dunar.

Como criterio de cálculo de los agravantes para el análisis de la vulnerabilidad, se asignó un valor igual a 2 a los sitios cuya valoración para las presiones antrópicas fue “Muy mala” o “Mala”, un valor igual a 1 a los sitios cuya valoración para las presiones antrópicas fue “Regular” y 0 a los sitios cuya valoración para las presiones antrópicas fue “Bueno”.

Ejemplo:

Agravantes	Valoración numérica de los agravantes para el cálculo de la Sensibilidad
Bueno	0
Regular	1
Malo	2
Muy malo	2

SENSIBILIDAD ECOSISTÉMICA

Se integraron las variables “Integridad ecológica” y “Agravantes” para conseguir una valoración de la dimensión de la Sensibilidad. Se asignó a cada sitio el valor numérico más alto entre las dos variables.

Ejemplo:

Integridad Ecosistémica	Agravantes	Sensibilidad
1	2	2
2	0	2
1	0	1
0	0	0

10. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA EN SITIOS PILOTO

Se consideró la capacidad adaptativa como la capacidad de los ecosistemas de migrar hacia territorios no expuestos al mismo fenómeno. Para esto, se tuvo en cuenta el porcentaje ecosistema en contacto con ecosistemas

naturales sin incluir la zona expuesta a inundación o erosión (proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación).

El análisis de la capacidad adaptativa tuvo en cuenta la cobertura de uso de suelo actual tanto para el escenario presente como para el escenario futuro. La diferencia entre ambos escenarios se consideró según los cambios en las manchas de inundación o erosión; es decir, en base a los escenarios de Cambio Climático. No se consideraron en este análisis los posibles cambios asociados al uso de suelo (ej. urbanización).

Se consideraron las siguientes categorías, adaptadas de la consultoría del proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación:

Buena: 60% o más del perímetro del ecosistema en contacto con ecosistemas naturales sin incluir la zona expuesta a inundación o erosión.

Regular: menos del 60% del perímetro del ecosistema en contacto con ecosistemas naturales sin incluir de la zona expuesta a inundación o erosión.

Mala: 0% perímetro del ecosistema en contacto con ecosistemas naturales (100% en contacto con ambientes antropizados o expuestos) sin incluir la zona expuesta a inundación o erosión.

Como criterio de cálculo de la capacidad adaptativa para el análisis de la vulnerabilidad, se asignó un valor igual a 2 a los sitios cuya valoración fue “Mala”, un valor igual a 1 a los sitios cuya valoración fue “Regular” y 0 a los sitios cuya valoración fue “Buena”.

Se consideró la extensión completa del parche de ecosistema visualizado en el mapeo realizado para el Producto 3. En algunos casos, la presencia de parches muy pequeños y cercanos entre sí del mismo ecosistema, se consideraron como una unidad.

Ejemplo:

Agravantes	Valoración numérica de la Capacidad Adaptativa
Buena	0
Regular	1
Mala	2

**Esta escala de trabajo fue considerada para los tres sitios Piloto: Piriápolis, La Paloma y Playa Penino.*

11. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LOS CURSOS DE AGUA MODELADOS EN PIRIÁPOLIS Y RECOMENDACIONES PARA CADA CUENCA.

Se presenta el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas asociados a los cinco cursos de agua seleccionados para modelar en Piriápolis por parte de la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua*. Los cursos de agua seleccionados para modelar en Piriápolis fueron: Arroyo Tarariras (MA-PVE_001), Arroyo La Cascada (MA-PIR_002), Arroyo Selva Negra (MA-PIR_003), Cañada Sin Nombre (S/N) de Punta Colorada (MA-PIR_008) y Cañada La Negra (MA-PCO_004) (referencias en Figura 16).

Para esta escala (ecosistemas asociados a los cursos de agua modelados en Piriápolis) se analizaron las dimensiones Exposición y Capacidad Adaptativa, presentadas previamente, tanto para el escenario actual como para el escenario futuro (año 2100, RCP=8.5).

Tabla 3: Vulnerabilidad de los ecosistemas asociados a los cursos de agua modelados en Piriápolis, para el escenario actual (*Presente*) y para el escenario futuro (*Futuro*) (2100, RCP=8.5). Para ambos escenarios se presenta el resultado del análisis de la exposición a la inundación fluvial (*Inundación*) y la valoración numérica asociada a la exposición por inundación (*V.I.*); el resultado del análisis de la capacidad adaptativa (*C.A.*) y la valoración numérica asociada a la capacidad adaptativa (*V. C.A.*); y el resultado de la vulnerabilidad ecosistémica total (*V. Total Presente*; *V. Total Futuro*) que contempla ambas dimensiones. Se presentan los resultados de cada uno de los ecosistemas que solapan parte de su superficie con la mancha de inundación en cada uno de los cursos de agua modelados. Se marcan con un asterisco (*) aquellos ecosistemas para los cuales la vulnerabilidad ecológica empeora en el escenario futuro con respecto al escenario presente. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 3, en amarillo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 1 o a 2, y en verde aquellos para los cuales la vulnerabilidad es 0.

		Presente					Futuro				
		Inundación	V. I.	C. A.	V. C.A.	V. Total Presente	Inundación	V. I.	C. A.	V. C.A.	V. Total Futuro
Cuenca del Arroyo Tarariras (MA-PVE_001)	Bosque psamófilo al sur de la ruta 10	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Bosque psamófilo al norte de la ruta 10	Sí	1	Regular	1	2	Sí	1	Regular	1	2
	Humedal indefinido al sur de la ruta 10	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Humedal indefinido al norte de la ruta 10	Sí	1	Buena	0	1	Sí	1	Buena	0	1
	Pastizal indefinido al sur de la ruta 10	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Pastizal indefinido al norte de la ruta 10	No	0	Buena	0	0	No	0	Buena	0	0
Cuenca del Arroyo La Cascada	Pastizal indefinido al sur de Av. Misiones	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Pastizal indefinido al norte de Av. Misiones	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Cultivos forestales entre Reconquista y Monte Caseros	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3

	Cultivos forestales entre Monte Caseros y Rincón	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Cultivos forestales al norte de la calle Rincón	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Bosque psamófilo	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Pastizal indefinido	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
Cuenca del Arroyo Selva Negra	Cultivo forestal	No	0	Mala	2	2	No	0	Mala	2	2
	Bosque psamófilo	No	0	Mala	2	2	No	0	Mala	2	2
	Pastizal indefinido	No	0	Mala	2	2	No	0	Mala	2	2
Cuenca de la Cañada S/N Punta Colorada	Bosque psamófilo entre Calle De La Gloria y Camino Vecinal	Sí	1	Regular	1	2	Sí	1	Regular	1	2
	Bosque psamófilo al norte del camino vecinal	No	0	Bueno	0	0	No	0	Bueno	0	0
	Pastizal indefinido *	No	0	Mala	2	2	Sí	1	Mala	2	3
	Cultivo forestal	No	0	Regular	1	1	No	0	Regular	1	1
Cuenca de la Cañada La Negra	Pastizal indefinido	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Cultivo forestal al sur de la calle Colombia	No	0	Mala	2	2	No	0	Mala	2	2
	Cultivo forestal al norte de la calle Colombia	No	0	Bueno	0	0	No	0	Bueno	0	0
	Humedal de agua dulce	No	0	Mala	2	2	No	0	Mala	2	2

La vulnerabilidad ecosistémica en esta escala puede tomar los valores 0 (Baja Vulnerabilidad), 1 (Vulnerabilidad Media), 2 (Vulnerabilidad Media) o 3 (Vulnerabilidad Alta). La mitad de los ecosistemas que se ven afectados por la mancha de inundación de los cursos de agua presentan una vulnerabilidad ecosistémica Alta en relación a los eventos de inundación. Solamente en un caso (pastizal indefinido en la cuenca de la Cañada S/N de

Punta Colorada), la vulnerabilidad ecosistémica se verá empeorada en un escenario futuro respecto al escenario actual.

A continuación, se presentan los mapas de cada una de las cuencas, donde se pueden visualizar los ecosistemas presentes en la misma y las manchas de inundación (en escenario presente y escenario futuro) modeladas para sus cursos de agua.

CUENCA DEL ARROYO TARARIRAS (MA-PVE 001)

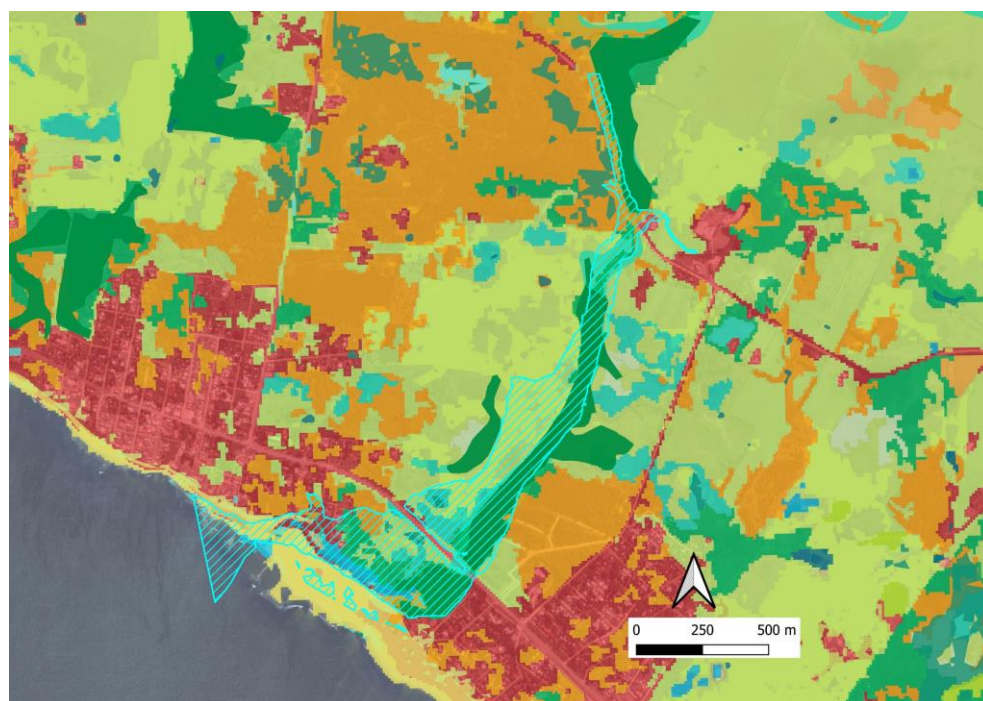
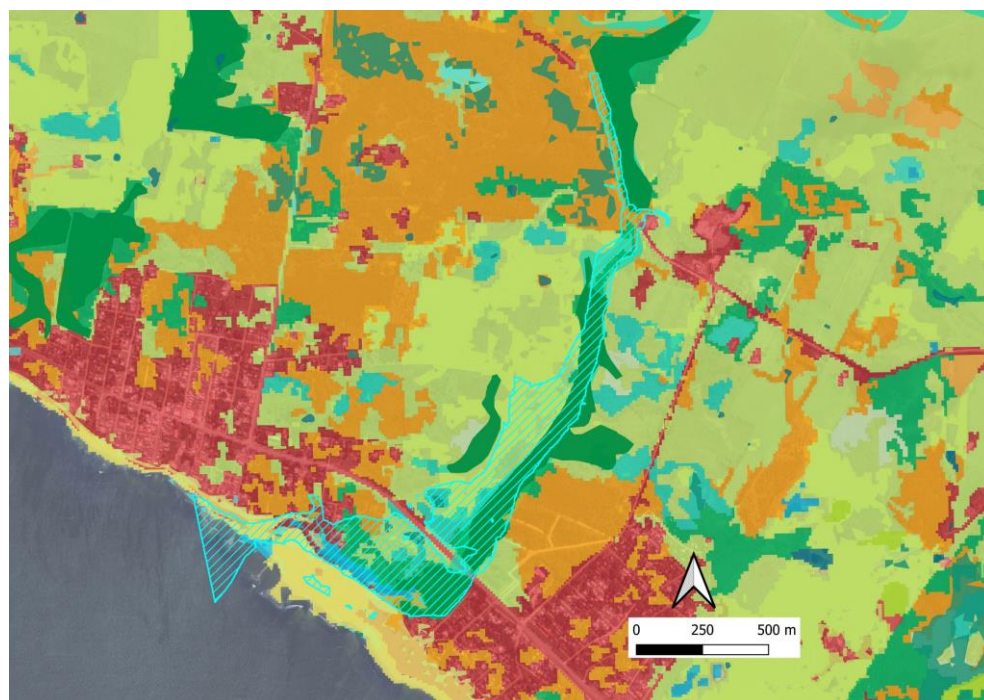
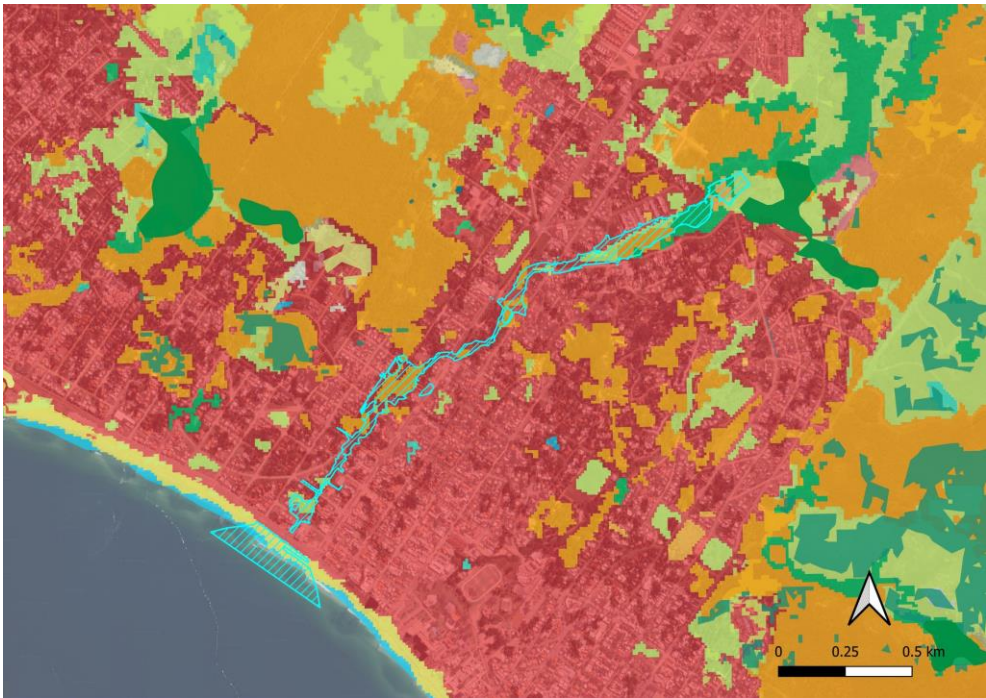


Figura 6: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca del Arroyo Tarariras. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

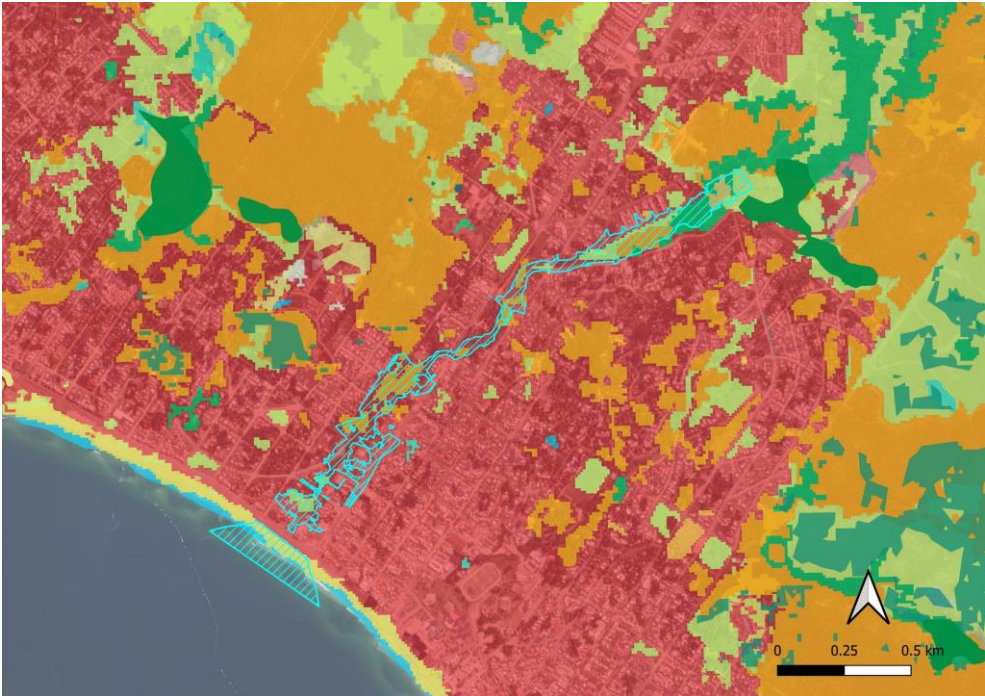
Los ecosistemas ubicados al sur de la Ruta 10 (Bosque psamófilo, Humedal indefinido y Pastizal indefinido) presentan una Vulnerabilidad Alta en ambos escenarios. Esta vulnerabilidad está asociada tanto a un nivel de exposición alto como a una mala capacidad adaptativa, debido a que la mancha de inundación cubre la superficie completa de los ecosistemas, así como su entorno, o debido a que los límites de los mismos se encuentran en contacto con suelo urbanizado o cubierto por cultivo forestal, no dando lugar a una posible migración de los mismos. En estos casos se sugiere la restauración de los ecosistemas naturales en la zona donde se ubica el cultivo forestal, y en aquellos predios de la trama urbana aún no construidos, o en el área del suelo no impermeabilizado de los padrones construidos.

Al norte de la Ruta 10 la Exposición de los ecosistemas a la inundación sigue siendo Alta (salvo para el Pastizal Indefinido), pero la Capacidad Adaptativa es Regular o Buena. Para estos casos (Bosque psamófilo y Humedal indefinido) se sugiere la restauración del ecosistema en la zona donde se ubica el cultivo forestal (al Este del Bosque psamófilo) y la correcta gestión del Pastizal Indefinido que rodea al Bosque psamófilo y al Humedal indefinido, con el fin de recuperar el ecosistema natural de la zona y permitir la migración de los ecosistemas evaluados, mejorando su capacidad adaptativa.

CUENCA DEL ARROYO LA CASCADA (MA-PIR 002)



- Referencias**
- Matorral psamófilo
 - Arbustal y matorral mesófilo
 - Matorral en transición
 - Herbazal rupícola
 - Roca desnuda
 - Bosque nativo
 - Bosque psamófilo
 - Bosque psamófilo hidrófilo
 - Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
 - Palmar
 - Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
 - Barrancas y Acantilados
 - Curso de agua natural
 - Laguna natural
 - Canales
 - Tajamar, embalse y lago artificial
 - Pradera inundable
 - Humedal indefinido
 - Humedal salino
 - Humedal de agua dulce
 - Herbáceo psamófilo
 - Pastizal indefinido
 - Pradera natural
 - Cultivo agrícola
 - Cultivo forestal
 - Suelo Desnudo
 - Urbano Disperso
 - Urbano
 - Inundación fluvial

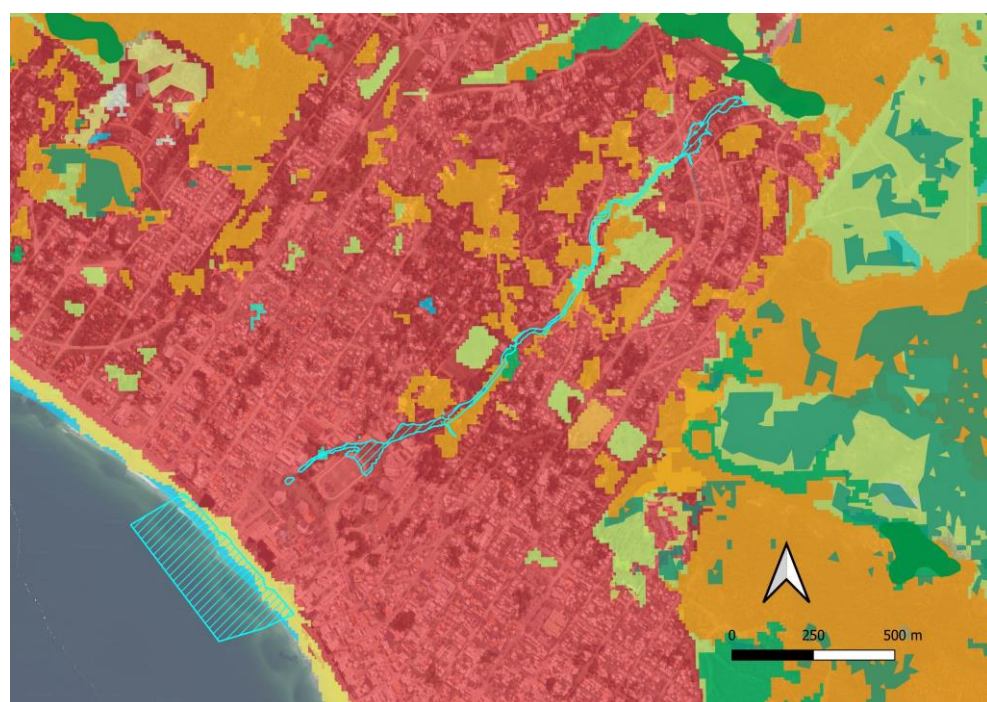


- Referencias**
- Matorral psamófilo
 - Arbustal y matorral mesófilo
 - Matorral en transición
 - Herbazal rupícola
 - Roca desnuda
 - Bosque nativo
 - Bosque psamófilo
 - Bosque psamófilo hidrófilo
 - Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
 - Palmar
 - Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
 - Barrancas y Acantilados
 - Curso de agua natural
 - Laguna natural
 - Canales
 - Tajamar, embalse y lago artificial
 - Pradera inundable
 - Humedal indefinido
 - Humedal salino
 - Humedal de agua dulce
 - Herbáceo psamófilo
 - Pastizal indefinido
 - Pradera natural
 - Cultivo agrícola
 - Cultivo forestal
 - Suelo Desnudo
 - Urbano Disperso
 - Urbano
 - Inundación fluvial

Figura 7: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca del Arroyo La Cascada. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

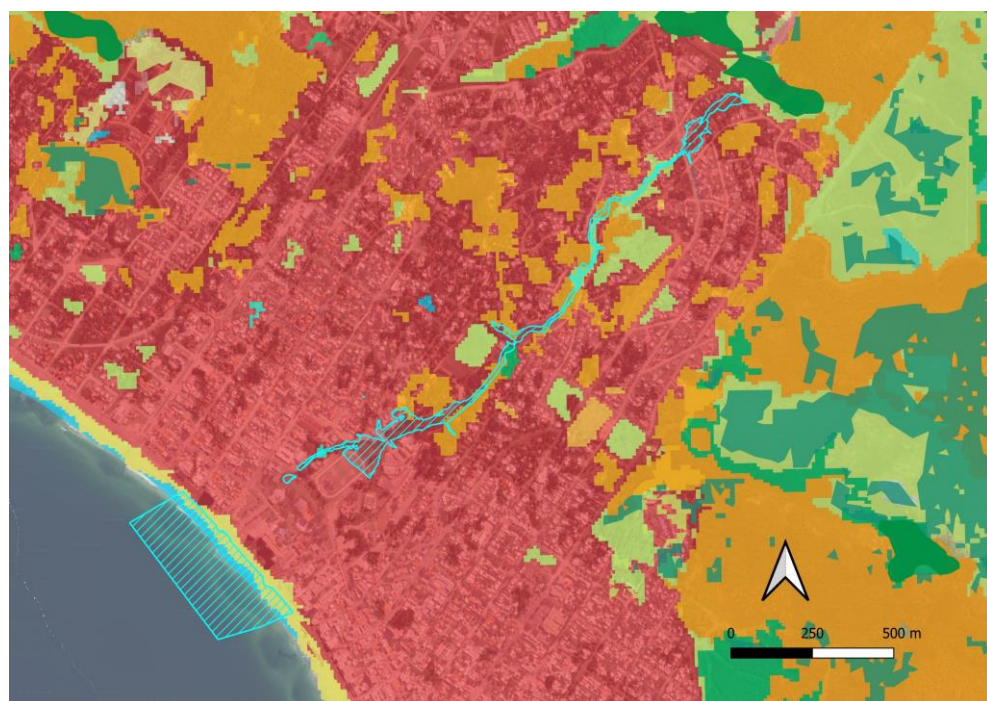
Todos los ecosistemas evaluados en la Cuenca del Arroyo La Cascada presentan una Vulnerabilidad Alta en ambos escenarios, debido a su Exposición y a una Mala Capacidad Adaptativa, consecuencia de la predominancia del suelo urbanizado en la cuenca. Los ecosistemas que se ven afectados por la mancha de inundación en esta cuenca son Pastizales indefinidos, Cultivos forestales y Bosque psamófilo. Se sugiere la restauración de los ecosistemas naturales en la zona donde se ubica el cultivo forestal, y en aquellos predios de la trama urbana aún no construidos, o en el área del suelo no impermeabilizado de los padrones construidos.

CUENCA DEL ARROYO SELVA NEGRA (MA-PIR 003)



Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial



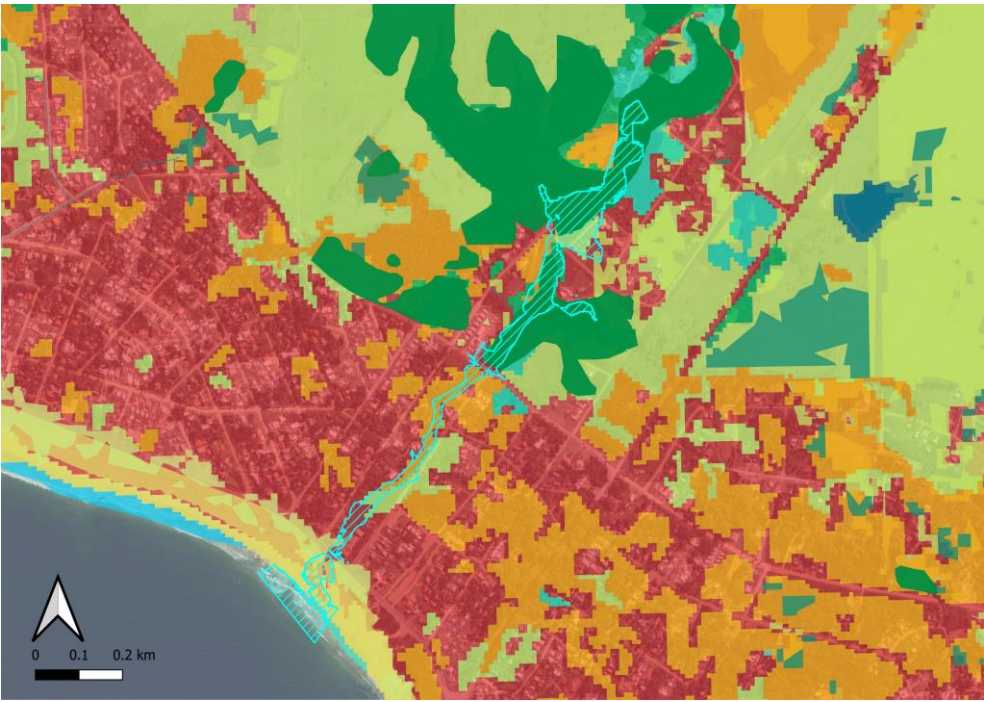
Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial

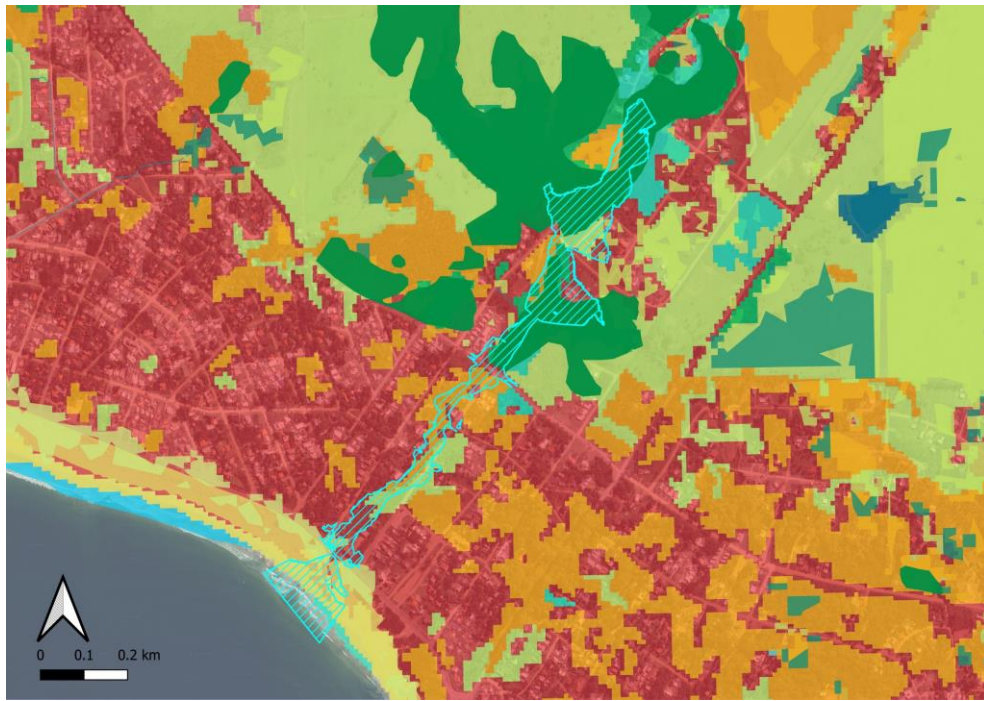
Figura 8: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca del Arroyo Selva Negra. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

Los ecosistemas evaluados en la Cuenca del Arroyo Selva Negra presentan una Vulnerabilidad Media. Si bien no se encuentran Expuestos a los eventos de inundación (porque la mancha de inundación no cubre el 30% de la superficie de los ecosistemas), todos presentan una Mala Capacidad Adaptativa, consecuencia de la predominancia del suelo urbanizado en la cuenca. Vale destacar que las superficies de ecosistemas naturales asociados a este curso de agua son pequeñas en comparación con la superficie de Cultivo Forestal. Se sugiere la restauración de los ecosistemas naturales en las zonas donde se ubica el cultivo forestal, y en aquellos predios de la trama urbana aún no construidos, o en el área del suelo no impermeabilizado de los padrones construidos.

CUENCA DE LA CAÑADA SIN NOMBRE (S/N) DE PUNTA COLORADA (MA-
PIR_008)



- Referencias**
- Matorral psamófilo
 - Arbustal y matorral mesófilo
 - Matorral en transición
 - Herbazal rupícola
 - Roca desnuda
 - Bosque nativo
 - Bosque psamófilo
 - Bosque psamófilo hidrófilo
 - Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
 - Palmar
 - Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
 - Barrancas y Acantilados
 - Curso de agua natural
 - Laguna natural
 - Canales
 - Tajamar, embalse y lago artificial
 - Pradera inundable
 - Humedal indefinido
 - Humedal salino
 - Humedal de agua dulce
 - Herbáceo psamófilo
 - Pastizal indefinido
 - Pradera natural
 - Cultivo agrícola
 - Cultivo forestal
 - Suelo Desnudo
 - Urbano Disperso
 - Urbano
 - Inundación fluvial

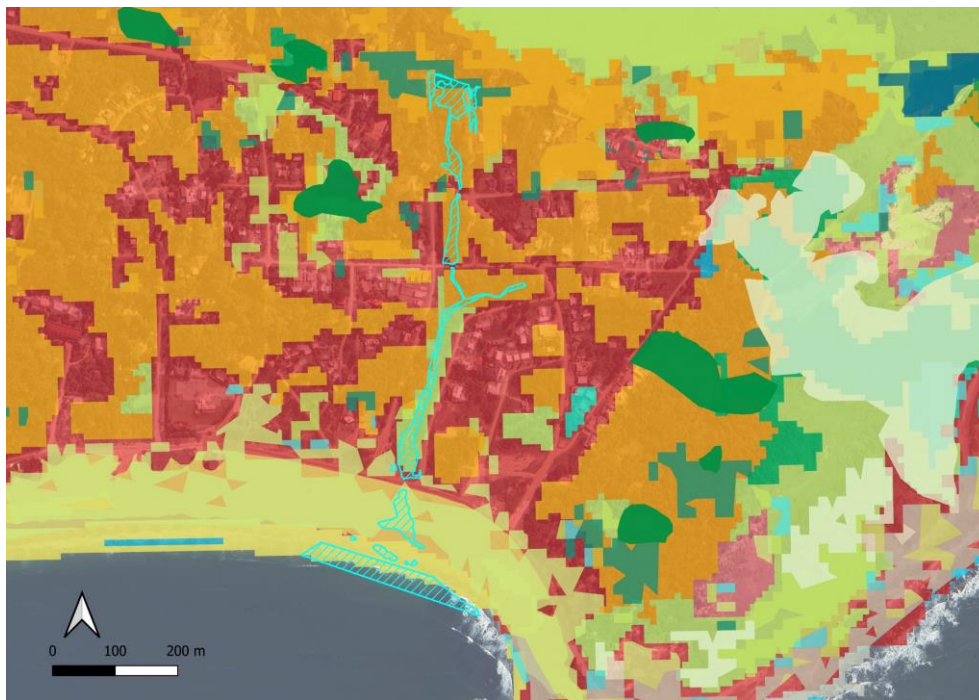


- Referencias**
- Matorral psamófilo
 - Arbustal y matorral mesófilo
 - Matorral en transición
 - Herbazal rupícola
 - Roca desnuda
 - Bosque nativo
 - Bosque psamófilo
 - Bosque psamófilo hidrófilo
 - Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
 - Palmar
 - Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
 - Barrancas y Acantilados
 - Curso de agua natural
 - Laguna natural
 - Canales
 - Tajamar, embalse y lago artificial
 - Pradera inundable
 - Humedal indefinido
 - Humedal salino
 - Humedal de agua dulce
 - Herbáceo psamófilo
 - Pastizal indefinido
 - Pradera natural
 - Cultivo agrícola
 - Cultivo forestal
 - Suelo Desnudo
 - Urbano Disperso
 - Urbano
 - Inundación fluvial

Figura 9: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca de la Cañada Sin Nombre (S/N) de Punta Colorada. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

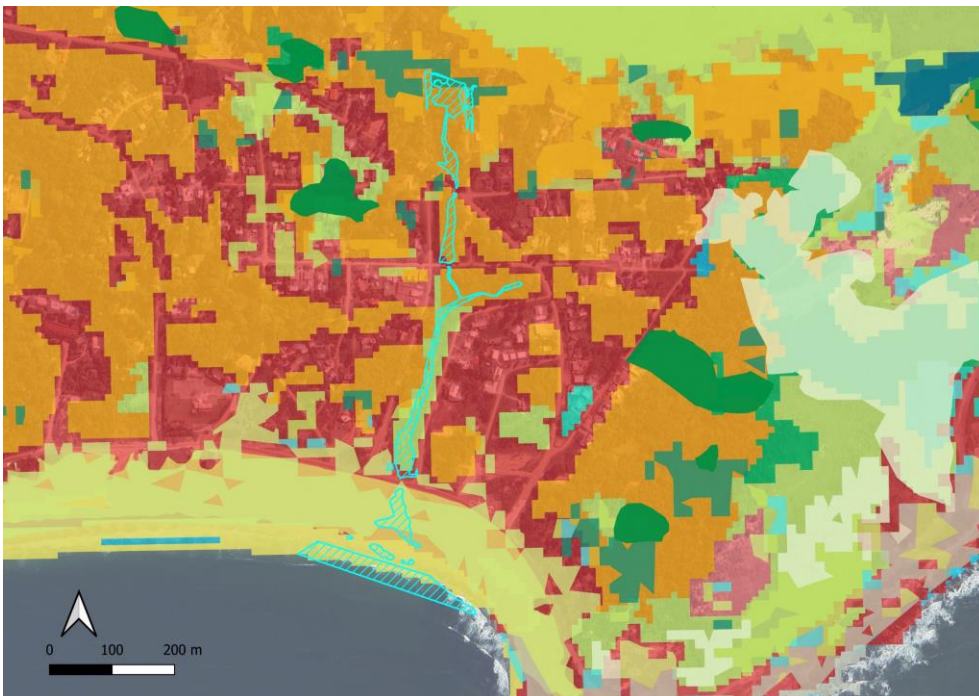
El Bosque Psamófilo ubicado entre la calle De La Gloria y el Camino Vecinal presenta una Capacidad Adaptativa Regular debido a que gran parte de sus límites se encuentra en contacto con suelo urbano y con Cultivo Forestal. Se sugiere la restauración de los ecosistemas naturales en las zonas donde se ubica el cultivo forestal, y en aquellos predios de la trama urbana aún no construidos, o en el área del suelo no impermeabilizado de los padrones construidos. El Pastizal Indefinido evaluado cuenta con una Mala Capacidad Adaptativa, y su superficie expuesta a la inundación aumenta en el escenario futuro con respecto al escenario presente (cambiando de categoría **NO** a categoría **SI**). Se sugiere contrastar en territorio las características específicas de este Pastizal, con el fin de conservarlo y/o restaurarlo, así como a sus ecosistemas vecinos.

CUENCA DE LA CAÑADA LA NEGRA (MA-PCO 004)



Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial



Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial

Figura 10: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca de la Cañada La Negra de Punta Negra. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

De los ecosistemas evaluados en esta cuenca, el Pastizal Indefinido presenta una Vulnerabilidad Alta, debido a que se encuentra Expuesto a la inundación y a que presenta una Mala Capacidad Adaptativa, como consecuencia de que sus límites se encuentren en contacto principalmente con la trama urbana y con Cultivos Forestales. Se sugiere la restauración de los ecosistemas naturales en las zonas donde se ubica el cultivo forestal, y en aquellos predios de la trama urbana aún no construidos, o en el área del suelo no impermeabilizado de los padrones construidos.

12.VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LOS CURSOS DE AGUA MODELADOS EN LA PALOMA Y RECOMENDACIONES PARA CADA CUENCA.

Se presenta el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas asociados a los cinco cursos de agua seleccionados para modelar en La Paloma por parte de la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua*. Los cursos de agua seleccionados para modelar en La Paloma fueron: Cañada Las Ranas (RO-LPA_002), curso de agua asociado a la descarga RO-LAG_001, curso de agua asociado a la descarga RO-LAG_005, curso de agua asociado a la descarga RO-ARA_001, y curso de agua asociado a la descarga RO-ARA_003 (referencias en Figura 17).

Para esta escala se analizaron las dimensiones Exposición y Capacidad Adaptativa, presentadas previamente, tanto para el escenario actual como para el escenario futuro (año 2100, RCP=8.5).

Tabla 4: Vulnerabilidad de los ecosistemas asociados a los cursos de agua modelados en La Paloma, para el escenario actual (*Presente*) y para el escenario futuro (*Futuro*) (2100, RCP=8.5). Para ambos escenarios se presenta el resultado del análisis de la exposición a la inundación fluvial (*Inundación*) y la valoración numérica asociada a la exposición por inundación (*V.I.*); el resultado del análisis de la capacidad adaptativa (*C.A.*) y la valoración numérica asociada a la capacidad adaptativa (*V. C.A.*); y el resultado de la vulnerabilidad ecosistémica total (*V. Total Presente*; *V. Total Futuro*) que contempla ambas dimensiones. Se presentan los resultados de cada uno de los ecosistemas que solapan parte de su superficie con la mancha de inundación en cada uno de los cursos de agua modelados. Se marcan con un asterisco (*) aquellos ecosistemas para los cuales la vulnerabilidad ecológica empeora en el escenario futuro con respecto al escenario presente. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 3, en amarillo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 1 o a 2, y en verde aquellos para los cuales la vulnerabilidad es 0.

		Presente					Futuro				
		Inundación	V. I.	C. A.	V. C.A.	V. Total Presente	Inundación	V. I.	C. A.	V. C.A.	V. Total Futuro
Cuenca de cañada Las Ranas	Cultivo forestal	No	0	Mala	2	2	No	0	Mala	2	2
	Bosque psamófilo	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Pastizal indefinido	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
Cuenca RO-LAG_001	Cultivo forestal al sur de la Ruta 15	No	0	Regular	1	1	No	0	Regular	1	1
	Cultivo forestal al norte de la Ruta 15	No	0	Regular	1	1	No	0	Regular	1	1
	Pastizal indefinido al sur de la Ruta 15 *	No	0	Mala	2	2	Sí	1	Mala	2	3
	Pastizal indefinido al norte de la Ruta 15	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
Cuenca RO-LAG_005	Bosque psamófilo	No	0	Bueno	0	0	No	0	Bueno	0	0
	Pastizal indefinido	No	0	Regular	1	1	No	0	Regular	1	1
	Cultivo forestal	Sí	1	Regular	1	2	Sí	1	Regular	1	2
Cuenca RO-ARA_001	Bosque psamófilo	No	0	Regular	1	1	No	0	Regular	1	1
	Cultivo forestal	No	0	Bueno	0	0	No	0	Bueno	0	0

Cuenca RO- ARA_003	Bosque nativo entre calles Sirí y Lumaquelas	No	0	Mala	2	2	No	0	Mala	2	2
	Bosque nativo entre calles Sirí y Del Palmar	Sí	1	Regular	1	2	Sí	1	Regular	1	2
	Bosque nativo al norte de la calle Del Palmar	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Cultivo forestal al sur de la calle Lumaquelas	Sí	1	Mala	2	3	Sí	1	Mala	2	3
	Cultivo forestal entre calles Sirí y Del Palmar	Sí	1	Regular	1	2	Sí	1	Regular	1	2
	Cultivo forestal al norte de la calle Del Palmar	No	0	Regular	1	1	No	0	Regular	1	1

La vulnerabilidad ecosistémica en esta escala puede tomar los valores 0 (Baja Vulnerabilidad), 1 (Vulnerabilidad Media), 2 (Vulnerabilidad Media) o 3 (Vulnerabilidad Alta). La mayoría de los ecosistemas que se ven afectados por la mancha de inundación de los cursos de agua presentan una vulnerabilidad ecosistémica Media (valoración 1 o 2) en relación a los eventos de inundación.

A continuación, se presentan los mapas de cada una de las cuencas, donde se pueden visualizar los ecosistemas presentes en la misma y las manchas de inundación (en escenario presente y escenario futuro) modeladas para sus cursos de agua.

CUENCA DE LA CAÑADA LAS RANAS (RO-LPA 002)

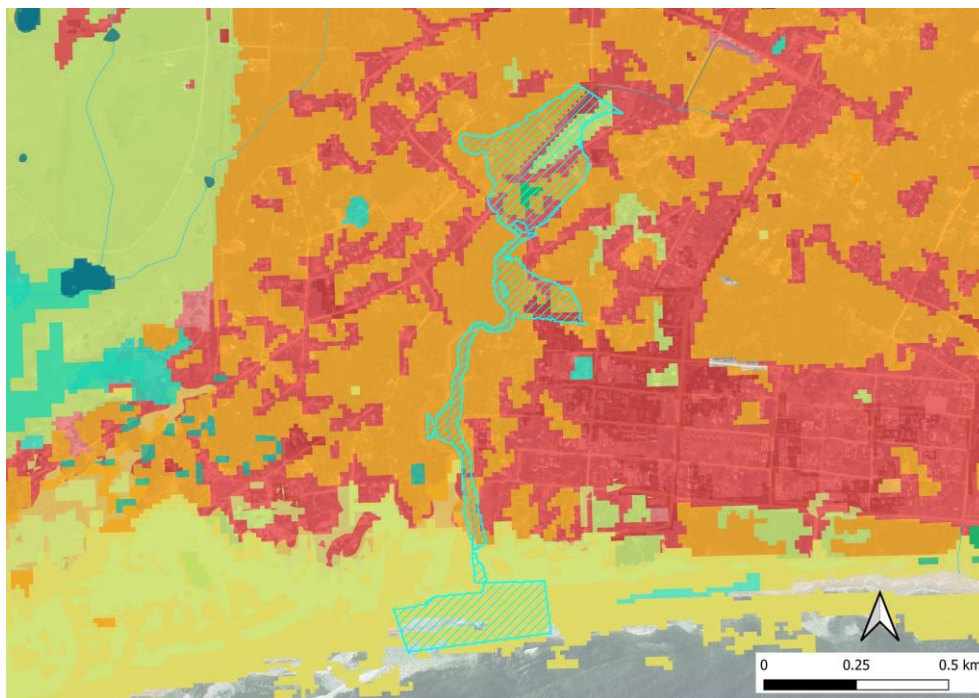
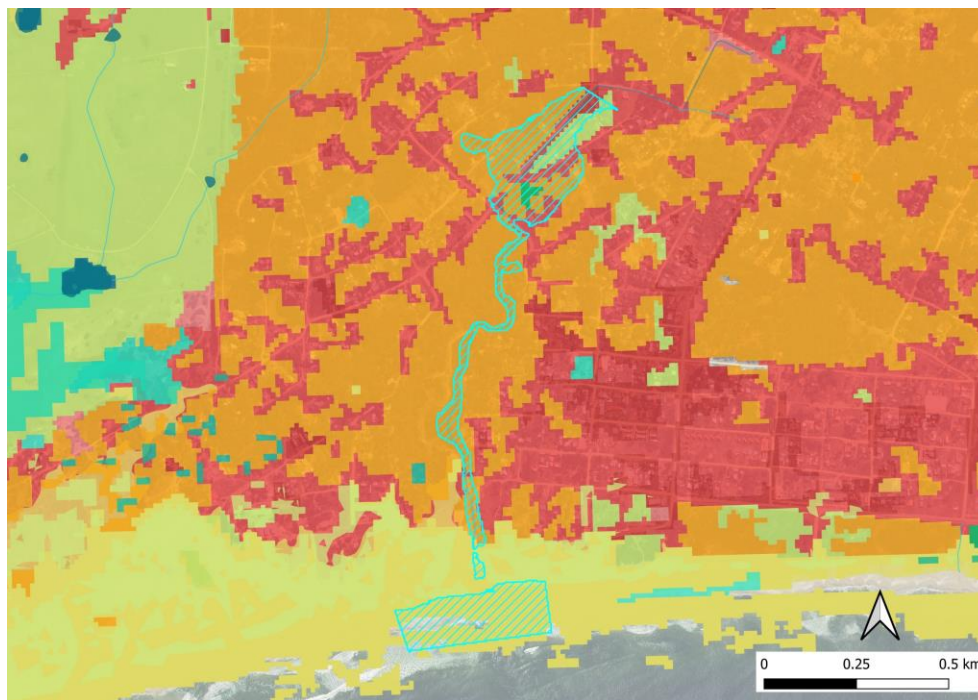


Figura 16: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca de la Cañada Las Ranas. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

Tanto el Bosque psamófilo como el Pastizal Indefinido en esta cuenca presentan una Vulnerabilidad Alta, por estar expuestos casi por completo a la inundación, y por estar rodeados completamente por suelo urbano y/o Cultivo Forestal. Las grandes zonas representadas como Cultivo Forestal en esta zona se encuentran compuestas por diversas especies exóticas, incluyendo Pinos y Acacias. Este tipo de ecosistema es el predominante en esta cuenca, y se sugiere trabajar en estas superficies buscando la restauración del ecosistema natural. Además, el suelo urbano presente en la cuenca aún no se encuentra construido en muchos casos, y en otros existen aún superficies considerables sin impermeabilizar, que podrían ser utilizadas para la restauración ecosistémica, que permita mejorar la capacidad adaptativa de los ecosistemas vulnerables a las inundaciones.

CUENCA DEL CURSO DE AGUA ASOCIADO A LA DESCARGA RO-LAG 001

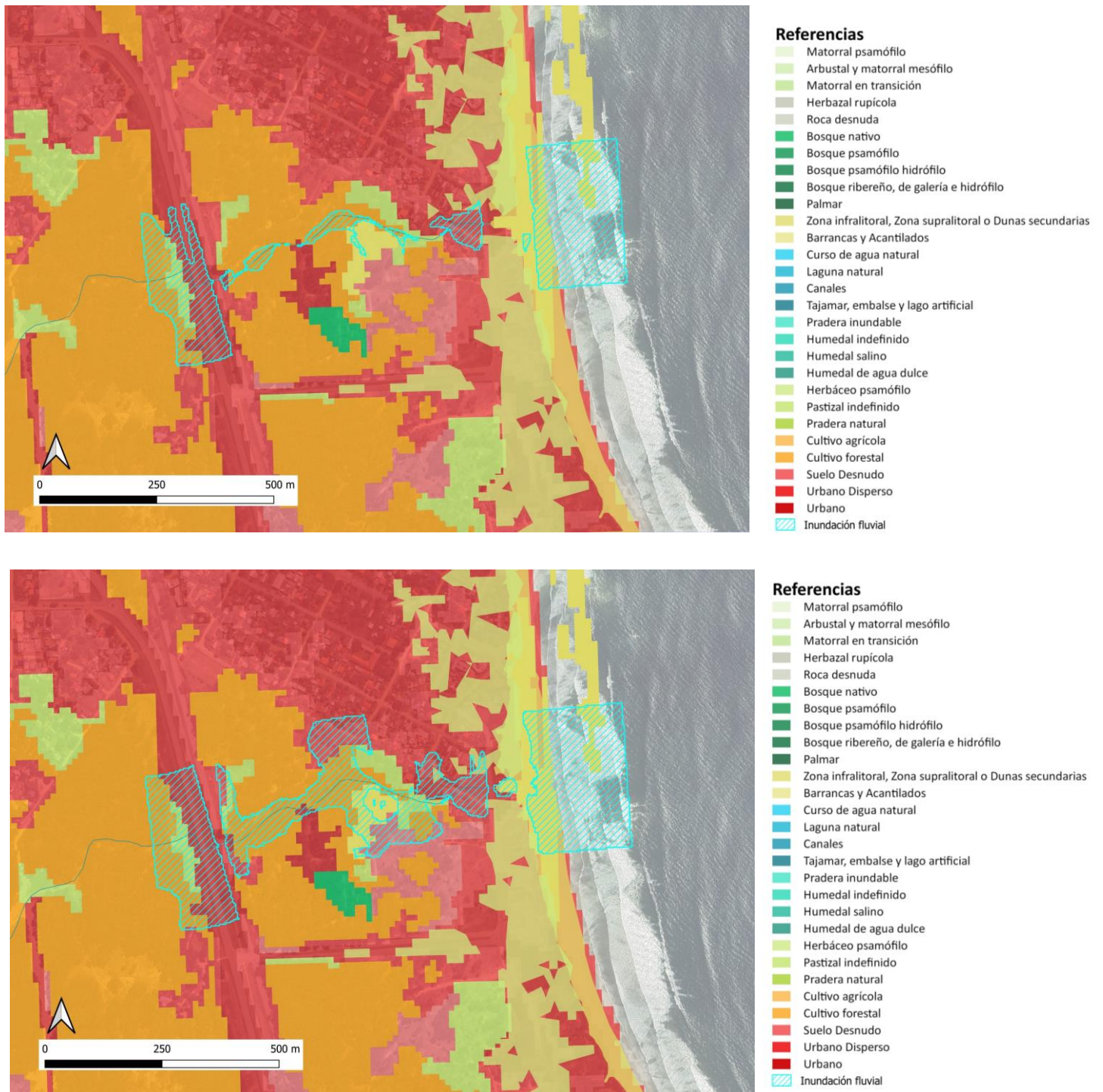


Figura 12: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca de la cañada asociada a la descarga RO_LAG-001. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

En esta cuenca la superficie de la mancha de inundación aumenta de forma considerable en el escenario futuro en comparación con el escenario presente. Esto tiene como consecuencia que el Pastizal Indefinido ubicado al sur de la Ruta 15 aumente su Vulnerabilidad en el escenario futuro, pasando de Media a Alta. Este ecosistema presenta una Mala Capacidad Adaptativa, al igual que el ubicado al norte de la Ruta 15, debido a que todos sus límites se encuentran en contacto con Cultivo Forestal o con Suelo Urbano. Se sugiere contrastar en territorio las características específicas de este Pastizal, con el fin de conservarlo y/o restaurarlo, así como a sus ecosistemas vecinos.

CUENCA DEL CURSO DE AGUA ASOCIADO A LA DESCARGA RO-LAG 005

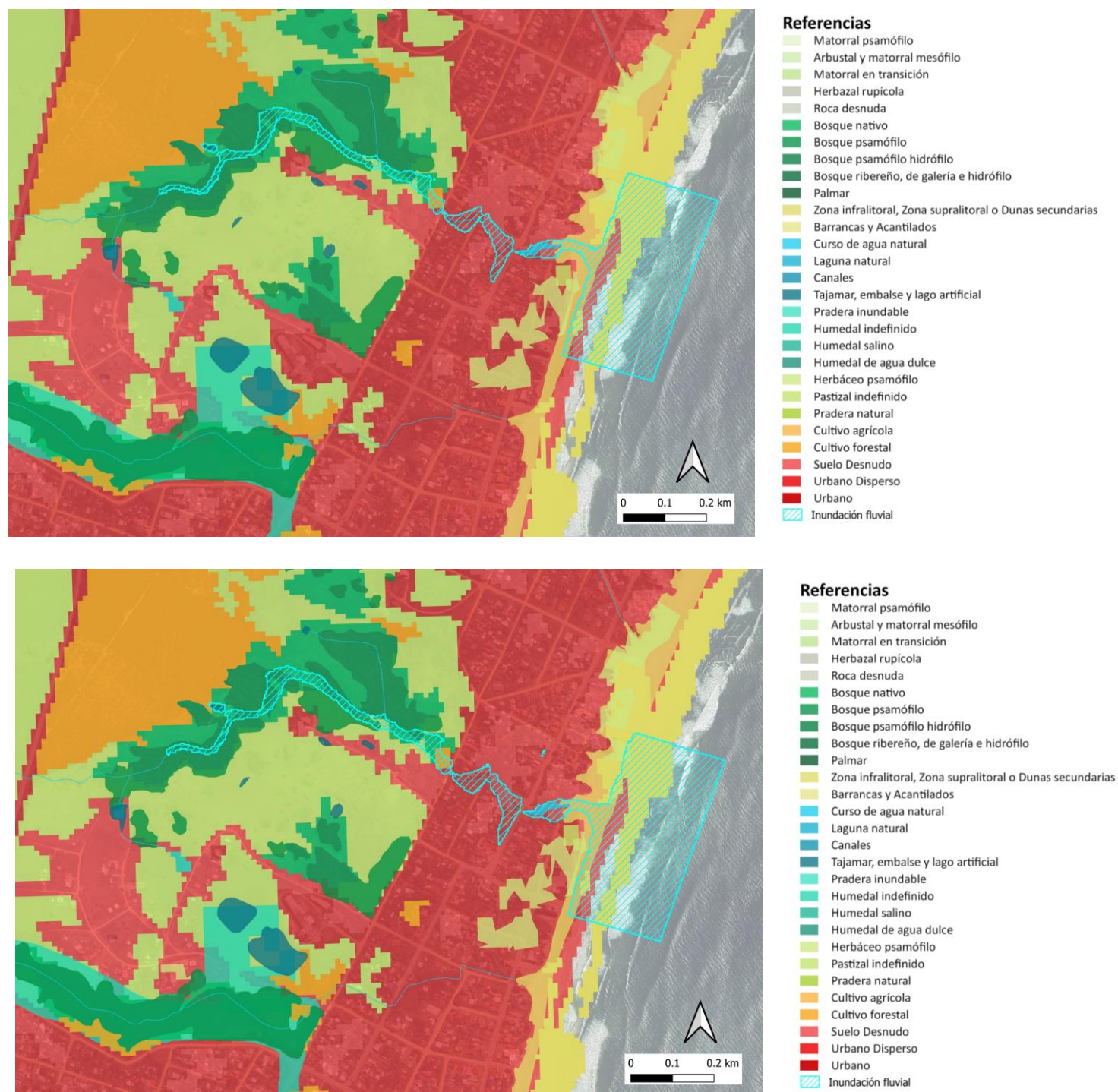


Figura 13: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca de la cañada asociada a la descarga RO_LAG-005. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

La gran superficie de Bosque Nativo identificado en esta cuenca, cuenta con una Vulnerabilidad Baja con respecto a los eventos de inundación, debido a que la mancha de inundación no alcanza a cubrir el 30% de la superficie del ecosistema, y a que la mayor parte de sus límites se encuentran en contacto con Pastizales Indefinidos. Resulta relevante contrastar en territorio las características específicas de este Pastizal, con el fin de conservarlo y/o restaurarlo, así como a sus ecosistemas vecinos.

CUENCA DEL CURSO DE AGUA ASOCIADO A LA DESCARGA RO-ARA 001

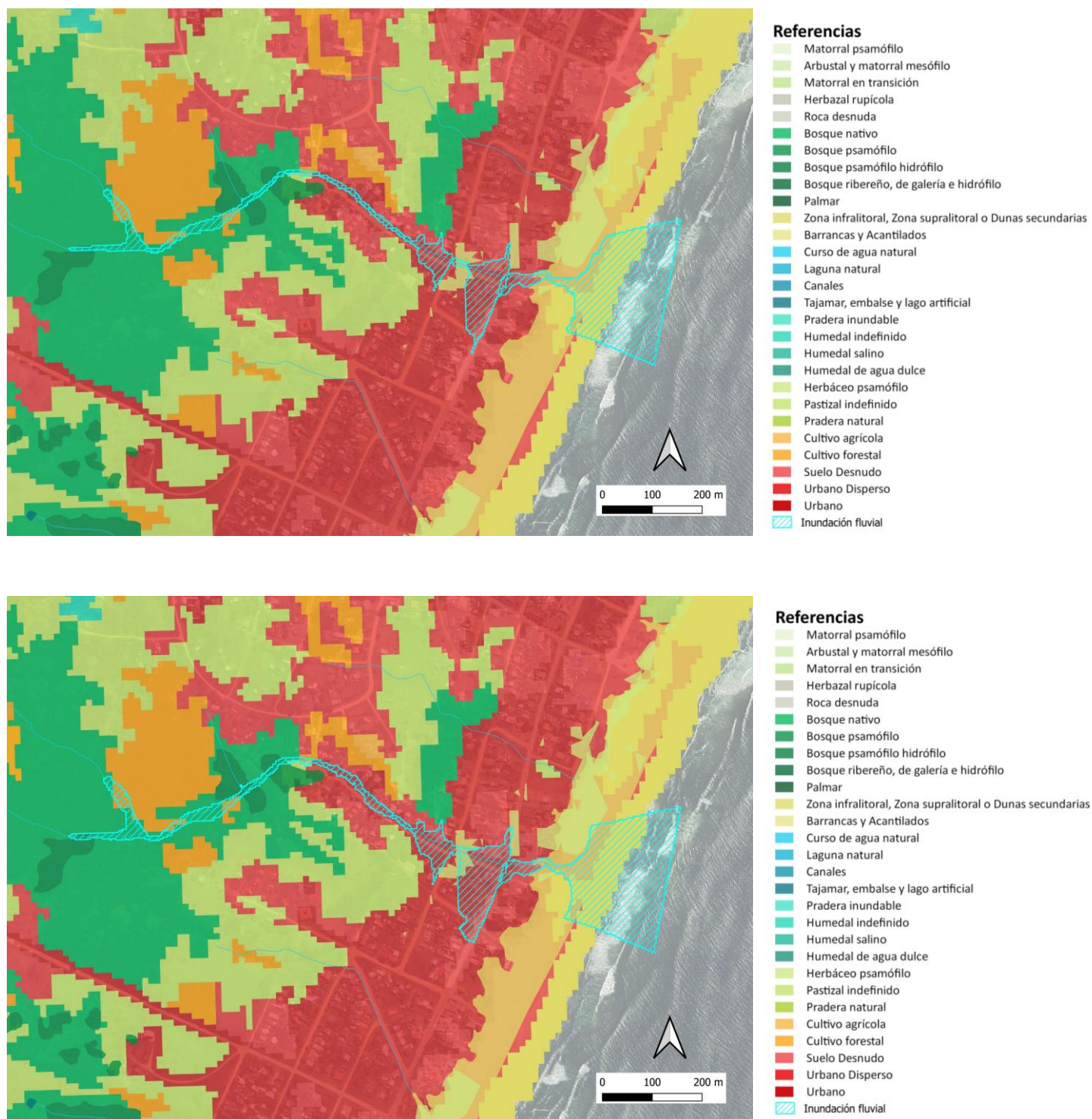


Figura 14: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca de la cañada asociada a la descarga RO_ARA-001. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

La mancha de inundación del curso de agua no llega a abarcar más del 30% de la superficie de los ecosistemas con los que se solapa, por lo que ninguno de estos (Bosque Psamófilo y Cultivo Forestal) se consideran expuestos. Sin embargo, en el caso del Bosque Psamófilo, la Capacidad Adaptativa se considera Regular, debido a que más del 40% de su perímetro se encuentra en contacto con Cultivos Forestales y/o suelo urbano. Se sugiere la restauración de los ecosistemas naturales en las zonas donde se ubica el cultivo forestal, y en aquellos predios de la trama urbana aún no construidos, o en el área del suelo no impermeabilizado de los padrones construidos.

CUENCA DEL CURSO DE AGUA ASOCIADO A LA DESCARGA RO-ARA 003

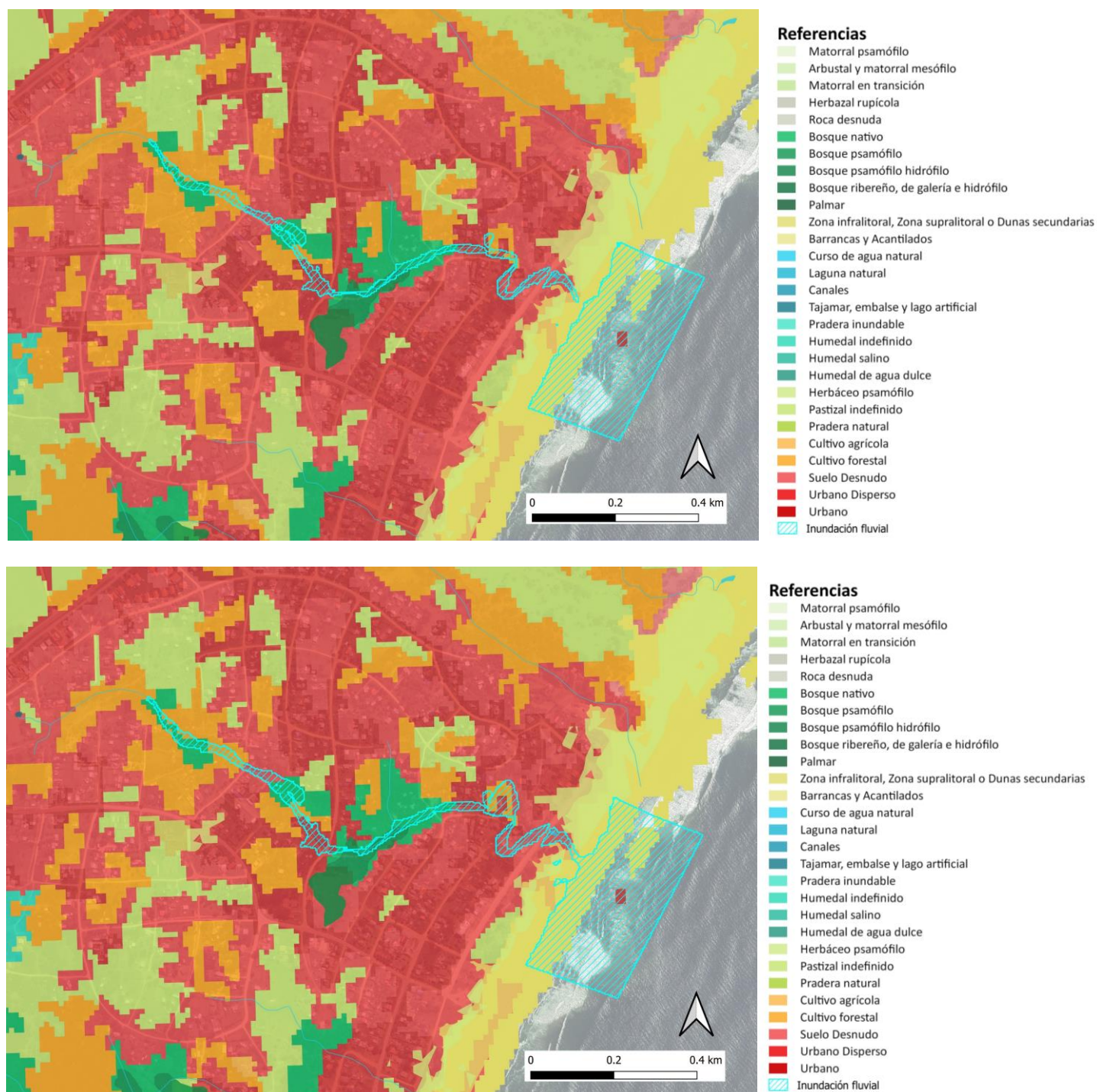


Figura 15: Mancha de inundación fluvial modelada por la Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua, en la Cuenca de la cañada asociada a la descarga RO_ARA-003. Arriba: Escenario actual TR100. Abajo: Escenario futuro TR100.

Los parches de Bosque nativo en esta cuenca presentan una Capacidad Adaptativa Mala (parche ubicado entre calles Sirí y Lumaquelas, y parche ubicado al norte de la calle Del Palmar) y Regular (parche ubicado entre calles Sirí y Del Palmar), debido a que se encuentran en contacto principalmente con Cultivos Forestales y con suelo urbano. Se sugiere la restauración de los ecosistemas naturales en las zonas donde se ubica el cultivo forestal, y en aquellos predios de la trama urbana aún no construidos, o en el área del suelo no impermeabilizado de los padrones construidos. En el caso del parche de Bosque nativo ubicado al norte de la calle Del Palmar, el mismo se encuentra también expuesto a las inundaciones en más del 30% de su superficie, resultando esencial que en esa zona se trabaje en mejorar la Capacidad Adaptativa del ecosistema, ampliando su superficie en las zonas circundantes abarcadas por Cultivo Forestal.

13. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS ZONAS DE DESCARGA PIRIÁPOLIS:

Se presenta el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga (definidas anteriormente) de Piriápolis (referencias en Figura 16).

Para esta escala se analizaron las dimensiones Exposición, Sensibilidad y Capacidad Adaptativa, presentadas previamente, tanto para el escenario actual como para el escenario futuro (año 2100, RCP=8.5).

Para analizar la Sensibilidad, se analizó la integridad ecológica de los ecosistemas trabajados, así como los agravantes identificados en cada sitio.

EXPOSICIÓN

Se analizó la exposición de los ecosistemas a las inundaciones marinas en todas las descargas, a la erosión costera en todas las descargas, y a la inundación fluvial en aquellas descargas para las cuales se realizaron modelos de inundación en el marco de la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua* (ISTEC).

La gran mayoría de los ecosistemas en las descargas presenta una Exposición Alta tanto para el escenario presente como para el escenario futuro. En dos de las descargas esta exposición aumenta (MA-BSO_001 y MA-PCO_001) en el escenario futuro con respecto al escenario presente, debido a que aumenta la superficie ocupada por la inundación marina. Todos los ecosistemas en las descargas se encuentran expuestos (ya sea de forma alta o media) a la inundación por marea y a la erosión costera, y para

los casos en los que existen modelos de inundación fluvial, la exposición a estos eventos también fue Media o Alta.

Tabla 5: Exposición por lluvia, por marea y por erosión costera de los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga de Piriápolis, para un escenario Actual (TR100, RCP=8.5) y para un escenario Futuro (TR100, año 2100, RCP=8.5). Las referencias de la Identificación de cada descarga pueden verse en la Figura 16. Se marcan con un asterisco (*) aquellos ecosistemas para los cuales la vulnerabilidad ecológica empeora en el escenario futuro con respecto al escenario presente. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 3, en amarillo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 1 o a 2, y en verde aquellos para los cuales la vulnerabilidad es 0.

ID Descarga	Actual				Futuro			
	Exposición por lluvia	Exposición por marea	Erosión costera	Valoración total de la exposición presente	Exposición por lluvia	Exposición por marea	Erosión costera	Valoración total de la exposición presente
MA-BPO_001	-	Media	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BSO_001*	-	Media	Media	1	-	Alta	Media	2
MA-BSO_002	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BSO_003	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BVI_001	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BVI_002	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BVI_003	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BVI_004	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BVI_005	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BVI_006	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-BVI_007	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-OP_001	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PCO_001*	-	Media	Media	1	-	Alta	Media	2
MA-PCO_002	-	Media	Media	1	-	Media	Media	1
MA-PCO_003	-	Media	Alta	2	-	Media	Alta	2
MA-PCO_004	Media	Media	Alta	2	Media	Media	Alta	2
MA-PCO_005	-	Alta	Media	2	-	Alta	Media	2
MA-PCO_006	-	Alta	Media	2	-	Alta	Media	2
MA-PCO_007	-	Media	Media	1	-	Media	Media	1
MA-PGR_001	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PHE_001	-	Media	Alta	2	-	Alta	Alta	2

MA-PHE_002	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PIR_001	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PIR_002	Alta	Alta	Alta	2	Alta	Alta	Alta	2
MA-PIR_003	Alta	Alta	Alta	2	Alta	Alta	Alta	2
MA-PIR_004	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PIR_005	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PIR_006	-	Media	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PIR_007	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PIR_008	Alta	Alta	Alta	2	Alta	Alta	Alta	2
MA-PNE_002	-	Alta	Media	2	-	Alta	Media	2
MA-PNE_003	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PNE_004	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PNE_005	-	Media	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PVE_001	Media	Alta	Alta	2	Media	Alta	Alta	2
MA-PVE_003	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-PVE_004	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-RUR_001	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-RUR_002	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-RUR_003	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-SPO_001	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
MA-SPO_002	-	Media	Alta	2	-	Media	Alta	2
MA-SPO_003	-	Media	Alta	2	-	Alta	Alta	2

INTEGRIDAD ECOLÓGICA

Se analizó la integridad ecológica de los ecosistemas ubicados en las zonas de descarga siguiendo la metodología planteada más arriba.

Los resultados sobre la Integridad Ecológica en cada descarga se pueden visualizar en la Figura 16. Se identifica una predominancia de ecosistemas con Mala integridad ecológica en aquellas zonas de descarga ubicadas al Oeste de Piriápolis y una predominancia de ecosistemas con Buena integridad ecológica en aquellas zonas de descarga ubicadas al Este de Piriápolis (empezando por Punta Colorada). Las zonas de descarga ubicadas al Oeste de Piriápolis, presentan una peor valoración en el estado del

cordón dunar, careciendo en la mayoría de los casos de un cordón dunar litoral y/o secundario. Además, la presencia de arena seca en estas zonas está calificada en general con valores negativos (Regular o Pobre), al contrario de lo que sucede en las zonas de descarga ubicadas al Este de Piriápolis. Esta diferencia puede deberse al estado de urbanización que existe en una y otra zona, siendo considerablemente más avanzado en la zona Oeste que en la zona Este. Vale la pena tener en cuenta estas diferencias y sus consecuencias en la Integridad Ecológica de los ecosistemas costeros al considerar las normativas y el ordenamiento territorial que se pretenda plantear en aquellos balnearios que si bien aún no están tan urbanizados, se encuentran en un proceso de desarrollo urbanístico creciente y acelerado.

Tabla 6: Integridad ecológica de los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga de Piriápolis. Las referencias de la Identificación de cada descarga pueden verse en la Figura 16. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya valoración de la Integridad Ecológica fue “Mala”, con amarillo aquellos cuya valoración fue “Regular”, y con verde aquellos cuya valoración fue “Buena”.

Código de la descarga	Estado del cordón dunar	Presencia de arena seca en la playa alta	Presencia de humedales interdunares como sucesión del cordón dunar litoral	Presencia de humedales asociados a la descarga	Vegetación psamófila sobre el cordón dunar secundario	Presencia de vegetación herbácea nativa sobre el cordón dunar litoral	Presencia de vegetación exótica sobre el cordón dunar litoral	Total	Valoración
MA-BPO_001	1	2	0	1	1	2	1	8	Buena
MA-BSO_001	-5	-1	0	1	-2	0	0	-7	Mala
MA-BSO_002	-5	-2	0	1	-2	0	0	-8	Mala
MA-BSO_003	-5	-1	0	1	-2	0	0	-7	Mala
MA-BVI_001	1	2	0	1	-2	2	-2	2	Regular
MA-BVI_002	-5	-2	0	1	-2	0	0	-8	Mala
MA-BVI_003	-5	1	0	1	-2	0	0	-5	Mala
MA-BVI_004	-5	-2	1	1	-2	0	0	-7	Mala

MA-BVI_005	-5	-2	0	1	-2	0	0	-8	Mala
MA-BVI_006	-5	-2	0	1	-2	0	0	-8	Mala
MA-BVI_007	1	2	0	1	-2	1	-2	1	Regular
MA-OP_001	2	2	1	1	-2	2	-1	5	Buena
MA-PCO_001	1	2	0	1	-2	-1	-2	-1	Regular
MA-PCO_002	1	2	0	1	-2	2	1	5	Buena
MA-PCO_003	1	2	0	1	-2	2	-2	2	Regular
MA-PCO_004	1	2	0	1	-2	2	-2	2	Regular
MA-PCO_005	-5	1	0	1	1	0	0	-2	Regular
MA-PCO_006	-5	1	0	1	-1	0	0	-4	Mala
MA-PCO_007	1	2	0	1	-1	-1	-2	0	Regular
MA-PGR_001	-5	-1	1	1	-1	0	0	-5	Mala
MA-PHE_001	2	2	0	1	-2	2	-2	3	Regular
MA-PHE_002	2	2	0	1	-2	2	-2	3	Regular
MA-PIR_001	-7	1	0	1	0	0	0	-5	Mala
MA-PIR_002	-7	-2	0	-1	0	0	0	-10	Mala
MA-PIR_003	-7	-2	0	-1	0	0	0	-10	Mala
MA-PIR_004	-7	-1	0	-1	0	0	0	-9	Mala
MA-PIR_005	-7	-1	0	-1	0	0	0	-9	Mala
MA-PIR_006	1	1	0	1	1	1	-1	4	Buena
MA-PIR_007	1	2	1	1	-2	1	-1	3	Regular
MA-PIR_008	1	2	0	1	-1	2	-1	4	Buena
MA-PNE_002	1	2	1	1	1	2	-1	7	Buena
MA-PNE_003	1	2	0	1	1	2	-1	6	Buena
MA-PNE_004	1	2	0	1	1	1	-1	5	Buena
MA-PNE_005	1	2	1	1	1	2	-1	7	Buena
MA-PVE_001	2	2	0	1	-2	2	-2	3	Regular
MA-PVE_003	2	2	0	1	-2	1	-3	1	Regular
MA-PVE_004	2	2	0	1	-2	2	-2	3	Regular
MA-RUR_001	1	2	0	1	1	2	1	8	Buena
MA-RUR_002	1	2	0	1	-1	2	-1	4	Buena
MA-RUR_003	1	2	0	1	-2	2	-1	3	Regular
MA-SPO_001	2	2	0	1	-2	2	-1	4	Buena
MA-SPO_002	2	2	0	1	-2	2	-1	4	Buena
MA-SPO_003	1	2	0	1	-1	-1	-3	-1	Regular

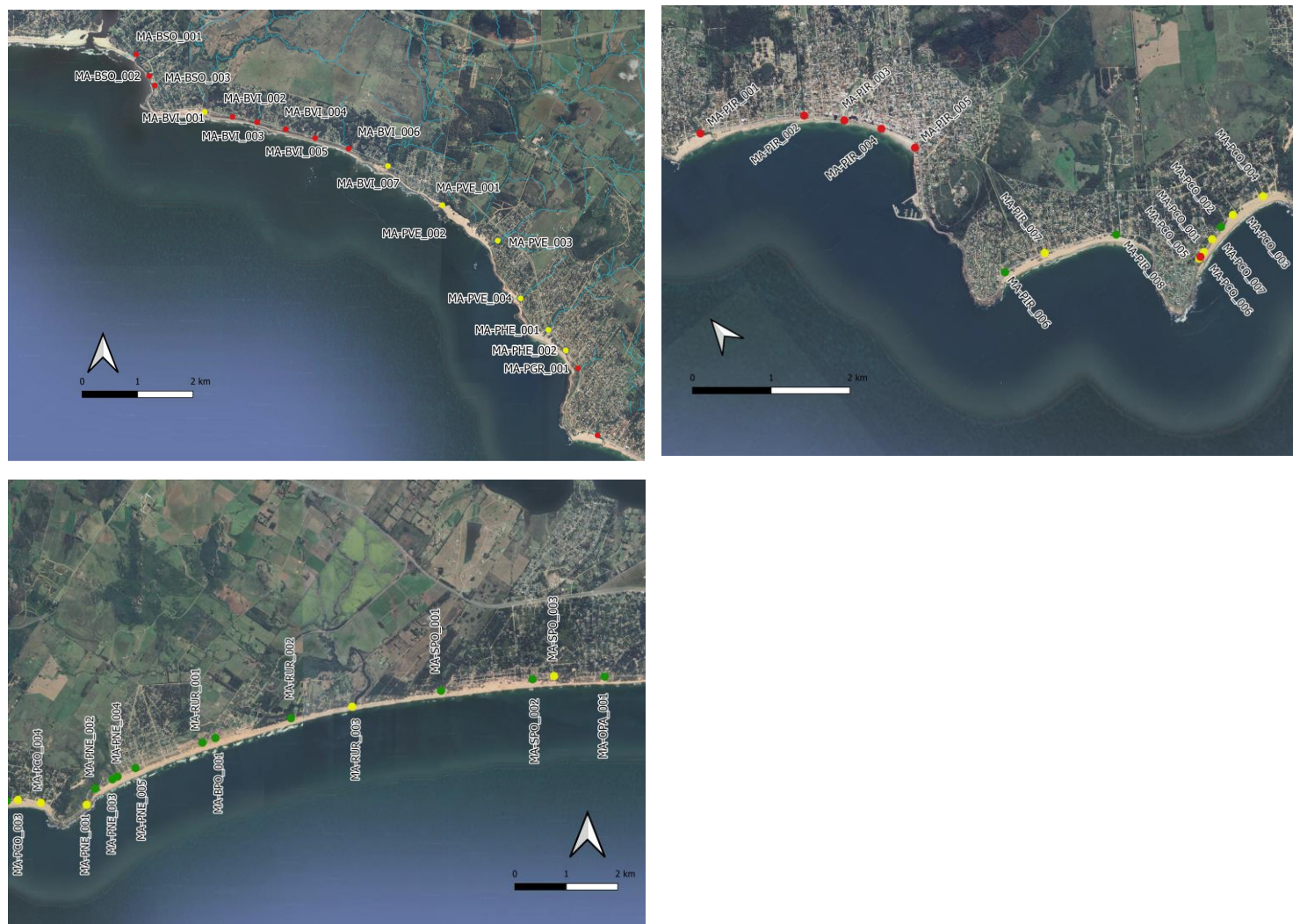


Figura 16: Integridad ecológica de los ecosistemas presentes en las zonas de descarga de Piriápolis. Se representan en rojo aquellos sitios para los cuales la integridad ecológica fue “Mala”, en amarillo aquellos sitios para los cuales la integridad ecológica fue “Regular”, y en verde para los cuales la integridad ecológica fue “Buena”.

VULNERABILIDAD

Se presenta el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas presentes en las zonas de descarga pluvial a la playa, teniendo en cuenta la Exposición, la

Sensibilidad (integrada por la Integridad Ecológica y los Agravantes) y la Capacidad Adaptativa, según la metodología presentada previamente.

La Capacidad Adaptativa fue Mala (valor: 2) para todas las descargas evaluadas. Esto se debe a que los límites de los ecosistemas de la zona de descarga se encuentran siempre delimitados por la presencia de suelo urbano (ya sea por corte con la Rambla o no).

La Vulnerabilidad Ecosistémica en las zonas de descarga de Piriápolis presentó valores entre 4 y 6. Para la mayoría de las zonas de descarga la Vulnerabilidad Ecosistémica es Alta (de valor 6) tanto para el escenario actual como para el escenario futuro. En dos de los sitios (MA-BSO_001 y MA-PCO_001), la Vulnerabilidad aumenta en el escenario futuro, en ambos casos debido a un aumento en la superficie expuesta.

Resulta importante remarcar que, si bien todas las zonas se encuentran expuestas, la Vulnerabilidad de las mismas aumenta al no tener Capacidad Adaptativa. Los ecosistemas costeros de las zonas evaluadas se encuentran altamente comprometidos, teniendo en cuenta el estado actual de los mismos y la reducción de la superficie disponible que se ha dejado para su desarrollo, así como los inminentes eventos de inundación y de erosión que se pronostican. Es esencial trabajar en la protección de estos ecosistemas, tanto en el fortalecimiento de su integridad ecológica, como en la mitigación de sus agravantes, y, particularmente, en el aumento de su Capacidad Adaptativa. Para esto, será clave la disponibilidad de superficie en estado natural hacia continente que permita los movimientos naturales de estos ecosistemas, evitando por completo la construcción o ensanchamiento de ramblas a menos de 250 metros de la línea de costa, o hasta el límite del área definida para la Faja de Defensa de Costas según la presencia de

componentes vulnerables (art. 6º de la Ley 19772) cuando estos abarquen superficies mayores a los 250 metros, y considerar incluso la relocalización de las que ya existen; y lo mismo para los estacionamientos. Además, es de suma importancia fortalecer la integridad ecológica de los ecosistemas, evitando por completo la plantación de especies exóticas invasoras, principalmente *Carpobrotus edulis*, y buscando una restauración de la vegetación nativa. Se sugiere la realización de acciones de restauración dunar en aquellas zonas de descarga que presentan bajos valores de integridad ecológica. Sin embargo, estas acciones de restauración deben ser complementarias y no alternativas de las acciones mencionadas previamente, para que el efecto de las mismas sea efectivo y duradero.

Por último, se remarca la importancia de evitar todo tipo de construcciones antrópicas sobre la Faja de Defensa de Costas.

Tabla 7: Vulnerabilidad de los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga de Piriápolis. Las referencias de la Identificación de cada descarga pueden verse en la Figura 16. Se presenta el valor asociado al análisis de la Integridad ecosistémica (Tabla 4), el valor asociado a la presencia de Agravantes y un valor total para la Sensibilidad (V. Sensibilidad) calculado a partir de los otros dos. Además, se presentan la valoración de la Exposición (Tabla 5) y de la Capacidad Adaptativa para el escenario actual (*Presente*) y para el escenario futuro (*Futuro*) (2100, RCP=8.5), así como una valoración de la Vulnerabilidad Ecosistémica Total (V. Total) de cada zona de descarga, calculada a partir de los valores de Sensibilidad, Exposición y Capacidad Adaptativa. Se marcan con un asterisco (*) aquellos ecosistemas para los cuales la vulnerabilidad ecológica empeora en el escenario futuro con respecto al escenario presente. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya valoración de la Integridad Ecológica fue “Mala”, con amarillo aquellos cuya valoración fue “Regular”, y con verde aquellos cuya valoración fue “Buena”.

ID Descarga	Integridad ecosistémica	Agravantes	V. Sensibilidad	Actual			Futuro		
				Valoración total de la exposición presente	Capacidad Adaptativa Presente	V. Total	Valoración total de la exposición futura	Capacidad Adaptativa futura	V. Total
MA-BPO_001	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-BSO_001*	2	2	2	1	2	5	2	2	6
MA-BSO_002	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-BSO_003	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-BVI_001	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-BVI_002	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-BVI_003	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-BVI_004	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-BVI_005	2	1	2	2	2	6	2	2	6
MA-BVI_006	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-BVI_007	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-OP_001	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-PCO_001*	1	2	2	1	2	5	2	2	6
MA-PCO_002	0	2	2	1	2	5	1	2	5
MA-PCO_003	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PCO_004	1	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-PCO_005	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PCO_006	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PCO_007	1	1	1	1	2	4	1	2	4
MA-PGR_001	2	2	2	2	2	6	2	2	6

MA-PHE_001	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PHE_002	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PIR_001	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PIR_002	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PIR_003	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PIR_004	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PIR_005	2	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PIR_006	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-PIR_007	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PIR_008	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-PNE_002	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-PNE_003	0	0	0	2	2	4	2	2	4
MA-PNE_004	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-PNE_005	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-PVE_001	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PVE_003	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-PVE_004	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-RUR_001	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-RUR_002	0	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-RUR_003	1	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-SPO_001	0	2	2	2	2	6	2	2	6
MA-SPO_002	0	1	1	2	2	5	2	2	5
MA-SPO_003	1	2	2	2	2	6	2	2	6

14. VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS ZONAS DE DESCARGA LA PALOMA:

Se presenta el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga (definidas anteriormente) de La Paloma (referencias en Figura 17).

Para esta escala se analizaron las dimensiones Exposición, Sensibilidad y Capacidad Adaptativa, presentadas previamente, tanto para el escenario actual como para el escenario futuro (año 2100, RCP=8.5).

Para analizar la Sensibilidad, se analizó la integridad ecológica de los ecosistemas trabajados, así como los agravantes identificados en cada sitio.

EXPOSICIÓN

Se analizó la exposición de los ecosistemas a las inundaciones marinas en todas las descargas, a la erosión costera en todas las descargas, y a la inundación fluvial en aquellas descargas para las cuales se realizaron modelos de inundación en el marco de la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua* (ISTEC).

Todos los ecosistemas en las descargas presentan una Exposición Alta (valor: 2) tanto para el escenario presente como para el escenario futuro. Todos los ecosistemas en las descargas se encuentran expuestos (ya sea de forma alta o media) a la inundación por marea y a la erosión costera, y para los casos en los que existen modelos de inundación fluvial, la exposición a estos eventos también fue Media o Alta.

Tabla 8: Exposición por lluvia, por marea y por erosión costera de los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga de La Paloma, para un escenario Actual (TR100, RCP=8.5) y para un escenario Futuro (TR100, año 2100, RCP=8.5). Las referencias de la Identificación de cada descarga pueden verse en la Figura 17. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 3, en amarillo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 1 o a 2, y en verde aquellos para los cuales la vulnerabilidad es 0.

ID_Descarga	Presente				Futuro			
	Exposición por lluvia	Exposición por marea	Erosión costera	Valoración total de la exposición presente	Exposición por lluvia	Exposición por marea	Erosión costera	Valoración total de la exposición presente
RO-LPA_002	Media	Media	Alta	2	Media	Media	Alta	2
RO-LPA_003	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-LPA_004	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-LPA_005	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-LPA_006	-	Alta	Media	2	-	Alta	Media	2
RO-LPA_007	-	Alta	Media	2	-	Alta	Media	2
RO-LPA_008	-	Alta	Media	2	-	Alta	Media	2
RO-LPA_009	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-LAG_001	Media	Alta	Alta	2	Media	Alta	Alta	2
RO-LAG_002	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-LAG_003	-	Alta	Media	2	-	Alta	Media	2
RO-LAG_004	-	Alta	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-LAG_005	Alta	Alta	Alta	2	Alta	Alta	Alta	2
RO-LAG_006	-	Media	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-ARA_001	Media	Alta	Alta	2	Media	Alta	Alta	2
RO-ARA_002	-	Media	Alta	2	-	Alta	Alta	2
RO-ARA_003	Media	Media	Alta	2	Media	Alta	Alta	2
RO-LPE_001	-	Media	Alta	2	-	Media	Alta	2

INTEGRIDAD ECOLÓGICA

Se analizó la integridad ecológica de los ecosistemas ubicados en las zonas de descarga siguiendo la metodología planteada más arriba.

Los resultados sobre la Integridad Ecológica en cada descarga se pueden visualizar en la Figura 17. Se identifica una predominancia de ecosistemas con Mala integridad ecológica en aquellas zonas de descarga ubicadas en la localidad de La Aguada, Los Botes y Zanja Honda, asociadas a una peor valoración en el estado del cordón dunar, careciendo en la mayoría de los casos de un cordón dunar litoral y/o secundario, y a la ausencia de arena seca en playa alta. Hacia el Este de La Aguada, así como en La Serena, la integridad ecológica pasa a presentar una valoración Media o Buena,

probablemente vinculado al menor desarrollo urbanístico presente en estos sitios. Vale la pena tener en cuenta estas diferencias y sus consecuencias en la Integridad Ecológica de los ecosistemas costeros al considerar las normativas y el ordenamiento territorial que se pretenda plantear en aquellos balnearios que, si bien aún no están tan urbanizados, se encuentran en un proceso de desarrollo urbanístico creciente y acelerado.

Tabla 9: Integridad ecológica de los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga de La Paloma. Las referencias de la Identificación de cada descarga pueden verse en la Figura 17. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya valoración de la Integridad Ecológica fue “Mala”, con amarillo aquellos cuya valoración fue “Regular”, y con verde aquellos cuya valoración fue “Buena”.

Código de la descarga	Estado del cordón dunar	Presencia de arena seca en la playa alta	Presencia de humedales interdunares como sucesión del cordón dunar litoral	Presencia de humedales asociados a la descarga	Vegetación psamófila sobre el cordón dunar secundario	Presencia de vegetación herbácea nativa sobre el cordón dunar litoral	Presencia de vegetación exótica sobre el cordón dunar litoral	Total	Categoría
RO-LPA_002	2	2	0	1	1	2	-1	7	Buena
RO-LPA_003	-5	-2	0	1	-1	0	0	-7	Mala
RO-LPA_004	-5	-2	0	1	-1	0	0	-7	Mala
RO-LPA_005	-5	-2	0	1	-1	0	0	-7	Mala
RO-LPA_006	-5	-1	0	1	-1	0	0	-6	Mala
RO-LPA_007	1	-1	0	1	-1	-1	-2	-3	Regular
RO-LPA_008	-5	2	0	1	1	0	0	-1	Regular
RO-LPA_009	-5	-1	0	1	1	0	0	-4	Mala
RO-LAG_001	1	2	0	1	1	2	-1	6	Buena
RO-LPE_001	2	2	1	1	1	2	-1	8	Buena
RO-ARA_003	1	2	0	1	1	2	-1	6	Buena
RO-ARA_002	-5	2	0	1	1	0	0	-1	Regular
RO-ARA_001	-5	2	0	1	-1	0	0	-3	Regular
RO-LAG_006	1	2	0	1	1	1	-1	5	Buena
RO-LAG_005	-5	2	0	1	-1	0	0	-3	Regular
RO-LAG_004	-7	1	0	1	0	0	0	-5	Mala
RO-LAG_003	-7	-2	0	1	0	0	0	-8	Mala
RO-LAG_002	-5	-2	0	1	0	0	0	-6	Mala



Figura 17: Integridad ecológica de los ecosistemas presentes en las zonas de descarga de La Paloma. Se representan en rojo aquellos sitios para los cuales la integridad ecológica fue “Mala”, en amarillo aquellos sitios para los cuales la integridad ecológica fue “Regular”, y en verde para los cuales la integridad ecológica fue “Buena”.

VULNERABILIDAD

Se presenta el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas presentes en las zonas de descarga pluvial a la playa, teniendo en cuenta la Exposición, la Sensibilidad (integrada por la Integridad Ecológica y los Agravantes) y la Capacidad Adaptativa, según la metodología presentada previamente.

La Capacidad Adaptativa fue Mala (valor: 2) para todas las descargas evaluadas, debido a que los límites de los ecosistemas de la zona de descarga se encuentran siempre delimitados por la presencia de suelo urbano (ya sea por corte con la Rambla o no).

La Vulnerabilidad Ecosistémica en las zonas de descarga de La Paloma presentó valores entre 4 y 5. Para la mayoría de las zonas de descarga la

Vulnerabilidad Ecosistémica es Media (de valor 6) en comparación con las de Piriápolis, tanto para el escenario actual como para el escenario futuro.

Resulta importante remarcar que, si bien todas las zonas se encuentran expuestas, la Vulnerabilidad de las mismas aumenta al no tener Capacidad Adaptativa. Muchos de los ecosistemas costeros de las zonas evaluadas se encuentran altamente comprometidos, teniendo en cuenta el estado actual de los mismos y la reducción de la superficie disponible que se ha dejado para su desarrollo, así como los inminentes eventos de inundación y de erosión que se pronostican. Es esencial trabajar en la protección de estos ecosistemas, tanto en el fortalecimiento de su integridad ecológica, como en la mitigación de sus agravantes, y, particularmente, en el aumento de su Capacidad Adaptativa. Para esto, será clave la disponibilidad de superficie en estado natural hacia continente que permita los movimientos naturales de estos ecosistemas, evitando por completo la construcción o ensanchamiento de ramblas a menos de 250 metros de la línea de costa, y considerar incluso la relocalización de las que ya existen; y lo mismo para los estacionamientos. Además, es de suma importancia fortalecer la integridad ecológica de los ecosistemas, evitando por completo la plantación de especies exóticas invasoras y buscando una restauración de la vegetación nativa. Se sugiere la realización de acciones de restauración dunar en aquellas zonas de descarga que presentan bajos valores de integridad ecológica. Sin embargo, estas acciones de restauración deben ser complementarias y no alternativas de las acciones mencionadas previamente, para que el efecto de las mismas sea efectivo y duradero.

Por último, se remarca la importancia de evitar todo tipo de construcciones antrópicas sobre la Faja de Defensa de Costas.

Tabla 10: Vulnerabilidad de los ecosistemas Cordón dunar litoral, Dunas secundarias y Estepa psamófila, ubicados en las zonas de descarga de La Paloma. Las referencias de la Identificación de cada descarga pueden verse en la Figura 17. Se presenta el valor asociado al análisis de la Integridad ecosistémica (Tabla 4), el valor asociado a la presencia de Agravantes y un valor total para la Sensibilidad (V. Sensibilidad) calculado a partir de los otros dos. Además, se presentan la valoración de la Exposición (Tabla 5) y de la Capacidad Adaptativa para el escenario actual (*Presente*) y para el escenario futuro (*Futuro*) (2100, RCP=8.5), así como una valoración de la Vulnerabilidad Ecosistémica Total (V. Total) de cada zona de descarga, calculada a partir de los valores de Sensibilidad, Exposición y Capacidad Adaptativa. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya valoración de la Integridad Ecológica fue “Mala”, con amarillo aquellos cuya valoración fue “Regular”, y con verde aquellos cuya valoración fue “Buena”.

Código de la descarga	Integridad ecosistémica	Agravantes	V. Sensibilidad	Presente			Futuro		
				Valoración total de la exposición presente	Capacidad Adaptativa Presente	V. Total	Valoración total de la exposición presente	Capacidad Adaptativa Presente	V. Total
RO-LPA_002	0	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPA_003	2	1	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPA_004	2	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPA_005	2	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPA_006	2	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPA_007	1	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPA_008	1	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPA_009	2	1	2	1	2	5	1	2	5
RO-LAG_001	0	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LPE_001	0	1	1	1	2	4	1	2	4
RO-ARA_003	0	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-ARA_002	1	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-ARA_001	1	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LAG_006	0	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LAG_005	1	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LAG_004	2	2	2	1	2	5	1	2	5
RO-LAG_003	2	1	2	1	2	5	1	2	5
RO-LAG_002	2	2	2	1	2	5	1	2	5

15.VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN PLAYA PENINO.

Se presenta el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas ubicados en Playa Penino, considerando la exposición por inundaciones fluviales, inundaciones marinas y erosión costera. En este sitio no se realizaron modelos por parte de la *Consultoría para el análisis de descarga de pluviales a playas y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones de cursos de agua*, por lo que se trabajó con modelos de inundación fluvial y marina realizados anteriormente por el consorcio CSI-DHI. Estos modelos representan la inundación fluvial para un Tiempo de Retorno de 10 años en un escenario actual y en un escenario futuro (año 2050, RCP=8.5). Sin embargo, con el fin de trabajar en la misma escala que en los otros dos sitios Piloto (Piriápolis y La Paloma), para el análisis de la exposición a inundación marina y erosión costera, se utilizaron los modelos de inundación para un Tiempo de Retorno de 100 años, en un escenario futuro al año 2050 (modelos de inundación fluvial) y al año 2100 (modelos de erosión costera).

Para esta escala se analizaron las dimensiones Exposición y Capacidad Adaptativa, presentadas previamente, tanto para el escenario actual como para el escenario futuro.

Tabla 11: Vulnerabilidad de los ecosistemas presentes en Playa Penino, para el escenario actual (*Presente*) y para el escenario futuro (*Futuro*) (TR10, año 2050, RCP=8.5 para inundación fluvial; TR100, año 2050, RCP=8.5 para inundación marina; TR100, año 2100, RCP=8.5). Para ambos escenarios se presenta el resultado del análisis de la exposición a la inundación fluvial (*E. Fl.*), a la inundación marina (*E. M.*) y a la Erosión Costera (*E.E.C.*) y la valoración numérica asociada a la dimensión Exposición (*V.E.*); el resultado del análisis de la capacidad adaptativa (*C.A.*) y la valoración numérica asociada a la capacidad adaptativa (*V.C.A.*); y el resultado de la vulnerabilidad ecosistémica total (*V. Total*) que contempla ambas dimensiones. Se presentan los resultados de cada uno de los ecosistemas que solapan parte de su superficie con la mancha de inundación fluvial o marina o de erosión costera. Se marcan con un asterisco (*) aquellos ecosistemas para los cuales la vulnerabilidad ecológica empeora en el escenario futuro con respecto al escenario presente. Para facilitar la visualización, se representan en Rojo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 3, en amarillo aquellos ecosistemas cuya vulnerabilidad es igual a 1 o a 2, y en verde aquellos para los cuales la vulnerabilidad es 0.

	Presente							Futuro						
	E. Fl.	E. M.	E. E. C.	V. E.	C.A.	V. C.A.	V. Total	E. Fl.	E. M.	E. E. C.	V. E.	C.A.	V. C.A.	V. Total
Grandes superficies de Humedales conectados a lo largo de todo el polígono	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Humedal ubicado entre Av. Tomás Penino y De Soto, al norte de la calle 12*	No	No	No	0	B	0	0	Sí	Sí	No	1	B	0	1
Humedal ubicado entre calles De Soto y Nash, al norte de la calle 12	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Humedal ubicado entre calles Nash y Franklin, al norte de la calle 12	No	Sí	No	1	R	1	2	No	Sí	No	1	M	2	3
Humedal ubicado entre calles Franklin y Lancia, al norte de la calle 14	No	Sí	No	1	M	2	3	No	Sí	No	1	M	2	3
Humedal ubicado al Este de la calle Lancia y al norte de la calle 12	No	Sí	No	1	R	1	2	Sí	Sí	No	1	R	1	2
Humedal ubicado entre calles 15 y Luis Puig, al norte de la Rambla Costanera	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Bosque psamófilo hidrófilo sobre la costa entre C.3 y De Soto	No	Sí	No	1	M	2	3	No	Sí	No	1	M	2	3
Bosque nativo entre Calle De Soto y Calle Nash	No	Sí	No	1	M	2	3	No	Sí	No	1	M	2	3
Bosque nativo costero entre calle Nash y calle Lincoln	No	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3

Bosque nativo entre calle Nash y calle Lincoln (al norte de calle 14)	No	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Bosque nativo entre calle Lancia y calle Luis Puig	No	Sí	No	1	R	1	2	Sí	Sí	No	1	R	1	2
Parches de bosque nativo entre Luis Puig y Doctor Rodolfo Sayagués Laso	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Parches de bosque nativo entre Calles Luis Puig y Flecha de Oro, al sur de la Rambla Costanera	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Parches de bosque nativo calle Doctor Rodolfo Sayagués Laso y Flecha de Oro, al norte de Av. 16	No	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Parches de pastizal indefinido entre Calle 5 y Luis Puig, al sur de la rambla Costanera	Sí	Si	No	1	M	2	3	Sí	Si	No	1	M	2	3
Parches de pastizal indefinido entre Calle 5 y Luis Puig, al norte de la rambla Costanera	Sí	Si	No	1	M	2	3	Sí	Si	No	1	M	1	3
Parches de pastizal indefinido entre Calle Luis Puig y Flecha de Oro, al sur de la Rambla Costanera	No	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Parches de pastizal indefinido entre Calle Luis Puig y Flecha de Oro, al norte de la Rambla Costanera	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Laguna natural entre calle Nash y Franklin*	No	Sí	No	1	R	1	2	No	Sí	No	1	M	2	3
Laguna natural aledaña a la calle Luis Puig	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Laguna natural al sur de Avenida 16	No	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3
Cultivo forestal entre calle Nash y Franklin	No	Sí	No	1	M	2	3	No	Sí	No	1	M	2	3
Cultivo forestal entre calle 15 y Doctor Rodolfo Sayagués Laso	Sí	Sí	No	1	M	2	3	Sí	Sí	No	1	M	2	3

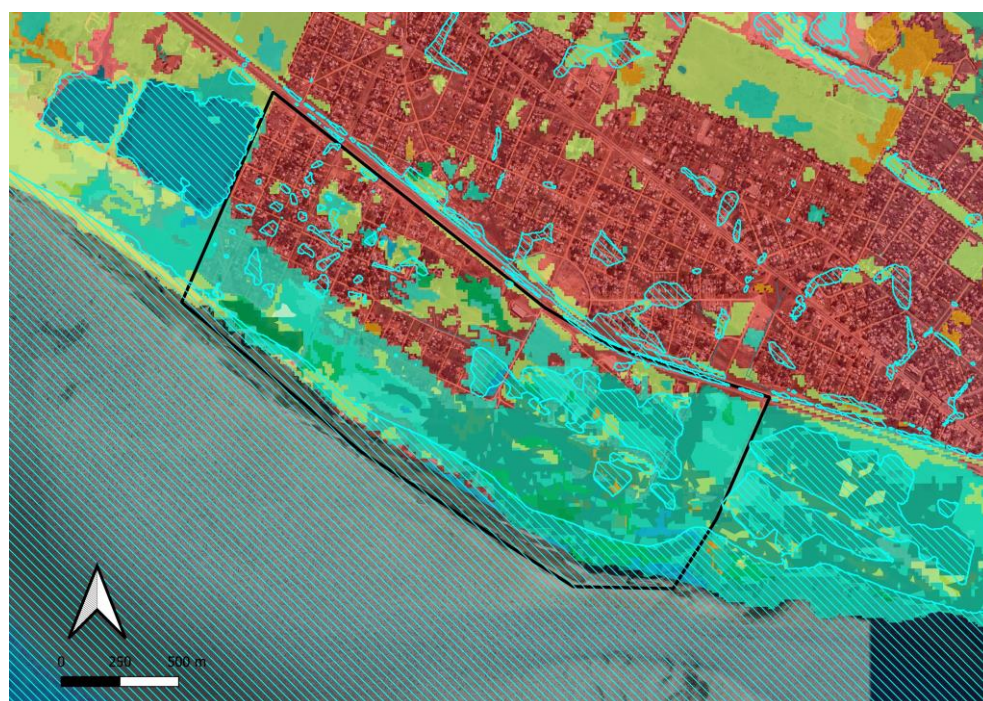
La gran mayoría de los ecosistemas ubicados en Playa Penino presentan una Vulnerabilidad Ecosistémica Alta.

En esta zona los ecosistemas no se encuentran expuestos al retroceso estructural por erosión costera en escenario presente ni en escenario

futuro. Sin embargo, la gran mayoría de los ecosistemas se encuentran expuestos a los eventos de inundación marina en escenario presente, y la totalidad de ellos lo hace en un escenario futuro. En el caso de las inundaciones fluviales un poco más de la mitad de los ecosistemas se encuentran expuestos, sin embargo, este valor aumenta en los escenarios futuros en donde 18 de los 24 ecosistemas evaluados se encuentran expuestos.

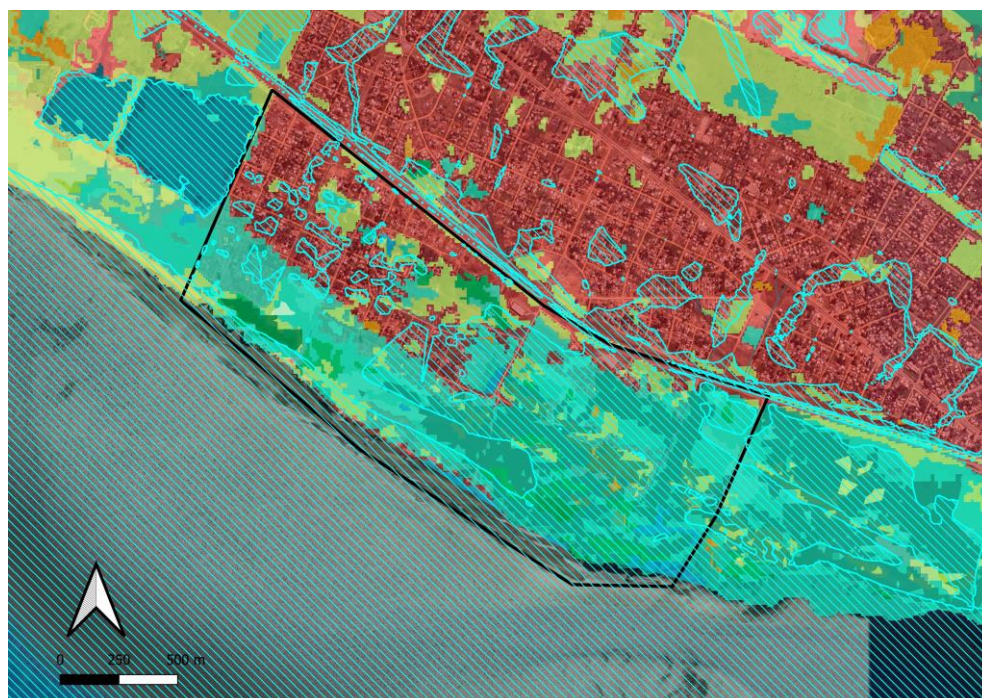
Por otro lado, la Capacidad Adaptativa de los ecosistemas es Mala para la gran mayoría de los casos, y para dos de los ecosistemas la misma empeora (pasando de categoría “Regular” a “Mala”) en escenario futuro. La principal causa de la Mala Capacidad Adaptativa de los ecosistemas de Playa Penino se debe a que esta zona se encuentra altamente expuesta a las inundaciones fluviales y marinas, por lo que éstos no cuentan con superficies adyacentes hacia las cuales puedan migrar y lograr adaptarse a estos eventos. Además de esto, el suelo urbano también abarca una superficie considerable, lo que disminuye la disponibilidad de espacios para el desarrollo de los ecosistemas naturales. En esta zona resultará esencial aprovechar al máximo la disponibilidad de áreas verdes para la restauración y/o conservación de los ecosistemas naturales, incluyendo jardines y cunetas, y evitar que aumenten las superficies impermeables asociadas a la urbanización. Además, se sugiere trabajar en el fortalecimiento de la integridad de los ecosistemas con el fin de aumentar su resiliencia a los eventos de inundación fluvial y marina.

A continuación, se presentan los mapas elaborados para Playa Penino, donde se pueden visualizar los ecosistemas presentes en la zona y las manchas de inundación fluvial, de inundación marina y de erosión costera para el escenario presente y para el escenario futuro.



Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial
- Inundación marina
- Erosión costera



Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial
- Inundación marina
- Erosión costera

Figura 18: Arriba: Mancha de inundación fluvial modelada por el consorcio CSI-DHI en Playa Penino en el Escenario actual TR10, y Abajo: en el escenario futuro TR10.

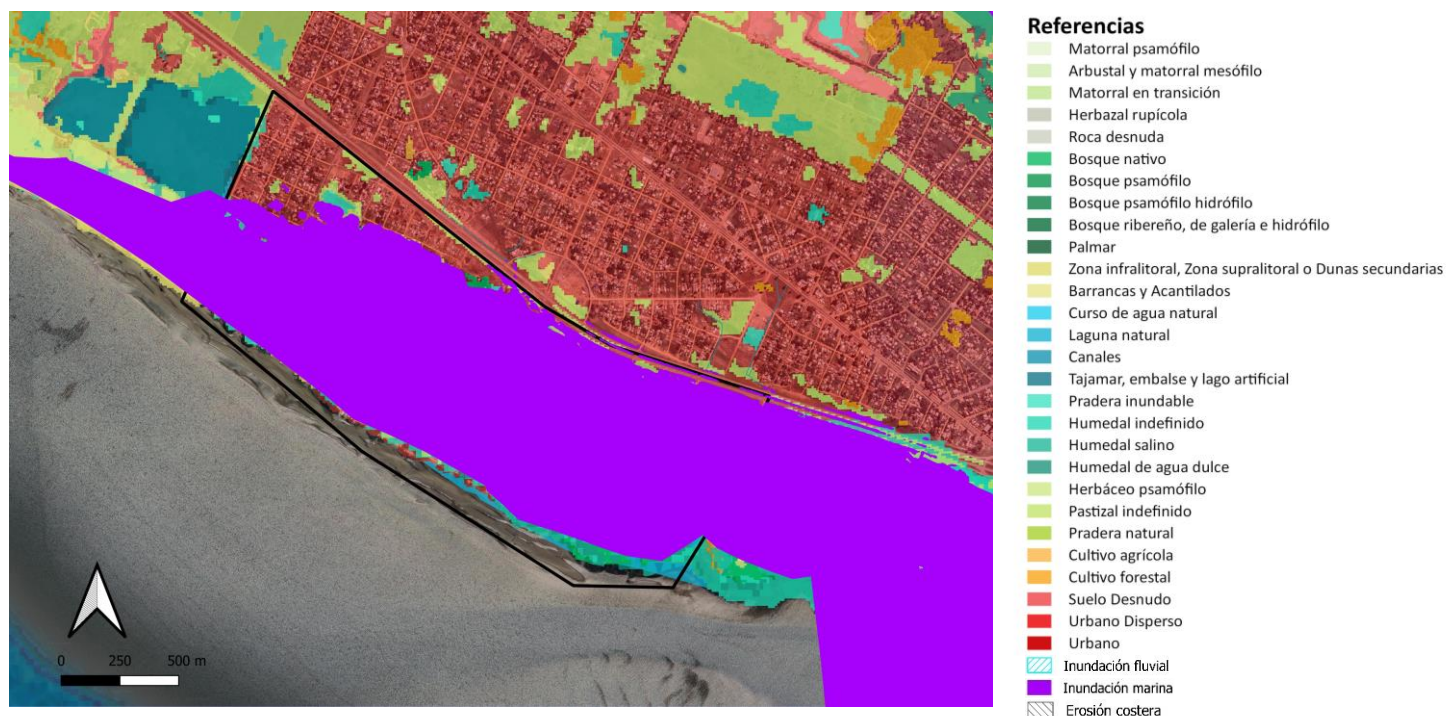
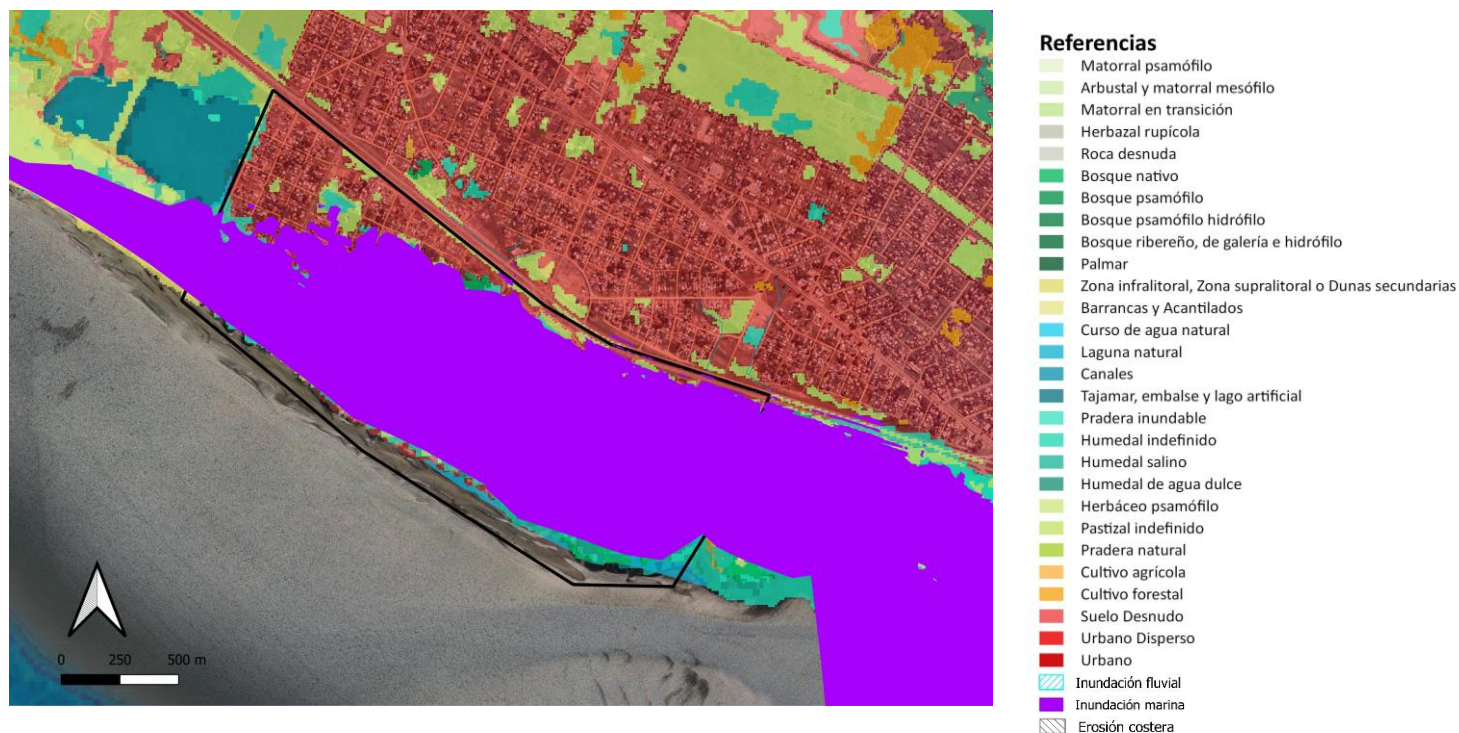
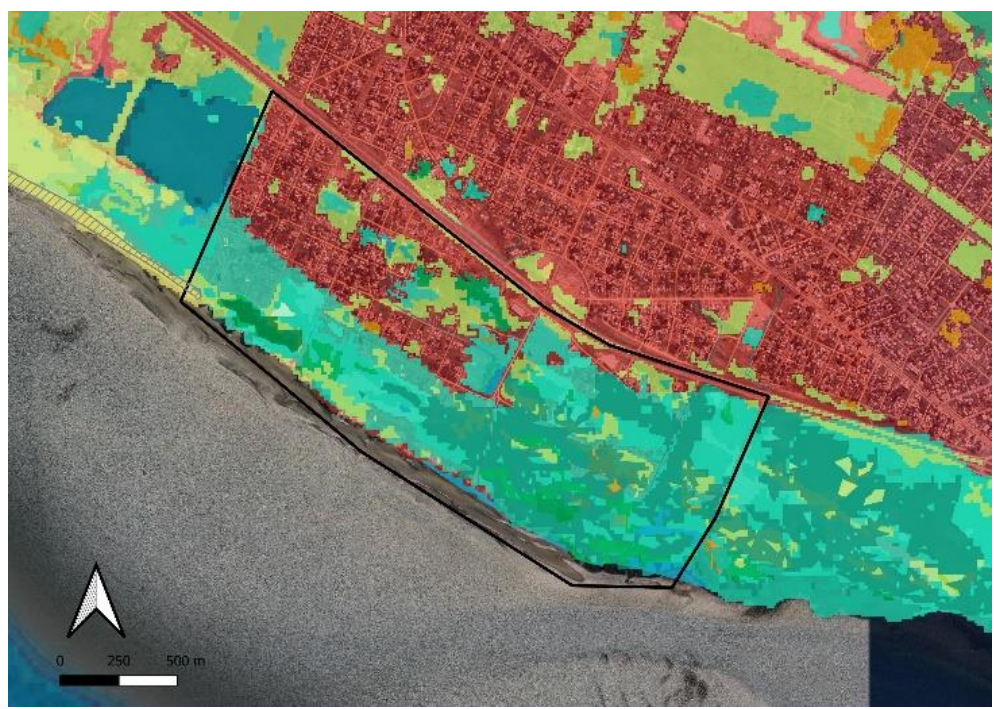
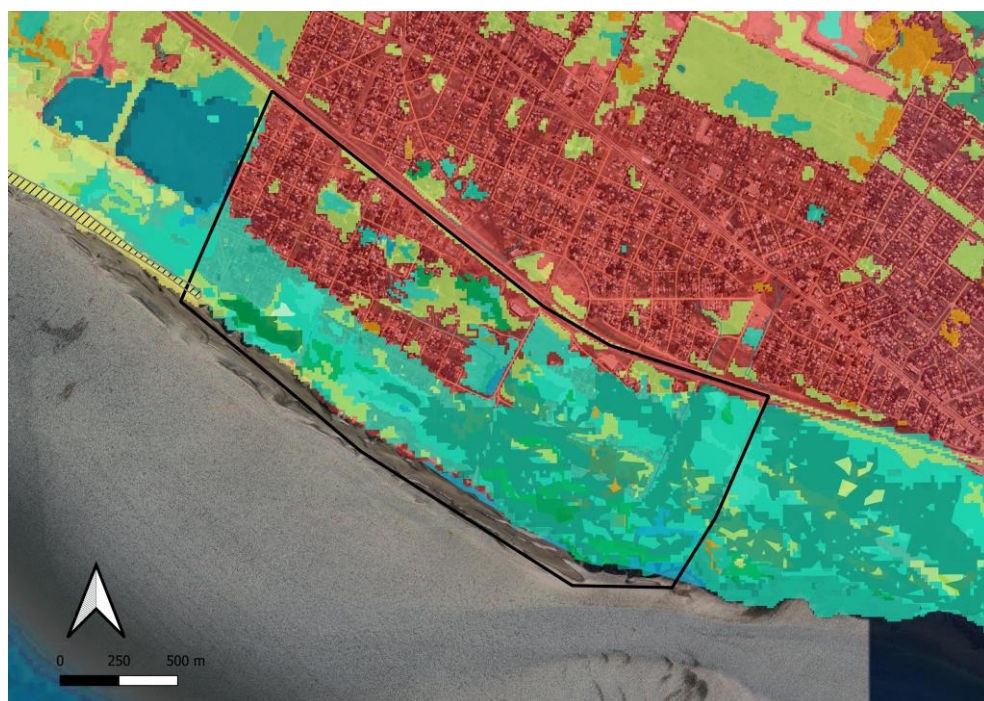


Figura 19: Arriba: Mancha de inundación marina modelada por el consorcio CSI-DHI Playa Penino en el Escenario actual TR100, y Abajo: en el escenario futuro TR100.



Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial
- Inundación marina
- Erosión costera



Referencias

- Matorral psamófilo
- Arbustal y matorral mesófilo
- Matorral en transición
- Herbazal rupícola
- Roca desnuda
- Bosque nativo
- Bosque psamófilo
- Bosque psamófilo hidrófilo
- Bosque ribereño, de galería e hidrófilo
- Palmar
- Zona infralitoral, Zona supralitoral o Dunas secundarias
- Barrancas y Acantilados
- Curso de agua natural
- Laguna natural
- Canales
- Tajamar, embalse y lago artificial
- Pradera inundable
- Humedal indefinido
- Humedal salino
- Humedal de agua dulce
- Herbáceo psamófilo
- Pastizal indefinido
- Pradera natural
- Cultivo agrícola
- Cultivo forestal
- Suelo Desnudo
- Urbano Disperso
- Urbano
- Inundación fluvial
- Inundación marina
- Erosión costera

Figura 20: Arriba: Mancha de retroceso por erosión costera modelada por la consultoría de IH-CANTABRIA en Playa Penino en el Escenario actual, y Abajo: en el escenario futuro.

16. RECOMENDACIONES

A continuación, se sintetizan las recomendaciones realizadas en los Productos 2, 3 y 4 de esta consultoría, y que tienen como fin la protección de los ecosistemas costeros identificados en este trabajo, con el objetivo de aportar a la adaptación al Cambio Climático y de mitigar los efectos que éste tiene sobre los mismos.

Resulta importante destacar que a lo largo de este informe se identifica que la urbanización es el principal factor que está presionando actualmente sobre la integridad y la preservación de los ecosistemas. Es fundamental trabajar para que esta situación se modifique.

Medidas	Observaciones
Recomendaciones generales	
Evitar la alteración de los ecosistemas naturales ubicados en las planicies de inundación de los cursos de agua	Estas zonas se inundan con frecuencia, por lo cual las construcciones sobre las mismas estarán expuestas a los eventos de inundación. Además, la vegetación natural de estos sitios cumple un rol fundamental en la retención del agua, en el control de la erosión y en la dinámica natural del curso de agua.
Considerar la escala de cuenca para el ordenamiento territorial, teniendo en cuenta que la impermeabilización de la misma por construcciones de viviendas o realización de calles, así como la compactación causada por	Para esto se pueden tener en cuenta los mapas presentados en el Producto 3 de esta consultoría.

<p>algunos tipos de usos de suelo (ej. plantaciones forestales de pinos), influyen en la capacidad de filtración del suelo y en las características de la escorrentía, trayendo como consecuencia el aumento de las inundaciones.</p>	
<p>Conservar las superficies de ecosistemas naturales que aún persisten en las cuencas.</p>	<p>Las superficies de ecosistemas naturales en las cuencas son cada vez menores, y los parches identificados en esta consultoría corresponden a una pequeña parte del área estudiada. Estos ecosistemas aportan servicios de regulación de las inundaciones, de regulación de la erosión y de regulación de las temperaturas, y serán importantes para la adaptación al Cambio Climático. Resulta de vital importancia proteger las superficies que aún persisten de los siguientes ecosistemas: Bosques nativos (psamófilos, ribereños, etc.), Humedales, Arbustales y matorrales, Áreas rocosas, Costas sedimentarias, Lagunas y Cursos de agua naturales y Pastizales naturales, identificados en esta consultoría (ver Producto 3). Se recomienda contrastar en campo las características de los polígonos identificados como “Pastizal indefinido” para poder integrar la información específica de los mismos. Se recomienda particularmente proteger los ecosistemas identificados como ecosistemas clave ubicados bajo el límite de la cota 10 (ver Producto 3).</p>

Recomendaciones para el Ordenamiento Territorial

<p>Ajuste de las categorías de uso de suelo en aquellas zonas en donde se identificaron ecosistemas clave para la adaptación al Cambio Climático, con el fin de evitar la pérdida o afectación de los mismos. Se sugiere en estas zonas cambiar la categoría de uso de suelo a “Rural Natural”.</p>	<p>Los ecosistemas a los que se hace referencia se pueden visualizar en el Producto 3, y son los siguientes para cada localidad:</p> <p>-Piriápolis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bosque psamófilo aguas arriba del Arroyo Las Espinas • Bosque psamófilo aguas arriba de la descarga de Bella Vista MA-BVI_007 • Bosque psamófilo y humedales ubicados aguas arriba del Arroyo Tarariras • Bosque Psamófilo aguas arriba de la descarga de Playa Hermosa MA-PHE_001. • Bosque psamófilo aguas arriba de la descarga de Playa Hermosa MA-PIR_001. • Humedales, Bosque Psamófilo, Matorral Psamófilo y Matorral Psamófilo Espinoso ubicado aguas arriba de la descarga de Playa Hermosa MA-PNE_002 y en sus alrededores • Pradera inundable, Bosque nativo y Humedales ubicados aguas arriba del Arroyo Barra Falsa y en sus alrededores • Parches de Matorral Psamófilo ubicados en la costa de Sauce de Portezuelo • Humedales y pradera inundable asociados al Arroyo El Potrero • Humedal de grandes dimensiones asociado al Arroyo El Potrero <p>-La Paloma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedales y Pastizal Inundable al Este dl límite con el Paisaje Protegido Laguna de Rocha • Bosque nativo ubicado sobre la Faja de Defensa de Costas entre calle 17 y calle 16, y Pastizal Inundable
---	--

	<p>ubicado sobre la Faja de Defensa de Costas entre las calles 16 y 15</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parches de Bosque Nativo ubicados entre la calle 14 y Barlovento • Bosque nativo ubicado aguas arriba de la descarga de Costa Azul RO-LAG_002 • Grandes parches de Bosque Psamófilo ubicados aguas arriba de las descargas RO-LAG_004 y RO-LAG_005, y parche ubicado entre estos, en cotas superiores a la cota 10 • Grandes parches de Bosque Nativo ubicados aguas arriba de las descargas de Arachania RO-ARA_001 y RO-ARA_002. • Bosque nativo ubicado aguas arriba de la descarga de Arachania RO-ARA_003 • Bosque Nativo en Diamante de La Pedrera • Bosque Psamófilo ubicado en La Pedrera entre las Calle Lascano y Cebollatí • Parches de Bosque Psamófilo y Bosque nativo indefinido ubicados en Punta Rubia y Santa Isabel de La Pedrera, ubicados sobre la Faja de Defensa de Costas y sobre la cota 10 • Parches de Bosque Psamófilo y Matorral Psamófilo en San Antonio • Parches de Bosque Nativo ubicados en el Balneario El Palenque <p>-Ciudad del Plata:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grandes superficies de humedal y parches de Bosque Psamófilo entre las calles Av. Italia y Berro y la calle Con. Vivero Babuglia • Grandes superficies de humedal y herbazal psamófilo entre las calles Con. Vivero Babuglia y Boulevard Pedro CEA. • Grandes superficies de humedal y parches de Bosque psamófilo ubicados entre las calles C. H. y Luis Puig • Grandes superficies de humedal y parches de Bosque Nativo ubicados entre las calles Luis Puig y Cerro Largo
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> Grandes superficies de Humedal y parches de Bosque Psamófilo ubicados entre la Calle Cerro Largo y la desembocadura del Río Santa Lucía
Impedir los proyectos de desarrollo inmobiliario sobre los humedales asociados al Arroyo El Potrero.	Puede observarse el detalle de estas zonas en el Producto 3.
Asegurar el acceso público y accesible a la zona costera ubicada entre Barra de Portezuelo y Sauce de Portezuelo	Esta zona se encuentra ubicada sobre padrones rurales que no permiten el acceso al público en una franja de aproximadamente 4 kilómetros de playa. Puede observarse el detalle en el Producto 3.
Evitar la apertura de la rambla a la altura de la desembocadura de la cañada Las Ranas	Las viviendas ubicadas a ambos lados de la cañada cuentan con conexión a través de calles en zonas más altas, por lo que la apertura de esta rambla no solo no sería necesaria, sino que implicaría la fragmentación del ecosistema allí presente. Se sugiere evitar la apertura de esta calle.
Recomendaciones relacionadas al uso de los padrones para construcción de viviendas	
Promover y buscar que la mayoría de las nuevas construcciones sean realizadas en altura.	Este modo de construcción tiene beneficios tanto para las viviendas como para los ecosistemas. De esta forma se evita la erosión del suelo, así como la necesidad de rellenar el terreno; se permite que se desarrolle un ecosistema por debajo de la construcción, se mantiene el suelo permeable y no se interrumpe la escorrentía.
Promover la construcción de techos verdes	Fomentar que las nuevas construcciones utilicen este tipo de estructuras, las cuales permiten retener temporalmente el agua durante los eventos de lluvia locales y reducir el escurrimiento de agua pluvial.

Promover la recolección de agua de lluvia	Ver detalle en el Producto 2.
Prohibir el relleno de los terrenos	El relleno de los terrenos no es una acción necesaria para la construcción de viviendas. Esta actividad tiene afectaciones muy negativas en los ecosistemas y en la circulación del agua en el territorio, generando problemas de inundación en algunos padrones lo que implica una retroalimentación del relleno en los demás padrones.
Prohibir las limpiezas de terrenos con máquinas y evitar la destrucción de los ecosistemas naturales	Las limpiezas de terrenos que se realizan con máquinas afectan gravemente a los ecosistemas naturales presentes en los terrenos que se quieren comenzar a construir. Estas erosionan el suelo y destruyen por completo las zonas en las que intervienen, removiendo grandes cantidades de sustrato y vegetación sin distinguir aquella que se encuentra cumpliendo un rol importante en el ecosistema local. En muchos casos, además, tanto las limpiezas con máquina como con motosierras, cortan especies de árboles nativos de gran porte con varios años de antigüedad (ej. coronillas o canelones), que son de gran valor ecosistémico y cultural, que demoran varios años en crecer y de los cuales cada vez hay menos en nuestros bosques. Las limpiezas de terrenos para construcciones en las zonas costeras son cada vez mayores y más frecuentes, y son uno de los grandes problemas a los que se enfrenta el

	Bosque Psamófilo. Es de vital importancia trabajar para prevenir este tipo de intervenciones.
Promover las limpiezas de terrenos de la mano de personal capacitado que sepa mantener los ecosistemas presentes en los mismos y generar los espacios suficientes para las construcciones que se desean realizar en los terrenos.	
Implementar en la normativa el Factor de suelo natural no modificado (FSN), propuesto por ISTECH (2020)	Este Factor es definido como “el cociente que resulta de dividir el área de suelo en su estado natural sin admitir alteración alguna, por el área total del predio (expresado en porcentaje)”, y tiene como principal objetivo la disminución del suelo impermeable, incluyendo tanto las construcciones como los estacionamientos y demás estructuras que impermeabilizan el suelo. La implementación de este factor contribuye a la protección de los ecosistemas presentes en el territorio, y contempla que la remoción de la vegetación presente y la sustitución por nueva vegetación es también una afectación al ecosistema, que además puede ser muy grave en caso de que se realice sin los conocimientos adecuados.
Promover la plantación de especies nativas locales y evitar la plantación de especies exóticas invasoras	Esta medida puede realizarse a través de difusión (mediante cartelería, talleres, etc.) e incentivos. Se contempla que algunas de las especies más utilizadas en los jardines (como la gramilla <i>Cynodon dactylon</i> y la

	<p>Garra de León <i>Carpobrotus edulis</i>) pueden generar una grave afectación en el ecosistema natural, impidiendo el desarrollo del mismo y además en muchos casos teniendo consecuencias sobre la erosión y la impermeabilización del suelo.</p>
<p>Recomendaciones relacionadas al trabajo municipal, de las Intendencias, y/u otras autoridades en el territorio</p>	
<p>Considerar las medidas de Adaptación Basada en Ecosistemas, y medidas complementarias, así como la metodología para su aplicación propuestas en el Producto 2 para las intervenciones que se realicen en el territorio.</p>	<p>Las medidas de Adaptación Basada en Ecosistemas, y medidas complementarias, que se detallan en el Producto 2 son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restauración de la vegetación ribereña • Restauración de humedales • Restauración del cordón dunar litoral • Restauración de las vías naturales de drenaje • Aumento del verde urbano • Recuperación de la planicie de inundación • Estabilización de las riberas • Recolección de agua de lluvia • Techos verdes • Jardines de lluvia, zanjas y franjas filtrantes • Pavimentos permeables • Legislación para la protección y gestión de suelos y cuencas hidrográficas • Planificación de uso de la tierra y zonificación • Normas de construcción de viviendas resilientes
<p>Recuperación de la vegetación filtrante en las cunetas</p>	<p>Esta acción permite el aumento del filtrado del agua en las cunetas, provocando una mejora en su calidad y disminuyendo la velocidad de escorrentía que en muchos casos causa la exposición de algunas viviendas a las inundaciones. Además, al disminuir la velocidad de</p>

	<p>escorrentía se protege de la erosión al cordón dunar en la zona de playa.</p>
<p>Realizar el mantenimiento de cañadas y cunetas de la mano de personal capacitado que cuente con los conocimientos necesarios para cuidar el ecosistema presente en estos sitios</p>	<p>En estos casos, se recomienda evitar el uso de máquinas y evitar la remoción completa de la vegetación, dejando siempre al menos 15 cm de la planta. Además, se espera que el personal capacitado realice las recomendaciones específicas a tener en cuenta para cada sitio.</p>
<p>Recomendaciones para el cuidado de los ecosistemas según su vulnerabilidad frente a las inundaciones y a la erosión</p>	
<p>Mejorar la capacidad adaptativa de los ecosistemas, es decir, la posibilidad de los mismos de migrar hacia las zonas adyacentes</p>	<p>A lo largo de este informe se puede identificar que el principal factor de vulnerabilidad de los ecosistemas se encuentra asociado a su falta de capacidad adaptativa, debido a que los márgenes de los mismos se encuentran en contacto con zonas urbanizadas y/u ocupadas por cultivos forestales hacia los cuales los ecosistemas no podrían migrar. Se recomienda utilizar la información presente en este informe para analizar aquellas zonas en las que se puede trabajar para fortalecer la capacidad adaptativa de cada ecosistema.</p>
<p>Fortalecer la Integridad Ecológica en las zonas de descarga, particularmente aquellas para las cuales la valoración fue peor (ver Tablas 6 y 9). Será importante para estos trabajos contar con personal capacitado.</p>	<p>Para esto se recomienda trabajar en mejorar cada uno de los indicadores analizados en este trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recuperación del cordón dunar. Esto puede realizarse mediante la colocación de cercas captoras de arena. • Aumentar la superficie de arena seca en la playa. Para esto las medidas de recuperación dunar serán un aporte importante, pero también se deberá

	<p>trabajar en los sistemas de saneamiento de las localidades con el fin de evitar que la napa freática aumente de tal forma que aflore en la zona de playa o que disminuya su permeabilidad. Además, estas acciones evitarán la exposición de las y los usuarios de playa a la contaminación de la napa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la vegetación psamófila nativa sobre los cordones dunares. Esto aportará a la recuperación de estos ecosistemas, a estabilizar los cordones dunares y a evitar su erosión y la pérdida de arena del sistema natural. • Disminuir y/o eliminar la vegetación exótica que se encuentra sobre los cordones dunares. Para esto se sugiere realizar una sucesión paulatina de la vegetación presente hacia una cobertura vegetal de especies nativas. Es importante evitar la plantación de especies exóticas invasoras en estas zonas, principalmente la especie <i>Carpobrotus edulis</i>. <p>En las tablas 6 y 9 de este informe se pueden observar las principales necesidades de cada zona de descarga.</p>
<p>Disminuir y evitar las presiones antrópicas identificadas como agravantes para la vulnerabilidad ecosistémica en las zonas de descarga a la playa. Estas presiones se encuentran detalladas en el Producto</p>	<p>Las presiones antrópicas identificadas para las zonas de descarga son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aportes de depósitos quiniarios a la zona de playa o cordón dunar • Presencia de discontinuidades en el cordón dunar originadas por tránsito pedestre o vehicular • Extracción artificial de arena

3, y se puede observar la presencia o ausencia de las mismas para cada zona de descarga en las tablas 7 y 10 de este informe.	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de construcciones o infraestructura sobre el cordón dunar (litoral o secundario) • Presencia de estacionamientos sobre el cordón dunar.
Mejorar la capacidad adaptativa de los ecosistemas dunares	Evitar por completo la construcción o ensanchamiento de ramblas a menos de 250 metros de la línea de costa, o hasta el límite del área definida para la Faja de Defensa de Costas según la presencia de componentes vulnerables (art. 6º de la Ley 19772) cuando estos abarquen superficies mayores a los 250 metros, y considerar incluso la relocalización de las que ya existen; y lo mismo para los estacionamientos.
Recomendaciones para futuros trabajos sobre Vulnerabilidad Ecosistémica	
Continuar con el trabajo del mapeo de ecosistemas con el fin de aumentar la precisión del mismo. Se sugiere complementar las capas conseguidas en el marco de esta consultoría, con visitas al territorio y con modificaciones manuales basadas en fotointerpretación a través de imágenes satelitales. Particularmente se sugiere aumentar el nivel de detalle en las Costas Sedimentarias, en las zonas clasificadas como Pastizal Indefinido, y en los márgenes de las cañadas y cursos de agua.	
Incluir la estimación de los cambios de cobertura del suelo para el análisis de la Capacidad Adaptativa en escenarios futuros, a partir de la categoría de uso de suelo y de la presencia de padrones rurales y/o urbanos.	
Incluir información sobre el tiempo de permanencia de las inundaciones en los ecosistemas para los análisis de exposición.	
Realizar análisis de exposición a inundaciones para los diferentes Tiempos de Retorno	
Analizar los agrupamientos que se generaron como resultado de los análisis de Vulnerabilidad Ecosistémica en los diferentes ecosistemas y en las zonas de descarga.	

Incluir el estudio de los cambios históricos sobre los ecosistemas en el análisis de Vulnerabilidad
Profundizar en la elaboración de la metodología para la valoración de la Integridad Ecológica
Profundizar en la elaboración de la metodología para el análisis de la exposición

17. REFERENCIAS

Alcántara-Carrió, J., Costas, S., Delgado, I., Alejo, I., Alonso, I., & Hernández, L. (2005). Factores que controlan la interacción sedimentaria en el sistema duna-playa. *Geomorfología Litoral i Quaternari*. Universidad de Valencia, València, 45-58.

Barragán Muñoz, J. M., García Onetti, J., Chica Ruiz, J. A. & García Sanabria, J. (2009) Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de cambio. Red Iberoamericana de Manejo Costero Integrado. Cádiz, España.

Breda, A., Saco, P. M., Sandi, S. G., Saintilan, N., Riccardi, G. & Rodríguez, J. F. (2021) Accretion, retreat and transgression of coastal wetlands experiencing sea-level rise. *Hydrology and Earth System Sciences*. 25, 769–786.

Bó, R. F., & Malvárez, A. I. (1999). Las inundaciones y la biodiversidad en humedales. Un análisis del efecto de eventos extremos sobre la fauna silvestre. *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, 147-168.

CSI-DHI (2016) Plan de Aguas Urbanas, Plan director y anteproyecto integral de saneamiento, drenaje pluvial, vialidad y espacios públicos asociados de

Ciudad del Plata. Banco Interamericano de Desarrollo. Intendencia de San José. Dirección Nacional de Aguas. Obras Sanitarias del Estado.

Day Jra, J. W., Rybczyz, J. Scartonb, F., Rismondob, A. & Cecconi, G. (1999) Soil Accretionary Dynamics, Sea-Level Rise and the Survival of Wetlands in Venice Lagoon: A Field and Modelling Approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49, 607–628

Dong Z et al. (2015) A novel method for quantitatively evaluating agricultural vulnerability to climate change. *Ecol Indic* 48:49–54.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.032>

Blanco, D. E. & F. M. Méndez (2010). Endicamientos y terraplenes en el Delta del Paraná: Situación, efectos ambientales y marco jurídico. Fundación Humedales / Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Frazier, T. G., Thompson, C. M., Dezzani, R. J. (2014) A framework for the development of the SERV model: a spatially explicit resiliencevulnerability model. *Appl Geogr* 51:158–172. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.04.004>

Gómez, J. J. (2001) Vulnerabilidad y Medio Ambiente. Seminario Internacional Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe Santiago de Chile. Comisión económica para America Latina y El Caribe. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía.

Insausti, P., Chaneton, E. J., & Grimoldi, A. A. (2005). Las inundaciones modifican la estructura y dinámica de la vegetación en los pastizales de la

Pampa Deprimida. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina, 253-269.

IPCC (2007) Cambio Climático 2007. Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.

ISTEC. 2020. Informe de propuestas y evaluación de alternativas. Proyecto “Fortalecer las capacidades para la adaptación al Cambio Climático en la zona costera”. AECID. MVOTMA.

Jiménez Reyes, R. (2013) Estudio del impacto socio-económico de la contaminación del Río Sagua La Chica por el avance de la intrusión salina. Empresa Aprovechamiento Hidráulico VC, Cuba, Ave. Libertadores No 201 e/ Danielito y J. Menéndez, Santa Clara, VC, Cuba. X Congreso Cubano de Geología.

Matteucci, S. D. (2012). Ecorregión Delta e Islas de los ríos Paraná y Uruguay. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos, 447-488.

NWF (2011) Scanning the conservation horizon: a guide to climate change vulnerability assessment. National Wildlife Foundation, Washington DC

Ollero Ojeda, A., Ortiz, M. I., & Melgarejo, J. (2020). Crecidas, inundaciones y resiliencia: restauración fluvial contra los falsos mitos. In Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes (pp. 549-568). Universitat d’Alacant.

Pezeshki, S. R., DeLaune, R. D., & Patrick Jr, W. H. (1990). Flooding and saltwater intrusion: potential effects on survival and productivity of wetland forests along the US Gulf Coast. *Forest Ecology and Management*, 33, 287-301.

Shaver (2000) URL:
<https://academic.oup.com/bioscience/article/50/10/871/234002?login=true>

Tully, K., Gedan, K., Epanchin-Niell, R., Strong, A., Bernhardt, E. S., BenDor, T., ... & Weston, N. B. (2019). The invisible flood: The chemistry, ecology, and social implications of coastal saltwater intrusion. *BioScience*, 69(5), 368-378.

Urmeneta Migone, F. A., Meruane, C., Niño, Y. & Contreras, M. (2013). Metodología para la determinación del caudal ecológico en estuarios: aplicación en el estuario del Río Aysén. XXI Congreso chileno de ingeniería hidráulica. Sociedad chilena de ingeniería hidráulica.

Vega de Seoane, C. L., Gallego Fernández, J. B. & Vidal Pascual, C. (2007). Manual de restauración de dunas costeras. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas, España.

Weißhuhn, P., Müller, F., & Wiggering, H. (2018). Ecosystem vulnerability review: proposal of an interdisciplinary ecosystem assessment approach. *Environmental management*, 61, 904-915.

Wittmann, F., Schögart, J., Montero, J., Motzer, T., Junk, 1., Piedade, M., Queiroz, H. & Worbes, M. (2006) Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin *Journal of Biogeography*, 33 (2006), pp. 1334-1347.

Woods, N. N., Swall, J. L., & Zinnert, J. C. (2020). Soil salinity impacts future community composition of coastal forests. *Wetlands*, 40, 1495-1503.