

06.

Análisis de escenarios de usos del suelo mediante modelación multicriterio espacialmente explícita: una herramienta para el manejo costero integrado

Natalia Verrastro Viñas - Lorena Rodríguez-Gallego

RESUMEN Este artículo analiza la transformación de los usos del suelo que ponen en riesgo el patrimonio costero del Municipio de La Paloma (Rocha, Uruguay). El objetivo fue identificar alternativas de usos del suelo que aporten a la sustentabilidad del sistema. Combinando la modelación multiatributo y el método de escenarios en base a un sistema de información geográfico, se minimizaron los conflictos entre usos y se maximizó su coexistencia. Se realizó una evaluación de aptitud para usos productivos y de conservación a partir de la consulta a informantes, obteniendo los mapas de aptitud de uso. Se observó que la configuración de usos cambia en función de la concreción o no de un puerto de aguas profundas, donde logística y turismo se expanden espacialmente; logística y agricultura mostraron la mayor incompatibilidad con otros usos, acrecentando la disputa por el espacio. Se caracterizaron los conflictos estableciendo una estrategia de iniciativas de Manejo Costero Integrado.

Palabras clave: Planificación ambiental | Conflictos de usos | Aptitud de uso del suelo | Método de escenarios

Analysis of land use scenarios using spatially explicit multicriteria modeling: a tool for integrated coastal management

SUMMARY This article analyses the recent transformation of land uses that put at risk the coastal heritage of the Municipality of La Paloma (Rocha, Uruguay). The objective was to identify future alternatives for land uses that contribute to the sustainability of the system. The multi-attribute modeling and the scenario method were combined based on a geographic information system, which sought to minimize conflicts between uses and maximize their coexistence in the territory. An aptitude assessment was carried out for different productive and conservation uses based on the consultation of qualified informants, obtaining the aptitude maps of current use and for the year 2030. As a result, it was observed that the configuration of uses can change depending on the concretion or not of a deep water port, where Logistics and Tourism expand spatially. Logistics and Agriculture showed the greater incompatibility with other uses, increasing the dispute for space. Land use conflicts were characterized by homogeneous management zones and a strategy of Integrated Coastal Management initiatives was established.

Key words: Environmental planning | Land use conflicts | Land use suitability | Scenarios method

Recepción
15/05/2018

Aceptación
29/11/2018

ISSNe
2314-0208

**Natalia Verrastro Viñas**

Centro Interdisciplinario en Manejo Costero Integrado. Centro Universitario de la Región Este. Universidad de la República. Uruguay

Correspondencia

arqverrastro@gmail.com

Lorena Rodríguez-Gallego

Grupo Ecología Funcional de Sistemas Acuáticos Centro Universitario de la Región Este. Universidad de la República. Uruguay

Correspondencia

dunachirca@gmail.com

Como citar: Verrastro Viñas, Natalia y Rodríguez-Gallego, Lorena (2019). Análisis de escenarios de usos del suelo mediante modelación multicriterio espacialmente explícita: una herramienta para el manejo costero integrado. *Pampa. Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales* n°20. e0013, pp. 97-119. DOI: 10.14409/pampa.2019.20.e0013

1. Introducción

El ordenamiento del territorio requiere de marcos conceptuales y metodológicos que integren los intereses de los diferentes actores y las condiciones ambientales de forma espacialmente explícita, para proponer alternativas de desarrollo sustentable. La construcción de escenarios es una forma de analizar los usos del suelo orientado a la conservación y la producción sustentable en contextos de alta complejidad e incertidumbre. Los tomadores de decisión o planificadores pueden usar este tipo de análisis para implementar medidas anticipatorias de los impactos y conflictos potenciales, pudiendo direccionar el sistema hacia el escenario de menor impacto y más aceptable para los objetivos de las comunidades involucradas (Mahmoud *et al.*, 2009; Salinas, 2013). Los estudios contemporáneos sobre el futuro analizan la realidad y confrontan las imágenes de futuro con información, buscando esclarecer las diferentes alternativas de evoluciones futuras para conocer sus posibles repercusiones en la acción presente (Medina Vásquez, 2000). Los métodos de los escenarios se definen como plausibles descripciones de cómo puede desarrollarse el futuro sobre la base de una determinada política y conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas motrices claves, que pueden direccionar las acciones y sus relaciones (MA, 2005). Este método constituye una aproximación interdisciplinaria e integra factores multidimensionales (socioeconómicos y climáticos, entre otros) que permiten captar el rango total de cambios potenciales esperables (Clark *et al.*, 2001; Carpenter, 2002; Peterson *et al.*, 2003). Sin embargo, la planificación de los usos del territorio generalmente no ha considerado las condiciones que deben ser retenidas en los ecosistemas para mantener su productividad y calidad ambiental a largo plazo (Moilanen *et al.*, 2005). El diseño de paisajes multifuncionales (O'Farrelland Anderson, 2010; Moilanen *et al.*, 2011) requiere de metodologías que permitan combinar múltiples variables para maximizar y/o minimizar determinados objetivos, sin comprometer otros aspectos deseados. La modelación multicriterio, que incluye modelación multiatributo y multiobjetivo (Malczewski, 1999) ha sido empleada para maximizar la aptitud del suelo (Bojórquez-Tapia *et al.*, 2001, Rodríguez-Gallego *et al.*, 2012), la conservación de la biodiversidad (Hawkins y Selman, 2002; Bojórquez-Tapia *et al.*, 2004; Moilanen *et al.*, 2005; Carr y Zwick, 2007), el desarrollo agrícola (Boonyanuphap *et al.*, 2004) y forestal (Malczewski, 1997), y la planificación urbana (Bojórquez-Tapia *et al.*, 2004; Chow & Sadler, 2010; Da Silva *et al.*, 2013), entre otros (Baldwin *et al.*, 2014; Dobrovolski *et al.*, 2014). Estos modelos permiten generar y evaluar escenarios y elaborar diferentes alternativas de desarrollo territorial para la consideración de los decisores (Ligmann-Zielinska, 2008), todo lo cual se convierte en un insumo fundamental para establecer planes de ordenamiento ambiental del territorio (Rodríguez-Gallego *et al.*, 2012).

En las zonas costeras la planificación ambiental es aún más compleja, ya que es un sistema altamente dinámico y concentra gran parte de la población y producción de bienes y servicios, presentando un amplio espectro de actores involucrados (Cicin-Sain y Knecht, 1998; Clark, 1998; Olsen, 1999; Conde *et al.*, 2007; Barragan, 2014). Este reto requiere un enfoque de investigación interdisciplinario, que incorpore el conocimiento y requerimientos de diferentes actores (Cicin-Sain y Knecht, 1998; Clark, 1998; Forst, 2009), la integración de información abundante y diversa, y una rápida traducción de los resultados para que sean comprensibles por los administradores, planificadores, responsables políticos, pobladores locales y demás actores involucrados (Kleppel *et al.*, 2006). En este contexto el enfoque del Manejo Costero Integrado (MCI) busca la sustentabilidad de los recursos costeros, abordando las problemáticas existentes desde la interrelación entre diferentes escalas temporales, geográficas, sectoriales y jurídicas-políticas. El proceso de MCI se desarrolla a través de ciclos de gestión de corto y largo plazo sucesivos, orientados por metas de largo plazo y articulados en un proceso de aprendizaje, adaptación, retroalimentación y mejoras (GESAMP, 1996; Cicin-Sain *et al.*, 1995; GESAMP, 1996; Post & Lundin, 1996; Olsen *et al.*, 1999). Este enfoque requiere del

uso de herramientas analíticas para abordar problemas complejos que se despliegan espacialmente.

La zona costera se presenta en Uruguay como un espacio de creciente conflicto socioambiental por la interacción de las actividades antrópicas con estilos y usos antagónicos. La costa estuarina y atlántica del Uruguay es responsable del 70 % del PBI nacional y concentra la mayor parte de la población (Gorfinkiel, D. 2006; Gómez *et al.*, 2010; INE 2011). En la zona costera del Departamento de Rocha se genera un proceso tardío de crecimiento urbano y con él, un mercado turístico de modalidad «sol y playa» que va paulatinamente remplazando al suelo rural por fraccionamientos balnearios (Goyos *et al.*, 2011). Este enlentecimiento es el que permitió mantener espacios bajo usos rurales donde se conservan ecosistemas y paisajes con altos valores para la conservación de la biodiversidad (IDR–SNAP, 2010 y 2012), constituyendo una oportunidad para desarrollar modalidades alternativas de usos y ocupación asociadas con prácticas de manejo de bajo impacto socioambiental (Goyos *et al.*, 2011). El área de estudio de este trabajo integra el sistema de lagunas costeras de Uruguay y del sur de Brasil. Presenta valores naturales y culturales destacados para la conservación, lo que ha llevado a la declaración de múltiples categorías de protección internacionales (Programa MAB–Unesco) y nacionales (Paisaje Protegido Laguna de Rocha (PPLR) Ministerio Vivienda Ordenamiento Territorial Medio Ambiente). Constituye la base física y ecológica para el desarrollo de actividades pesqueras, turísticas, agropecuarias y urbanas. Su población se concentra sobre la zona costera incluyendo a La Paloma Grande centro urbano–turístico más importante del departamento con 5250 habitantes permanentes (INE, 2011), y cuya población aumenta por diez en verano con la llegada de residentes no permanentes y turistas (Mintur, 2011). La configuración urbana actual de infraestructura, servicios y equipamiento no se adapta eficientemente a los requerimientos de uso en temporada estival, colapsando fácilmente ante el aumento importante de habitantes (Probides, 1999; Goyos *et al.*, 2011). La actividad portuaria actual, Puerto de La Paloma (PLP), está gestionada por diferentes ministerios públicos y los usos actuales se centran en el naval militar, la pesca (industrial y artesanal), actividades náuticas deportivas/recreativas, y hasta finales del 2016 acopio y carga de rolos de madera. En el contexto del proyecto IIRSA (COSIPLAN 2012) en el 2008 comienza un proceso de un plan nacional para posicionar Uruguay como polo logístico entre la región y el mundo. Así resurge la idea de concretar un Puerto de Aguas Profundas (PAP) (MTOP, 2010). Paralelamente, se le dio permiso a la empresa Forestal Oriental (Grupo UPM) para utilizar el PLP para el transporte marítimo de rolos de madera hacia su planta de celulosa en Fray Bentos. En 2012 se aprueba la instalación del PAP y son expropiados aproximadamente 161 predios urbanos linderos al MLP, por causa de utilidad pública para destinarlos al nuevo puerto (decreto PE 383). En el año 2015 frente a la nueva coyuntura regional se detiene el proyecto de explotación minera «Aratirí» que requería un puerto oceánico y el gobierno optó por suspender el proyecto del PAP. Si bien la concreción de los puertos ha sido muy incierta (Degregorio, 2013), los planes de urbanización costera han sido aprobados en su generalidad.

En este contexto, hay gran incertidumbre de cómo podría evolucionar el uso del suelo. El objetivo de este trabajo fue identificar alternativas de futuro, con configuración óptima de usos del suelo que minimicen el conflicto entre usos productivos, la conservación de la biodiversidad (Achkar *et al.*, 2012) y del patrimonio arqueológico en escenarios a 2030.

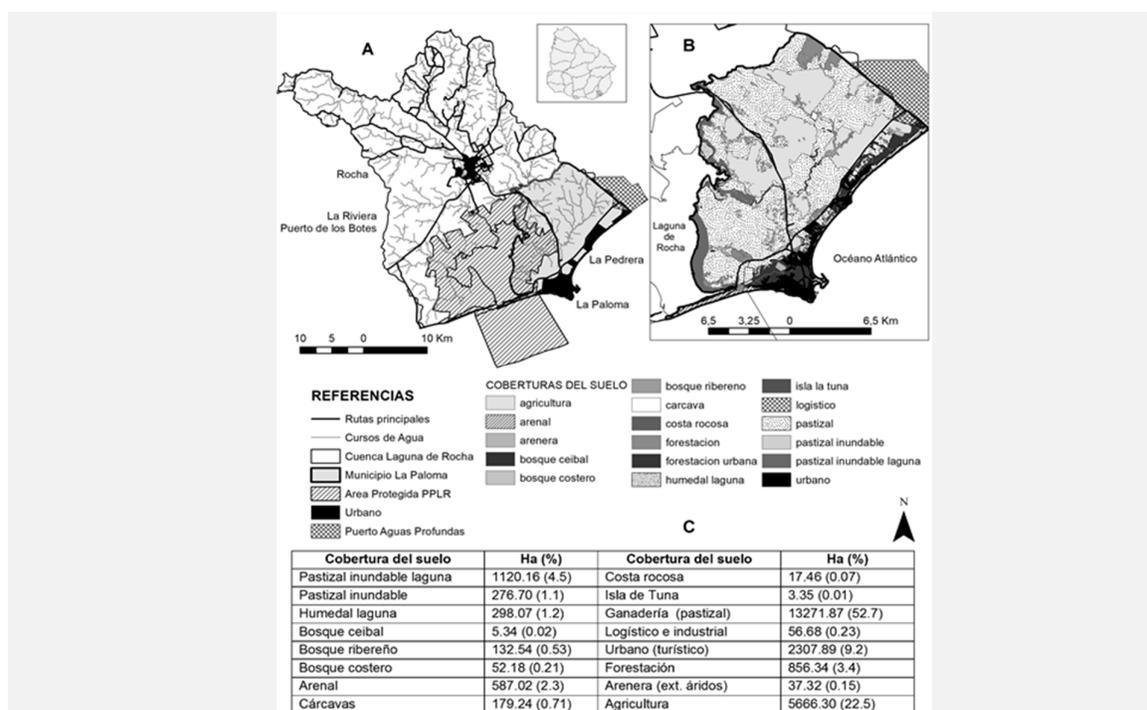
2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El MLP se encuentra ubicado en el Departamento de Rocha en la zona costera este del Uruguay. Su superficie es de 25.175 ha y se encuentra mayoritariamente dentro de la cuenca de Laguna de Rocha (82,1 %) y el resto sobre la cuenca del Océano Atlántico (17,9 %). Dicho territorio comprende un sistema de arroyos y cañadas en un paisaje de pastizales naturales en un relieve ondulado a plano, hasta su confluencia con el sistema costero-arenoso, la Laguna de Rocha y sus humedales asociados (Figura 1 A, B y C).

Figura 1.

Mapa del área de estudio, mapa de coberturas del suelo del área de estudio de 2011 y superficie (ha) de coberturas de suelo del MLP.



A) Mapa del área de estudio. Límite sur: Océano Atlántico desde la desembocadura de Laguna de Rocha hasta el Faro de Cabo Santa María. Límite este: Océano Atlántico desde el Faro Cabo Santa María hasta el Balneario Mar del Plata. Límite norte: Camino de empalme de Ruta 9 y 10, desde Cañada de la Totora hasta Ruta 10, desde ahí en línea recta hasta Balneario Mar del Plata. B) Mapa de coberturas del suelo del área de estudio de 2011 (modificado de Nin et al., 2016). C) Superficie (ha) de coberturas de suelo del MLP. Entre paréntesis % sobre superficie del MLP.

2.2 Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se combinaron herramientas provenientes de diferentes áreas disciplinares, para articular el conocimiento integral del sistema. A continuación, se presentan la metodología para cada paso.

2.2.1 Preparación de los escenarios de uso del suelo

La construcción preliminar de los escenarios de usos del suelo se realizó en base a fuentes bibliográficas de escenarios a los años 2030–50 a escala internacional (Millennium Ecosystem Assessment, 2003 y 2005), latinoamericana (COSIPLAN, 2012; BID, 2010 y 2016) y nacional (Bittencourt et al., 2009; Martino et al., 2009; Paolino, 2009 y 2010;

Achkar *et al.*, 2012). También se estudiaron escenarios de cambio climático y sus efectos sobre los sectores productivos analizados a escala regional y nacional (CEPAL, 2012; Bidegain *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2010, entre otros). La información secundaria recopilada fueron datos estadísticos 2010–2011 oficiales sobre población y cambios en los sectores productivos (Anexo 1).

Además, se consultó a través de entrevistas abiertas a por lo menos un informante calificado para cada uso considerado. En base a dicha revisión los usos considerados fueron agricultura (A), ganadería (G), turismo (T), logística (L) y conservación (C). Cada sector incluye diferentes modalidades de producción, pero se caracterizó por la modalidad dominante para el área de estudio. El sector pesquero, no fue considerado ya que nos enfocamos en los usos terrestres. La forestación se descartó porque en la zona la mayoría de las plantaciones no corresponde a producción forestal sino a refugio para el ganado o se encuentra en zonas urbanas y los informantes desestimaron su crecimiento en los escenarios futuros.

En base a esto se construyeron tres escenarios (actual, con PAP y sin PAP) con una descripción preliminar de las tendencias y lógicas subyacentes para cada uso del suelo. Posteriormente y en base a la consulta a informantes calificados se establecieron los escenarios definitivos. A continuación, se presentan los principales factores clave identificados que definen el uso del suelo actual y sus principales tendencias a los escenarios 2030.

2.2.2 Principales factores clave que definen el uso del suelo actual

El principal factor clave que determina el turismo es la demanda del producto sol y playa con la consecuente estacionalidad y su alta vulnerabilidad por la fuerte dependencia del mercado argentino. La oferta turística ha mostrado cierta expansión, aunque se encuentra poco diversificada y concentrada territorialmente, lo cual constituye una de sus mayores debilidades (Paolino *et al.*, 2009). Respecto a la logística, el movimiento de carga por los puertos del país ha aumentado más de 100 % después de la crisis de 2002 (Paolino *et al.*, 2010). Existe un impulso del Estado a proyectos de integración regional a nivel de la iniciativa COSIPLAN donde una de sus principales propuestas fue la posible instalación de un PAP sobre el límite NE del MLP, fuera de su jurisdicción. El PLP era proyectado como multipropósito (comercial, turístico, pesquero, deportivo y militar). La población local es sensible a los conflictos que puedan derivar de la interacción entre las actividades portuarias y turísticas (MTO, 2010). En los últimos años se presentan mejoras de la red de carreteras a nivel nacional, recuperando rutas y caminos secundarios y preparando los corredores de integración regional. La red ferroviaria operativa actual cuenta con 1640 km, extensión invariante en el tiempo y con fuertes deterioros. Es previsible que en los próximos años se transite por un período de expansión del sector de la construcción a nivel local, tanto de las construcciones privadas como públicas (Paolino *et al.*, 2010).

Los modelos tecnológicos innovadores que se están usando en la agricultura, así como en la agroindustria, promueven el aumento en la producción mediante mayor uso de insumos. Esto conlleva a mayores «presiones ambientales» de los sistemas de producción (Paolino *et al.*, 2009). A su vez, el crecimiento agrícola fuerza a la intensificación de la ganadería en la medida que la renta de la tierra es más alta. Esta intensificación se basa principalmente en suplementación, llegando en algunos casos a invertir en corrales de encierro y *feed-lot* (Arbeletche *et al.*, 2007). En la cuenca de Laguna de Rocha se mantiene la cría de ganado en campo natural con una tendencia al aumento de las praderas artificiales y la agricultura de secano (Nin *et al.*, 2016; Rodríguez-Gallego *et al.*, 2017). Si bien la zona presenta aún un importante nivel de «naturalidad», enfrenta amenazas que la comprometen en el corto plazo (Achkar, 2012). A la intensificación agropecuaria se suma la consolidación y avance de los balnearios hacia costas naturales y sobre el PPLR. Los impactos negativos asociados se observan en la notoria modificación de los paisajes, aumento de la erosión costera (de Álava, 2007),

fragmentación de hábitat (Brazeiro *et al.*, 2012), aumento de la vulnerabilidad al cambio climático (Lozoya *et al.*, 2015) y aumento de la contaminación con fósforo (Rodríguez-Gallego *et al.*, 2017) y glifosato (Nardo *et al.*, 2015).

2.2.3 Principales tendencias de los factores clave de los usos actuales que definen los escenarios al año 2030

Se analizaron dos escenarios a futuro uno con PAP y expansión de los usos productivos a todos los suelos aptos actuales y potenciales; otro sin PAP donde no se concreta el puerto en la zona del Palenque pero se consolida el PLP y continúa la tendencia actual de expansión e intensificación de la agricultura y turismo (principalmente «sol y playa») a suelos aptos.

El escenario con PAP se caracterizaría por una intensificación de la producción y surgimiento de nuevos usos. Aumentaría la presión sobre la conservación de la biodiversidad con la transformación de ambientes naturales desde proyectos de infraestructura regional y nacional, en todos sus componentes (carreteras, puerto de aguas profundas, plantas de generación de energía y depósito, entre otros) (Paolino *et al.*, 2010). Se presentará una densificación de las localidades costeras consolidadas y a consolidar y el aumento de complejos turísticos o barrios privados. Esto aumenta la homogenización de ambientes, la pérdida de dunas y playas, la pérdida de valoración social por estas y disminución de la calidad del paisaje costero en general (Achkar *et al.*, 2012).

El escenario sin PAP tendría un mayor desarrollo del carácter turístico, naval y pesquero del puerto de La Paloma, con un leve aumento de carga. Se espera un aumento de la actividad en el puerto de La Paloma, con un incremento de la superficie de uso logístico, ocupando todos los suelos aptos actuales y presionando sobre suelos no aptos. La mayor presión de cambio de uso será sobre los suelos ubicados en el entorno de las Rutas 15 y 10, en el área de acceso y en el entorno inmediato al puerto actual. Actualmente allí se encuentra el mayor parque público lo que implica la pérdida de espacios públicos urbanos, desfavoreciendo la identidad local. Esto se asocia al aumento de mejoras en infraestructura para logística portuaria (vías de acceso, áreas de acopio, depósitos, edificios de servicios, estacionamientos, refacción de muelles, entre otros). Estas nuevas instalaciones podrían implicar impermeabilización de suelos, movimientos de tierras e incluso aporte de contaminantes dependiendo del tipo de infraestructura establecida. El turismo aumentaría expandiendo la urbanización sin grandes mejoras en infraestructura y servicios. La conservación se vería afectada, pero en menor medida que en el escenario con PAP.

En ambos escenarios, las zonas con predominio agrícola presentarán como amenazas el suelo descubierto, los cultivos transgénicos y la aplicación de paquetes con alto uso de agroquímicos. Los riesgos asociados son la alteración y degradación de ambientes naturales, la erosión de suelos, la contaminación, la resistencia de malezas a herbicidas, la eutrofización, entre otros. En particular el campo natural tendrá un empobrecimiento significativo en su biodiversidad debido a su reemplazo por otras coberturas como praderas artificiales y agricultura (Achkar *et al.*, 2012).

2.2.4 Aptitud de los usos actuales y en los escenarios

En la modelación multiaTRIBUTO se identificaron una serie de atributos que describen los requerimientos que tiene cada uso del suelo para poder desarrollarse en el territorio. Para la selección primaria de los atributos fueron consideradas: fuentes bibliográficas, información geográfica disponible y se consultó entre dos y tres actores calificados para cada uso. Se consideraron informantes calificados aquellas personas que desarrollan actividades técnicas o productivas relacionadas con los usos del suelo analizados y que tuvieran relación y conocimiento del área de estudio intentando cubrir diversidad de visiones y ámbitos de acción. Posteriormente, se diseñó un proceso de consulta ordenado y riguroso adaptando la metodología propuesta por Burgman (2005), Bride y Burgman

(2012), y Nin *et al.* (2016). Las entrevistas fueron estructuradas y semiestructuradas, para las que se elaboró un formulario estandarizado por cada uso analizado y se complementó con una pauta específica de preguntas abiertas para cada entrevistado según ámbito y escala de actuación. En el formulario de consulta se presentaron los atributos que podrían describir los requerimientos de cada uso en el territorio, buscando identificar su posible evolución en cada escenario analizado. En el mismo formulario se indagó sobre las posibles compatibilidades e incompatibilidades entre usos, considerando las prácticas de manejo utilizadas. Los atributos representaron el conjunto mínimo, no redundante y completo (Malczewski, 1999) y que correspondiera a un mapa en el SIG. En el formulario de consulta los entrevistados podían asignar valores numéricos a cada estado que el atributo pudiera tomar en el territorio. Dichos valores surgieron de la construcción de funciones de utilidad, que relacionan los distintos estados del atributo con su utilidad para el desarrollo de cada uso del suelo (Bojórquez–Tapia, 2001; Rodríguez–Gallego, 2012). A los estados de cada atributo que más aportan a cada uso se le otorgaron valores de utilidad más altos (0 es nula utilidad y 1 es máxima utilidad).

A continuación, los entrevistados ponderaron los atributos asignándoles un valor de acuerdo a la importancia relativa que cada atributo tiene para el desarrollo dicho uso del suelo, mediante una comparación de a pares que se realizó con el método Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty, 1980). Todos los valores de ponderación se encuentran en el intervalo (0–1). La consistencia de las matrices de ponderación se obtuvo mediante el cálculo del Índice de Consistencia (Malczewski, 1999). Cada consultado generó una primera ponderación, que fue revisada en una segunda instancia de consulta a la luz de los resultados del conjunto de los consultados, con el objetivo de buscar consenso. Los valores finales de ponderación para cada uso fueron obtenidos como el promedio de la ponderación de los consultados. Aquellos casos que fueron inconsistentes no fueron considerados para el análisis. Por último, se contrastaron las tendencias o lógicas subyacentes de los usos del suelo para los escenarios analizados. Para esto se consultó a los entrevistados si concordaban o no con frases que describían o representaban las posibles lógicas subyacentes de los escenarios futuros analizados, pudiendo realizar observaciones de ser necesario. De este modo se obtuvieron los atributos, su valoración y ponderación para la situación actual y su posible evolución para los escenarios analizados.

Una vez obtenidos los atributos la aptitud de uso del suelo en cada píxel del territorio fue obtenida por una sumatoria lineal ponderada del valor de cada atributo por su ponderación (Bojórquez–Tapia *et al.*, 2004, Rodríguez–Gallego *et al.*, 2012):

$$\text{Valor de aptitud} = \sum_i^l w_i U_f(x_i^k) \quad (1)$$

Donde w_i es la ponderación del atributo i para el uso analizado, U la utilidad del atributo i para el uso analizado, y k el total de atributos considerados para ese uso, en cada píxel. Esta ecuación implica las siguientes condiciones: (a) $0 < w_i \leq 1$; (b) $\sum w_i = 1$; (c) $0 \leq U_f(x_i^k) \leq 1$ y (d) $0 < \text{Valor de aptitud} \leq 1$.

Cada atributo se representó en un mapa o *shape* en el SIG, el que fue transformado a una grilla de formato vectorial, con una extensión igual a la superficie del área de estudio, donde cada celda o píxel tenía una resolución de media hectárea (70,7 m de lado). Cada píxel de la grilla tomó el valor del atributo en su punto central y su ponderación. Representar la información en esta grilla permitió realizar operaciones matemáticas para calcular la aptitud para cada uso en cada píxel del territorio. Para la confección de los mapas de los atributos se realizó una recopilación de información espacial disponible tanto en formato vectorial como raster para las cuencas de Laguna de Rocha y Atlántica. La información o *shapes* considerados fueron obtenidos de la base de datos SIG de

Rodríguez – Gallego L. (Facultad de Ciencias/CURE); cartas topográficas digitales (Servicio Geográfico Militar); información digital de la Dirección de Cartografía del MTOP; de Infraestructura de Datos Espaciales del MVOTMA e información catastral de la Intendencia Departamental de Rocha (IDR). Asimismo, fue construido un mapa actual de usos y coberturas del suelo del MLP a partir del mapa generado por Nin *et al.* (2016) para la cuenca de la Laguna de Rocha, al que se le agregó la zona costera. Para esto se digitalizó en pantalla el sector costero faltante utilizando la misma imagen Landsat 5 TN de resolución espacial 30x30 m de febrero de 2011. Las categorías de cobertura generadas fueron una adaptación de las generadas por Rodríguez– Gallego *et al.* (2017) y De Álava (2007). La imagen fue obtenida del sitio web del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de Brasil (<http://www.dgi.inpe.br>). Las imágenes y coberturas fueron georreferenciadas en UTM. De esta manera se obtuvo un mapa con la aptitud de uso del suelo para cada escenario analizado.

2.2.5 Optimización de los usos del suelo en la situación actual y en los escenarios

El análisis multiobjetivo se realizó para cada escenario por separado y consistió en primer lugar en una clasificación numérica de los mapas de aptitud de cada uso para obtener grupos de píxeles con aptitud homogénea. El procedimiento agrupa píxeles de acuerdo a su similitud en los valores de aptitud para los diferentes usos, lo que se realizó mediante un análisis de cluster en dos fases en el software SPSS 15.0. El método de agrupación determina un número óptimo de grupos, comparando cada una de las agrupaciones posibles utilizando el criterio de información de akaike (AIC) (Akaike, 1973; Rodríguez–Gallego *et al.*, 2012). La selección de valores atípicos se realizó con el manejo del ruido en un 25 %. La clasificación de píxeles se exportó a continuación al SIG donde se obtuvo el mapa de grupos de aptitud homogénea (GAH), que indica zonas del territorio con similitud en los valores de aptitud para todos los usos.

Posteriormente se calculó la aptitud promedio por uso por GAH a través de álgebra simple en SIG y se armó una matriz con el promedio de aptitud por uso (columnas, j) y GAH del suelo (filas, g). Los Residuales de Gower (Bojórquez–Tapia *et al.*, 1994 y 2001) se calcularon para obtener un gráfico de barras múltiples donde los valores positivos indican alta aptitud para un sector de uso específico en cada GAH. Los conflictos entre usos dentro de cada GAH se observan cuando dos usos antagónicos tienen valores positivos para los Residuales de Gower. Considerando las incompatibilidades entre los usos del suelo obtenidas en el proceso de consulta se aplicó un procedimiento de optimización mediante programación lineal por enteros (Ragsdale, 2004) utilizando el complemento Solver en una hoja de cálculo Excel 2007. Esto se realizó mediante la siguiente función objetivo: Maximizar $\sum_j Z_{gj} Y_{gj}$ (2) donde se maximiza la suma de la aptitud promedio del uso del suelo (Z_{gj}). La aptitud del suelo media se tomó como variable de decisión de la matriz (Y_{gj}). Las variables de decisión (Y_{gj}) tuvieron valores de 0 si no se selecciona el uso del suelo j en el grupo g , o 1 en caso contrario. El procedimiento de optimización estuvo sujeto a varias restricciones: $Z_{gj} \in Z$ (3); $Y_{gj} + Y_{gj} \leq 1 \forall j \neq h$ (4); $Y_{gj} = 0,1$ (5). La restricción (3) asegura que todos los usos se consideraron, la (4) evita la selección de usos de suelo antagónicos y (5) indica que las variables de decisión solo pueden tomar valores de 0 cuando la actividad no podría llevarse a cabo, o 1 cuando podría llevarse a cabo en ese grupo de píxeles específicos.

El procedimiento de optimización se realizó con y sin fijar el valor que podían tomar algunas celdas. Como criterio general se fijaron las celdas con valores máximos de aptitud promedio en cada escenario. También se corrió el procedimiento para el caso en que turismo y conservación fueran usos incompatibles. De esta manera se obtuvo un patrón de ocupación del territorio que maximiza la aptitud total del territorio y minimiza los conflictos entre los distintos sectores de uso del suelo implicados.

3. Resultados

3.1 Aptitud de uso del suelo actual y en escenarios futuros

A través del proceso de consulta fueron identificados 12 atributos. Las variaciones entre escenarios fueron definidas a través de la modificación en la forma de la capa o *shape*, cambios en los valores de utilidad o peso de los atributos, así como generación o pérdida de algún estado de los atributos. En general en el escenario con PAP disminuyeron los valores de los atributos de conservación y aumentaron los de logística (Tabla I).

Tabla I.

Atributos, utilidad (U) y ponderación (P) por escenario por sector (S). Los valores señalados en negrita indican los cambios entre escenarios.

S	ATRIBUTO ESTADO		ACTUAL		CON PAP		SIN PAP	
			U	P	U	P	U	P
TURISMO	Accesibilidad a servicios turísticos	Buffer rutas; buffer caminos; buffer caminos al NE del AP (2000 m de ancho)	1.0; 0.5; -	0.115	1.0; 0.5; 1.0	0.115	1.0; 0.5; 0.75	0.115
	Cercanía mar	Buffer 1000 m a la línea de costa	1.0	0.355	1.0	0.355	1.0	0.355
	Cercanía laguna	Buffer 50000 m a la línea de costa	1.0	0.145	1.0	0.145	1.0	0.145
	Categoría de conservación	Parque Regional Natural; Paisaje protegido LR; Área adyacente PPLR; Isla de Tuna; buffer de 150 m de la faja costera; buffer de 250 m de la EIA	0.85; 1.0; 0.5; 1.0; 0.75; 0.75	0.11	0; 1; 0.85; 0.35; 0.75; 0.75; 0.35	0.11	0.85; 1.0; 1.0; 0.2; 0.75; 0.35	0.11
	Frecuencia de inundación	Curvas de nivel (terrazas): menores a 5 m; entre 5 y 10 m; más de 10 m	0.08; 0.23; 0.7	0.275	0.08; 0.05; 0.7	0.275	0.08; 0.23; 0.7	0.275
CONSERVACIÓN	Biodiversidad y servicios ecosistémicos	Costa rocosa; arenal, dunas y playa; bosque costero; bosques ribereños y ceibal; cárcavas; humedal laguna; isla de tuna; pastizal inundable (agua dulce); pastizal inundable laguna (salobres); pastizal (no inundable)	0.85; 0.9; 1.0; 0.9; 0.7; 1.0; 0.75; 1.0; 1.0; 0.53	0.54	0.85; 0.9; 1.0; 0.9; 0.7; 1.0; 0.75; 1.0; 1.0; 0.53	0.43	0.85; 0.9; 1.0; 0.9; 0.7; 1.0; 0.75; 1.0; 1.0; 0.53	0.4
	Conectividad ecológica	Costa rocosa; arenal, dunas y playa; bosque costero; bosques ribereños y ceibal; cárcavas; humedal	0.2; 0.4; 0.8; 0.7; 0.1; 0.8; 0.5; 0.3; 0.3; 0.1	0.26	0.2; 0.4; 0.8; 0.7; 0.1; 0.8; 0.5; 0.3; 0.3; 0.1	0.35	0.2; 0.4; 0.8; 0.7; 0.1; 0.8; 0.5; 0.3; 0.3; 0.1	0.34

		laguna; isla de tuna; pastizal inundable (agua dulce); pastizal inundable laguna (salobres); pastizal (no inundable)						
	Patrimonio arqueológico	Buffer al sitio: 600; 300; 100 m; Paloma Vieja; La Pedrera casco antiguo	0.5; 0.8; 1.0; 1.0; 1.0	0.2	0.5; 0.8; 1.0; 1.0; 1.0	0.22	0.5; 0.8; 1.0; 1.0; 1.0	0.26
LOGÍSTICA	Accesibilidad a servicios logísticos	Buffer rutas y caminos: 100; 500; 1000 m de ancho	1.0; -; 0.65; 1.0	0.855	1.0; 0.65; 0.65; 1.0	0.855	-; 1.0; 0.4; 0.1	0.855
	Categoría de uso del suelo	Rural; Rural AR; Rural PTB (NE R10); Rural PTC (NE R15); Rural PTD (W Ramal 9-10); Rural PTE (Cno. del Arbolito); Rural PTH (W R15); Rural protegido (NE AP); Suburbano; Suburbano protegido; Suburbano residencial estacional AR; Suburbano logístico industrial; Urbano consolidado estacional; Urbano no consolidado estacional	0; -; -; -; -; -; 0; -; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0	0.145	0; 0.4; 0.5; 0.5; 1.0; 0.3; 0.4; 0; 0.35; -; 0.35; 0.7; 1.0; 0.6; 1.0; 0.7	0.145	0; 0.4; 1.0; 1.0; 0.5; 0; 1.0; 0; 0.5; -; 0.1; 0.35; 0; 1.0; 1.0; 0.5	0.145
AGRICULT	Tipo de suelo CONEAT	Muy baja; Baja; Media	0.06; 0.19; 0.74	0.75	Se mantiene situación actual.			
	Pendiente del suelo (%)	0; 1; 2; 3; 4; 5	1; 0.8; 0.6; 0.4; 0.2; 0	0.25	Se mantiene situación actual.			
GAD	Tipo de suelo CONEAT	Muy baja; Baja; Media; Media alta	0.04; 0.10; 0.27; 0.59	1.0	Se mantiene situación actual.			

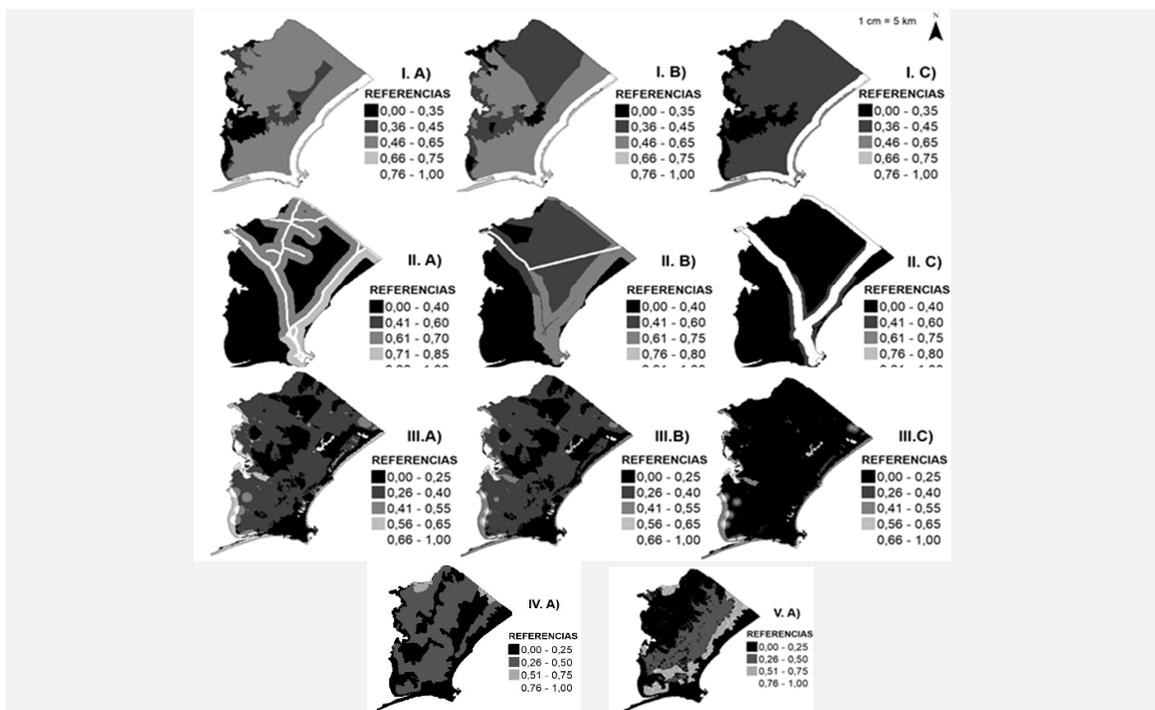
El uso turístico presentó las variaciones de superficie más significativas entre escenarios. Estos píxeles se ubican principalmente en la zona costera y en la barra arenosa de la Laguna de Rocha (Figura 2). En la situación actual logística presentó el 48 % de su superficie con valores medios a altos de aptitud, mientras que en los escenarios al año 2030 estos valores disminuyeron al 20 % de la superficie. Al mismo tiempo los valores bajos a medios aumentaron al 76 % y al 81 % de la superficie en los escenarios con y sin PAP respectivamente. En la zona *buffer* a 200 m sobre la vía del tren se concentraron los valores más aptos para Logística en todos los casos. En la situación actual y el escenario sin PAP los valores más altos de aptitud se ubicaron en la zona *buffer* a 1000 m de caminos y rutas. En el último caso con mayor superficie ocupada en la zona costera, lo que podría darse por el aumento de actividad logística en el puerto de La Paloma (Figura 2). La mayor parte del área de estudio presentó aptitud baja para Agricultura. La aptitud aumenta a medida que nos acercamos hacia la Ruta 9 y disminuye al NW y al N donde existen zonas con mayor pendiente. En el caso de la ganadería esta es una zona con aptitud de baja a media. Los suelos más aptos se ubican sobre zonas altas, hacia el norte y noreste del MLP. En ambos casos, los consultados acordaron que se mantengan los valores de la situación actual en ambos escenarios futuros. En el primer caso se prevé que los cultivos se mantengan sobre los mismos tipos de suelos y las variaciones posibles estarán dadas por el potencial aumento del cultivo de secano de verano sobre

suelos aptos actuales. Mientras que en el segundo caso ya se prevé que seguirá estable o tendiendo al aumento la producción animal sobre la misma cantidad de superficie (o incluso menos) y sobre los mismos tipos de suelos (Figura 2).

En la situación actual casi un 10 % de la superficie presentó valores medios a altos de aptitud para la conservación de la biodiversidad, mientras que en los escenarios con y sin PAP solo un 3 % de la superficie del MLP se mantuvo con esos valores. La superficie con mayor aptitud se concentró en los ambientes inundables ubicados en los márgenes de la Laguna de Rocha, los cursos de agua y el Océano Atlántico. En la zona que abarca la franja de defensa de costa (250 m desde la rivera) se presentó una baja considerable del valor de aptitud para la conservación entre la situación actual y los escenarios al año 2030. Para la conservación del Patrimonio Arqueológico la superficie con valores máximos de aptitud se ubicó dentro de los ambientes con máxima aptitud para la conservación de la biodiversidad y conectividad ecológica, en la zona oeste del MLP al borde de la Laguna de Rocha. Sin embargo, los valores medios de aptitud se presentaron en los sitios arqueológicos ubicados al este y al oeste, en los ambientes de menor aptitud para la conservación de la biodiversidad. En el caso del escenario con PAP las áreas buffer de protección a los sitios disminuyen en su superficie significativamente, mientras que en el escenario sin PAP se mantuvieron iguales a la situación actual (Figura 2).

Figura 2.

Mapas de usos del suelo de la situación actual y en los escenarios a 2030



I. Uso turístico II. Uso logístico III. Uso para la conservación IV. Uso ganadero V. Uso agrícola A) Situación actual; B) Escenario con PAP y C) Escenario sin PAP. Únicamente para los usos ganadería y agricultura los escenarios futuros fueron idénticos al actual por lo que se omiten los mapas. Las referencias indican el gradiente de aptitudes de 0 (nulo) a 1 (alta) ordenado en 5 rangos, excepto para agricultura y ganadería que se presenta con cuatro rangos.

3.2 Optimización de usos del suelo actual y en los escenarios

Los entrevistados señalaron incompatibilidades entre usos del suelo, los que se indican en la Tabla II. Agricultura, conservación y turismo se plantearon como incompatibles por la alta afectación de la agricultura sobre los ecosistemas, la biodiversidad, el suelo, el paisaje y la salud humana, fundamentalmente por la modalidad actual con importante uso de agroquímicos. Turismo es incompatible con logística debido a la interferencia que ambas actividades tienen en términos de la accesibilidad a servicios e infraestructura, por el aumento de tránsito vial y marítimo y por la afectación de las nuevas infraestructuras sobre el paisaje. Logística es incompatible con conservación debido a que la superficie utilizada para la construcción de infraestructuras y equipamientos puede generar riesgo alto de fragmentación de hábitat, afectando la biodiversidad, así como la pérdida de sitios arqueológicos. En el caso de turismo y conservación se plantearon diferencias de opinión dependiendo de la modalidad en la que se desarrolle el turismo. En el caso de que la modalidad dominante («sol y playa») siga su tendencia de aumento urbanizando sobre la faja de 250 m de costa a una capacidad de carga mayor de la que puedan tolerar los ecosistemas estas actividades deberán analizarse como incompatibles. Los que plantearon como posible la compatibilidad entre ambos usos lo argumentaron en el aumento reciente, pero aún insuficiente, de iniciativas y emprendimientos (público y privado) en ecoturismo, diversificación y desestacionabilidad de la actividad con emprendimientos que incorporan aspectos de sustentabilidad. Para la optimización se resolvió analizar ambas alternativas, pero para la evaluación de la aptitud se consideró una modalidad dominante compatible con conservación. La ganadería fue considerada como compatible con el resto de los usos en su modalidad dominante local, sobre campo natural y mejorado, y en menor medida en praderas artificiales. La incompatibilidad entre usos que presentó mayor superficie para los tres escenarios fue entre agricultura y turismo. En los tres escenarios agricultura y conservación disputan un poco más de la mitad de la superficie, donde conservación tiene el valor de aptitud media algo más alto que agricultura. Logística presentó mayor incompatibilidad para el escenario con PAP con turismo y conservación, en ambos casos se duplicó la superficie compartida respecto a la situación actual (Tabla II).

Tabla II.

Incompatibilidades entre uso del suelo.

USOS DEL SUELO INCOMPATIBLES	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO CON PAP			ESCENARIO SIN PAP		
	Sup. %	Promedio Aptitud		Sup. %	Prom. Apt.		Sup. %	Prom. Apt.	
<i>A con T</i>	90.3	0.28 A	0.52 T	90.3	0.28 A	0.48 T	90.3	0.28 A	0.44 T
<i>A con C</i>	64.8	0.29 A	0.36 C	64.8	0.29 A	0.31 C	64.8	0.29 A	0.43 C
<i>L con T</i>	53.2	0.69 L	0.58 T	86.9	0.45 L	0.49 T	56.8	0.43 L	0.47 T
<i>L con C</i>	31.6	0.69 L	0.35 C	60.6	0.42 L	0.31 C	40.7	0.38 L	0.31 C

Se indica la superficie (porcentaje del total de la superficie del MLP) de la zona en que coinciden usos incompatibles y el promedio de aptitud en la superficie compartida para usos incompatibles. A: agricultura, T: turismo, C: conservación, L: logística y G: ganadería. Los valores señalados en negrita indican los cambios más significativos entre los escenarios.

Se obtuvieron ocho GAH, mediante la clasificación numérica de los mapas de aptitud del suelo para la situación actual y el escenario PAP, mientras que en el escenario sin PAP se generaron siete grupos. En los tres casos se obtuvo, un primer GAH (ver gráficas de Residuales de Gower en Figura 3). Adicionalmente se obtuvieron otros GAH luego de sucesivos procedimientos de optimización, donde se fijaron los valores de aptitud media en celdas donde la aptitud de alguno de los usos era muy elevada y se deseaba mantener. Esto se realizó para evitar que el procedimiento de optimización eliminara dicho uso en los GAH como forma de maximizar la aptitud total del sistema. Si bien la clasificación identificó un alto número de GAH, no se registraron grupos con un solo uso, sino por el contrario, una distribución de los usos del suelo en los GAH con diversos valores de aptitud posiblemente debido a que se trata de un territorio pequeño y relativamente homogéneo.

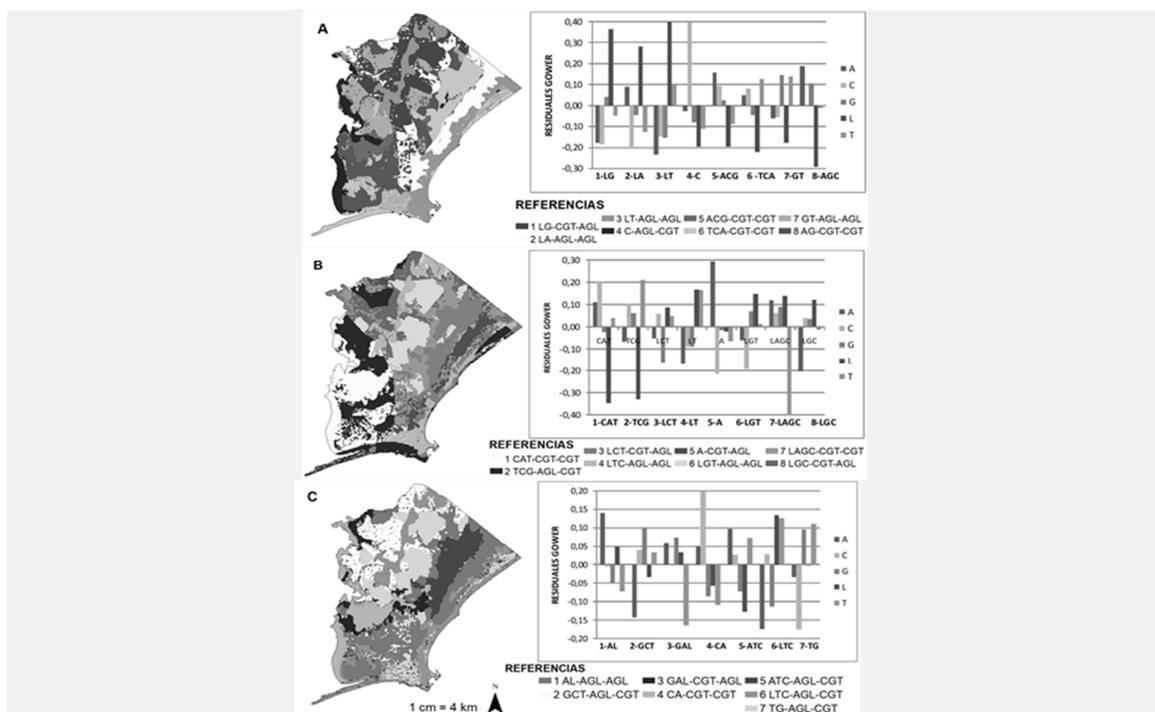
En el primer GAH en la situación actual tres grupos fueron más apropiados para Logística y uno para conservación, ambos con los valores más altos de aptitud media. En cuatro grupos apareció agricultura y el resto de los usos aparecieron en distintos grupos con valores medios a bajos de aptitud media (Figura 3A). En el escenario con PAP, logística presentó valores de aptitud media medios a medios altos en cinco de los ocho grupos, con su mayor valor en el grupo que comparte con turismo, donde ambos presentaron valores similares. Conservación y turismo aparecieron en cinco grupos (Figura 3B). En el escenario sin PAP Conservación apareció en cuatro de los siete grupos, presentando el mayor valor de aptitud media en el que compartió con Agricultura. Agricultura se mostró en cuatro grupos. Logística apareció en tres grupos, presentando valores de aptitud media de medios a bajos. Turismo apareció en cuatro grupos, tomando valores de aptitud media medios (Figura 3C). Durante la optimización logística perdió 19 % de la superficie con valores de aptitud media alta. Agricultura perdió 34 % de la superficie con valores de aptitud media, bajo a medios. Turismo perdió 28 % de la superficie con valores de aptitud media, medios a altos, mientras que para conservación se eliminó 6 % de la superficie con valores de aptitud máxima. En tanto que en el segundo procedimiento de optimización los valores medios de aptitud que se fijaron fueron: los de logística en 2 de los grupos y el de conservación en 1 grupo, por ser los más elevados. Como resultado turismo perdió 15 % de la superficie con valores máximos de aptitud, ubicados en torno al Camino del Arbolito y en la zona entre Ruta 10 y el mar. Conservación mostró valores altos de aptitud media en un 6 % de la superficie, ubicada principalmente en la planicie de inundación de la laguna (Figura 3A).

En el escenario con PAP el procedimiento de optimización eliminó del GAH original a agricultura perdiendo un 35 % de la superficie, donde el 7 % corresponden a valores de aptitud media altos mientras el resto a valores medios bajos. Logística disminuyó 38 % de la superficie con valores de aptitud media intermedios, mientras conservación perdió 30 % de la superficie con valores de aptitud media bajos. Durante el segundo procedimiento de optimización los valores aptitud media que se fijaron fueron: los de agricultura en 1 grupo y logística en 1 grupo, por ser los más elevados. Como resultado turismo disminuyó 32 % de la superficie con valores promedio de aptitud medios. Agricultura tuvo una pérdida de 16 % de la superficie con valores promedio de aptitud medios bajos. Logística perdió 18 % de la superficie y conservación perdió 38 % de la superficie, ambos con valores promedio de aptitud bajos. Se observó que los principales cambios se ubicaron en la ZC y al borde de caminos y rutas del MLP (Figura 3B). En el escenario sin PAP durante el procedimiento, sin fijar valores, agricultura redujo 14 % de la superficie con valores de aptitud media bajos. Turismo perdió 60 % de la superficie con valores de aptitud media medios. Logística disminuyó el 15 % de la superficie con valores bajos y conservación el 44 % de la superficie con valores bajos. Para este caso los valores de aptitud promedio que se fijaron fueron: agricultura y turismo, ambos en 1 grupo. El resultado obtenido fue que agricultura perdió 9 % de la superficie, logística perdió 19 % de superficie, ambos con valores bajos de aptitud media. En este escenario los valores de aptitud media de los usos analizados fueron más parejos, donde logística obtuvo los

más bajos respecto a los otros dos escenarios. En este caso también se observó que los principales cambios se ubicaron en la ZC y al borde de caminos y rutas del MLP (Figura 3C).

Figura 3.

Grupos de Aptitud Homogénea del suelo (GAH): A) mapa del escenario actual, B) mapa del escenario con PAP y C) mapa del escenario sin PAP (2030).



Las referencias de los mapas indican la asignación de usos del suelo a cada grupo en función de su aptitud media. El número indica el grupo y el primer grupo de letras indica el grupo original asignado de acuerdo a los Residuales de Gower. A la derecha de cada mapa se presenta el gráfico de barras mostrando los Residuales de Gower para cada caso (eje horizontal: n° de Grupo Homogéneo de Aptitud; eje vertical: Residuales de Gower). A: agricultura, T: turismo, C: conservación, L: logística y G: ganadería.

4. Discusión

4.1 Aptitud de usos del suelo

En general las diferencias entre los escenarios para la mayoría de los usos analizados fueron poco significativas. Esto se debió a que la variación en el estado o ponderación de los atributos no cambió drásticamente y por tanto no tuvo efectos significativos en la configuración espacial de los diferentes usos. Esto implica que la afectación al suelo puede ser muy drástica en sitios puntuales, pero no abarcaría grandes extensiones. Sin embargo, por localizada que sea la afectación podría disparar conflictos severos (Fuenzalida y Quiroz, 2012). Por otro lado, este análisis no considera otros efectos en cascada como contaminación, degradación paisajística o erosión costera, potencialmente generada por la actividad portuaria, sino que es un análisis únicamente de la ocupación espacial de cada uso del suelo.

El uso turístico presentó las variaciones más significativas entre escenarios, estas variaciones se ubican principalmente en la ZC y en la barra arenosa de la laguna. Si bien el nivel de ocupación actual de la barra es bajo, existe interés por parte de los propietarios de los predios del fraccionamiento en ocupar la zona, lo que posiblemente aumente en el futuro. Sin embargo, la ordenanza edilicia declara la barra arenosa como zona *non edificandi* (IDR OCR, 2003), el Plan de Manejo del PPLR como zona de intervención baja donde las construcciones no están permitidas (RM 1030/2016) y se establece con categoría de suelo suburbano protegido en el Plan Local de Ordenamiento Territorial Los Cabos (IDR, 2014) (cap. 3 art. 25.1 dec. deptal. 9/14), asegurando su conservación en el mediano plazo. En los escenarios al año 2030 se estima que el modelo de ocupación de emprendimientos turísticos cerrados como clubes de campo o chacras marítimas aumentará considerablemente sobre la ZC del MLP, debido a la habilitación por parte del PLOT a la transformación de categoría de uso de predios rurales a categoría suburbana de baja intensidad de uso turístico estacional (cap 3. art. 14 y 23 del PLOT). Este modelo de ocupación vinculados a categorías de turismo de baja intensidad lleva consigo consecuencias relacionadas con la privatización del espacio público, la segregación social y la pérdida de sentimiento de comunidad (Demajo Meseguer, 2014). El desarrollo del PAP atraería población, lo que implicaría aumento de urbanización e infraestructuras sobre ambientes de cárcavas. Si bien esto último no fue estudiado en detalle en este trabajo es un potencial impacto social que tiene repercusiones ambientales significativas. En ambos escenarios al año 2030 el desarrollo de emprendimientos turísticos en modalidad de barrios privados podría aumentar significativamente la segregación socioespacial, propiciando la fragmentación territorial (Dadon *et al.*, 2011; Rojo Mendoza, 2015).

La configuración espacial óptima para logística obtenida en los tres escenarios muestra una baja superficie en conflicto, pero gran potencial para disparar conflictos socioambientales (OLCA, 1998; Fuenzalida y Quiroz, 2012; OCA, 2014; Napadensky y Azocar, 2017). Hasta ahora los diferentes impulsos para el desarrollo portuario han disparado disputas sociales, donde en algunos casos intervino exacerbadamente la policía (Montevideo portal, 2012; Observatorio minero del Uruguay, 2012; OCA, 2015). Se prevé que en el escenario sin PAP la intensificación de la actividad del puerto multipropósito de La Paloma aumentaría los impactos negativos asociados, lo que podría poner en riesgo la calidad ambiental y paisajística de las playas del balneario, principal recurso turístico de la modalidad de desarrollo predominante actual. En el escenario con PAP la modificación del paisaje podría ser mayor debido a la localización prevista, donde actualmente se encuentra una zona muy poco consolidada y que no cuenta con infraestructura, equipamiento y servicios turísticos instalados.

La construcción y operación de puertos cambia y distorsiona el funcionamiento de los ecosistemas, degradando la calidad ambiental (Quintero *et al.*, 2010; Montoya *et al.*, 2010; Short *et al.*, 2013). El PLOT Los Cabos (dec. deptal. 9/14) propone una serie de acciones orientadas a mejorar el sistema vial vinculado a las actividades productivas del departamento, así como elaborar planes urbanos previstos en los PLOT. Acceder al puerto en tren y no en camiones podría disminuir los conflictos de uso entre Turismo y Logística, que se relacionan a la alteración del tránsito (una de las principales preocupaciones de los vecinos), e incluso podría reducir en superficie la zona de acopio sobre la zona costera, previendo estas en el «*hinterland*» en zonas donde ya se concentran usos industriales, de acopio y un parque eólico (sobre Ruta 9). De este modo se podrán controlar y manejar de forma más eficiente los impactos negativos. Esto resultaría en una menor afectación a la calidad ambiental y escénica del paisaje costero, pero es una alternativa con altos costos económicos, por su gran inversión inicial poner en funcionamiento el sistema ferroviario actual en desuso.

Se observó una disminución en los valores de aptitud para la conservación entre la situación actual y los escenarios al 2030, principalmente sobre la barra litoral arenosa y la planicie de inundación de la laguna, así como en los arenales y zonas de playa. Esto indicaría una mayor presión para el desarrollo de los usos turístico residencial y logístico.

En el caso del escenario con PAP las obras de infraestructura vial y de acopio necesarias, se concentrarían principalmente en la zona rural al noreste del MLP. Esto podría afectar negativamente la movilidad de las especies de interés para la conservación, generando una pérdida de conectividad ecológica entre Laguna de Rocha y Castillos, ambas áreas protegidas. Las obras de construcción o mejora de infraestructura generan la impermeabilización y remoción del suelo, afectando a los sitios de interés para la conservación del patrimonio arqueológico, al patrimonio cultural del territorio del MLP. Es imprescindible la realización de estudios de impacto arqueológicos, así como la aplicación de otras tecnologías que minimizan los impactos socioambientales (CNT, 2010; Quintana, 2012). La llamada infraestructura verde (GI) constituye una serie de prácticas de manejo de aguas pluviales descentralizadas, tales como techos verdes, árboles, jardines de nativos, pavimento permeable, que pueden capturar e infiltrar la lluvia donde cae, lo que reduce la escorrentía y evita la contaminación de los cursos de agua y playa. Esto a su vez, conduce a mantener la estabilidad de las riberas, de la calidad del agua y el paisaje, pudiendo además favorecer a la biodiversidad. Las prácticas de GI proporcionan flexibilidad a las comunidades que se enfrentan con la necesidad de adaptar las infraestructuras a un clima cambiante (CNT, 2010) y podrían ser una forma de minimizar las disputas sociales, ya que parte de las preocupaciones de los vecinos se relacionan con estos aspectos.

La ganadería en su modalidad extensiva sobre campo natural es el único uso compatible con los restantes, siendo el único uso con estas características. Tanto la ganadería como la agricultura no presentaron variaciones entre escenarios, ya que los atributos del suelo que los condicionan no se verán afectados en los escenarios analizados. En el caso de la agricultura, de expandirse a otros suelos aptos o al intensificar su producción se advierte sobre el aumento de los impactos negativos asociados a la calidad del agua, debido al aumento de la exportación de fertilizantes y fitosanitarios y consecuente pérdida del SE de provisión de agua de calidad (Rodríguez – Gallego *et al.*, 2012, Cabrera *et al.*, 2015 y Nin *et al.*, 2016). Esto indica la necesidad de que se apliquen diferentes medidas de manejo agropecuario, que minimicen la exportación de fertilizantes y fitosanitarios a los cuerpos de agua, a la vez que establece zonas de protección de la vegetación riparia, y tal vez cuotas máximas de exportación de fósforo, entre otras medidas (Sharpley, 2015; Lescano *et al.*, 2017). Estas medidas tendrían a su vez efectos positivos en la biodiversidad, manteniendo el hábitat y la conectividad entre ecosistemas.

4.2 Compatibilidad e incompatibilidad: optimizando los usos del suelo

La agricultura y logística presentaron gran interferencia con las actividades turística y de conservación por lo que se estima que en un escenario con pap la conservación y el turismo pueden ser los usos más afectados. En los tres escenarios la agricultura y la conservación disputan en un poco más de la mitad de la superficie del MLP, con valores de aptitud media bajos y parejos. Conservación presentó leves variaciones entre escenarios, apenas por encima de los valores de aptitud agrícola media. Logística presentó mayor incompatibilidad para el escenario con PAP con turismo y conservación, en ambos casos se duplicó la superficie compartida respecto a la situación actual. El desarrollo de cualquiera de los dos puertos implicaría una baja de aptitud en la mayoría del MLP promoviendo el aumento de conflictos entre usos. Se optó por considerar al turismo y la ganadería como compatibles ya que son actividades económicas principales de la zona que tradicionalmente se han complementado generando mayor derrame económico para la población local. Por otra parte, este análisis subestima los conflictos entorno a la conservación, ya que las praderas naturales no fueron consideradas como un criterio de conservación, debido a la falta de información precisa y espacial para el área de estudio. Las interferencias pueden aumentar si la urbanización por turismo o logística se intensifican, donde la conservación puede ser de los usos más afectados.

En base a la información espacial generada se observó un patrón donde los conflictos con el turismo aumentan hacia la costa y con logística hacia el noreste. Al mismo tiempo existe un segundo gradiente donde los conflictos con la conservación aumentan hacia la laguna, su barra y el corredor biológico con Laguna de Castillos. Los resultados nos muestran que es fundamental planificar un abordaje oportuno de los conflictos del uso logístico con los usos turístico y conservación, así como eventuales interferencias entre agricultura y los usos turismo y conservación. De este modo se podrían prevenir o manejar integralmente los conflictos de usos que puedan suceder a futuro. Al corto plazo es imprescindible abordar la planificación del espacio del puerto de La Paloma con el objetivo de prevenir y manejar los potenciales conflictos entre la actividad logística y turística y de residencia permanente, considerando los intereses de los pobladores locales residentes y no residentes. Con la información generada se caracterizaron los conflictos de uso del suelo por zonas homogéneas de manejo.

5. Conclusión

Nuestro trabajo indica que la configuración de usos del suelo puede cambiar en escenarios futuros en función de si se realiza o no un PAP. Dichos cambios se localizan espacialmente y son más notorios en los usos logística y turismo ya que expanden su superficie, aumentando los conflictos entre ambos usos. Logística y agricultura son los usos de mayor incompatibilidad con los usos turístico y conservación ya que acrecientan la disputa por el espacio con valores de aptitud media similar. En un escenario con PAP la afectación negativa al uso conservación podría deberse a la sustitución de ambientes naturales por infraestructura y la consecuente disminución de la conectividad biológica, y pérdida del patrimonio arqueológico, a lo que se sumarían otras afectaciones relacionadas con la construcción y posterior funcionamiento del PAP.

Sin embargo, el escenario con PAP implica menor afectación negativa al turismo que el escenario sin PAP, debido principalmente a que la mayor inversión en dicho uso se encuentra en el balneario La Paloma, la zona potencialmente más afectada por un puerto multimodal. Para profundizar el análisis del sector turístico sería necesario generar modelos de aptitud según diversas modalidades existentes o potenciales, ya que la modalidad de turismo en predios rurales puede ser compatible con la conservación de la biodiversidad y el patrimonio arqueológico, mientras que la urbanización costera tradicional es altamente impactante. Esto implicaría definir atributos para cada nueva modalidad considerada. Es posible que al incorporar atributos relacionados con la conservación del campo natural la configuración espacial óptima cambie, siendo aún más afectado el uso conservación, disminuyendo su superficie y valores medios de aptitud. Por último, es necesario avanzar en análisis de la sensibilidad sistemáticos, de los modelos multiatributo generados para cada uso en los tres escenarios. Esto permitiría evaluar cómo la solución «óptima» responde a pequeños cambios introducidos en las condiciones de partida, los que representan los cambios esperados en las tendencias futuras.

Este estudio permitió analizar los usos del suelo y sus potenciales conflictos, y propone un ordenamiento espacial que asigna los usos más aptos en el territorio más apto, tanto en la situación actual como en escenarios de desarrollo portuario. La exploración de alternativas de configuración espacial de usos del suelo brinda, a los actores sociales involucrados, la oportunidad de dialogar y acordar una visión de futuro común a través de un proceso de aprendizaje, adaptación, retroalimentación y mejoras. La metodología aquí utilizada es particularmente oportuna en el desarrollo de iniciativas en MCI, acompañando las diferentes fases del ciclo, principalmente las de preparación del plan.

Referencias bibliográficas

- Achkar, M., Blum, A., Bartesaghi, L. y Ceroni, M. (2012).** Escenarios de cambio de uso del suelo en Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias, Vida Silvestre, Sociedad Zoológica del Uruguay, CIEDUR.
- Akaike, H. (1973).** Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. En B.N. Petrov & F. Csaki (Eds.), *2nd International symposium on information theory* (pp. 267–28). Budapest, Hungría: Akademia Kiado.
- Arbeletche, P. y Carballo, C. (2007).** Dinámica agrícola y cambios en el paisaje. *Ponencia presentada en VI Congreso Ceisal para latinoamericanistas*. Bruselas. Las relaciones triangulares entre Europa y las Américas en el siglo XXI: expectativas y desafíos.
- Baldwin, R., Scherzinger, R., Lipscomb, D., Mockrin, M. & Stein, S. (2014).** Planning for land use and conservation: Assessing GIS– based conservation software for land use planning. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Barragán Muñoz, M. (2014).** *Política, gestión y litoral. Nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales*. Madrid: Editorial Tebar–Flores.
- Brazeiro, A., Soutullo, A. y Bartesaghi, L. (2012).** Prioridades de conservación dentro de las eco-regiones de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP–PPR, Facultad de Ciencias–Vida Silvestre Uruguay, Sociedad Zoológica del Uruguay, CIEDUR.
- Baudry, J. (2003).** Agricultura, paisaje y conectividad. En R.M. Garcia, *Conectividad Ambiental: las Áreas Protegidas en la Cuenca Mediterránea* (pp. 71–82). España.
- Bidegain, M. (2010).** Situación actual y perspectivas del Cambio climático. *Revista Estrategia* (5), 35–58.
- Bittencourt, G., Rodríguez Miranda, A. y Torres, S. (2009).** *Factores clave para el crecimiento económico sostenido en Uruguay*. Serie Estrategia Uruguay IIIS Doc. 01/09.
- Bittencourt, G., Rodríguez Miranda, A., Torres, S., Solorzano F., Reig, N., Prieto, G. y Becoña, S. (2009).** *Estrategia Uruguay III Siglo. Aspectos Productivos*. Serie Estrategia Uruguay IIIS.
- Bojórquez–Tapia, L.A. & Ongay–Delhumeau, E. (1992).** International lending and resource development in Mexico: can environmental quality be assured? *Ecological Economics* (5), 197–211.
- Bojórquez–Tapia, L.A., Díaz–Mondragón, S. & Ezcurra, E. (2001).** GIS–based approach for participatory decision making and land suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science* 15(2), 129–151.
- Bojórquez–Tapia, L.A., de la Cueva, H., Díaz, S., Melgarejo, D., Alcanzar (...) & Cruz–Bello, G. (2004).** Environmental conflicts and nature reserves: redesigning Sierra San Pedro Mártir National Park, México. *Biological Conservation* (117), 111–126.
- Boonyanuphap, J.D., Wattanachaiyingcharoen & Sakurai, K. (2004).** Gis–based land suitability assessment for musa (Abb group) plantation. *Journal of Applied Horticulture* (6), 3–10.
- Bride, M. & Burgman, M. (2012).** What is expert knowledge, how is such knowledge gathered, and how do we use it to address questions in landscape ecology? En A. Perera, C. Ashton Drew & C. Johnson (Eds.), *Expert Knowledge and Its Application in Landscape Ecology*. Springer.
- Burgman, M. (2005).** *Risks and decisions for conservation and environmental management*. Cambridge, UK.
- Cabrera, C. (2015).** *Optimización de usos de suelo para prevenir floraciones nocivas de fitoplancton en el Área Protegida Laguna de Rocha*. Montevideo: PEDECIBA–Geociencias.
- Carpenter, S.R. (2002).** Ecological futures: Building an ecology of the long now. *Ecology* (83), 2069–2083.

- Carr, M. & Zwick, P. (2007).** *Smart Land-Use Analysis: The LUCIS Model*. California. ESRI Press.
- Cicin-Sain, B., Knecht, R.W. & Fisk, G.W. (1995).** Growth in capacity for integrated coastal management since UNCED: an international perspective. *Ocean & Coastal Management*, 29(1-3), 93-123.
- Chow, T.E. & Sadler, R. (2010).** The consensus of local stakeholders and outside experts in suitability modeling for future camp development. *Landscape and Urban Planning* (94), 9-19.
- Cicin-Sain, B. & Knecht, R.W. (1998).** *Integrated coastal and ocean management: concepts and practice*. Washington, EE. UU.: Island Press.
- Clark, S.J., Carpenter, S.R., Barber, M., Collins, S., Dobson, A. (...) Wear, D. (2001).** Ecological Forecasts: An Emerging Imperative. *Science* (293), 657-660.
- Clark, J.R. (1998).** *Coastal seas, the conservations challenge*. Ramrod Key, Estados Unidos: Mote Marine Laboratory, Blackwell Science.
- Conde, D.W., Baliero, E., Biasco, R., Cortazzo, M., Fossati, D. (...) y Roche, I. (2007).** El manejo costero en Uruguay: estado actual principales problemáticas y perspectivas de abordaje. *Simpósio Temático Progresos en América Latina sobre Manejo Costero Integrado. COLACMAR XII*, abril 15-19, Florianópolis, Brasil.
- Dadon, J.R., Acosta, T.H., Kishimoto, Oldani, D.J.I., Giorno, M. y Pezzoni, M. (2010).** *Urbanizaciones Cerradas en la Zona Costera del Delta del Paraná. Nuevas Modalidades de Ocupación y sus Impactos Ambientales*. Sede de Investigación: GEC, FADU, UBA/ CONICET.
- Da Silva, C.J., Cardozo, O.D., Odrizola, J.G. y Bondar, C.E. (2013).** Usos del Suelo: Distribución, Análisis y Clasificación con Sistemas de Información Geográfica (SIG), *Geografía y Sistemas de Información Geográfica* (GESIG-UNLU, Luján) (5), 142-152.
- De Álava, D. (2007).** Incidencia del Proceso de Transformación Antrópico en el Sistema Costero La Paloma, Cabo Polonio, Rocha, Uruguay (tesis inédita de Maestría en Ciencias Ambientales). Montevideo Uruguay.
- Degregorio, C. (2013).** Una salida al mar, una entrada al capital. Una aproximación antropológica al conflicto socio-ambiental suscitado por la instalación de una terminal maderera en el puerto de La Paloma, Uruguay. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Licenciatura en Ciencias Antropológicas. Informe de trabajo del taller II en Antropología Social y Cultural.
- Demajo Meseguer, L. (2014).** Barrios cerrados en ciudades latinoamericanas. *Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*. 1(1), 151-160.
- Di Minin, E., Mac Millan, D., Goodman, P., Escott, B., Slotow, R. & Moilanen, A. (2013).** Conservation businesses and conservation planning in a biological diversity hotspot. *Conservation Biology* 27(4), 808-820.
- Dobrovolski, R., Loyola, R., Da Fonseca, G., Diniz-Filho, J. y Araújo, M. (2014).** Globalizing conservation efforts to save species and enhance food production. *BioScience* (64), 539-545.
- Forst, M. (2009).** The convergence of integrated coastal zone management and the ecosystems approach. *Ocean Coast. Manag.* (52), 294-306.
- Fuenzalida, M. y Quiroz, R. (2012).** La dimensión espacial de los conflictos ambientales en Chile. Lo público. Un espacio en disputa. *Polis* (31), Centro de Investigación sociedad y políticas públicas (CISPO). <http://polis.revues-org>
- Gómez Erache, M. y Pignataro, G. (2010).** *Cambio climático y turismo. Proyecto Implementación de medidas piloto de Adaptación al Cambio Climático en áreas costeras de Uruguay* (Proyecto PNUD URU/07/G32). Montevideo, Uruguay: Unidad de Cambio Climático DINAMA-MVOTMA.

- Gómez, M., Conde, D. y Villamarzo, R. (2010).** *Sostenibilidad de la gestión integrada en la zona costera del Uruguay*. Montevideo, Uruguay: ECOPLATA/IDRo.
- Gorfinkiel, D. (2006).** The Economic Valuation of Coastal Areas: The Case of Uruguay. *Ocean Yearbook*, 20, 411–34.
- Goyos, F., Lagos, X., Verrastro, N. y De Alava, D. (2011).** *Gobernanza costera para un sistema sócio-ecológico*. Centro Interdisciplinario para el Manejo Costero Integrado del Cono Sur (Manejo Costero Integrado en Uruguay: ocho ensayos interdisciplinarios). Montevideo, Uruguay: UDELAR/CIDA.
- Gurrutxaga San Vicente, M. (2011).** La gestión de la conectividad ecológica del territorio en España: iniciativas y retos. Universidad del País Vasco. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (56), 225–244.
- Hawkins, V. & Selman, P. (2002).** Landscape scale planning: exploring alternative land use scenarios. *Landsc. Urban Plan* (60), 211–224.
- Kleppel, G.S., DeVoe, M.R. & Rawson, M.V. (2006).** *Changing Land Use Patterns in the Coastal Zone. Managing Environmental Quality in Rapidly Developing Regions*. Springer USA.
- Lescano, C., Ruibal, M., Barreto, P., Piñeiro, V., Lozoya, J.P. (...) y Rodríguez-Gallego, L. (2017).** Rol de los pastizales naturales en la retención de nutrientes provenientes de la agricultura. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*. INNOTEC 2017 (13), 78–91. dx.doi.org/10.26461/13.08
- Ligmann and Zielinska, A., Church, R.L. & Jankowski, P. (2008).** Spatial optimization as a generative technique for sustainable multiobjective land and use allocation. *International Journal of Geographical Information Science*, 22(6), 601–622.
- Lozoya, J.P., Conde, D., Asmus, M., Polette, M., Píriz, C. (...) & Moraes, A. (2015).** Linking Social perception and Risk Analysis to Assess Vulnerability of Coastal Socio-ecological Systems to Climate Change in Atlantic South America. In *Handbook of Climate Change Adaptation* (pp. 373–399). Springer Berlin Heidelberg.
- Mahmoud, M., Liu, Y., Hartmann, H., Stewart, S., Wagener & Winter, L. (2009).** A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making. *Environmental Modelling & Software* (24), 798–808.
- Malczewski, J. (1999).** *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: Wiley.
- Malczewski, J. (2006).** GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science* 20(7), 703–726
- Martino, D., Mandeville, P., Molpeceres, A., Bernardi, R., Scasso, F. (...) y Gallicchio, E. (2009).** *Uruguay 2009 – medio ambiente: desafíos y políticas públicas*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y para el Medio Ambiente y Programa de Desarrollo Local ART Uruguay.
- Mastrangelo, M., Weyland, F., Villarino, S., Barral, M.P., Nahuelhual, L. & Lateralra, P. (2014).** Concepts and methods for landscape multifunctionality and unifying framework based on ecosystem services. *Landsc. Ecol.* 29(2), 345–358.
- Medina Vazquez, J. (2000).** La construcción social del futuro. Anotaciones desde la previsión humana y social. Ponencia preparada para el *IV Encuentro Iberoamericano de Estudios Prospectivos*, La Habana, enero 2000. www.uruguaypiensa.org.uy/andocasociado.aspx?485,1092
- Moilanen, A., Anderson, B., Eigenbrod, F., Heinemeyer, A., Roy, D. (...) & Thomas, C. (2011).** Balancing alternative land uses in conservation prioritization. *Ecological Applications*, 21(5) 1419–1426.
- Moilanen, A., Franco, A., Early, R., Fox, R., Wintle, B. y Thomas, C. (2005).** *Prioritising multiple use landscapes for conservation: methods for large multi species planning problems*. Proceedings of the Royal Society B.

- Montoya Arango, V., Puerta Silva, C. y González, L.A. (2010).** El componente social en los sistemas de monitoreo ambiental: hacia un manejo integrado de la actividad portuaria. *Gestión y Ambiente*, Diciembre–Sin año, 65–74.
- Nin, M., Soutullo, A., Rodríguez–Gallego, L. & Di Minin, E. (2016).** Ecosystem services–based land planning for environmental impact avoidance. *Ecosystem Services* (17), 172–184.
- O’Farrell, P. & Anderson, P. (2010).** Sustainable multifunctional landscapes: are view to implementation. *Curr. Opin. Environ. Sustain*, 2(1–2), 59–65.
- Olsen, S., Lowry, K. & Tobey, J. (1999).** *A Manual for Assessing Progress in Coastal Management*. The University of Rhode Island, Coastal Resources Center. SIDA–USAID. USA.
- Paolino, C., Lanzilotta, B., Perera, M. y Novas V. (Colab.) (2009).** Tendencias productivas en Uruguay – los sectores agroindustriales, turismo y minería. Aportes para la definición de Áreas protegidas. Proyecto fortalecimiento del proceso de implementación del Sistema nacional de áreas Protegidas. Primer informe de avance.
- Paolino, C., Lanzilotta, B., Perera, M. y Novas V. (Colab.) (2010).** Aporte para la definición de Áreas protegidas. Grado de dificultad y viabilidad de implementación de áreas protegidas en el territorio. Proyecto fortalecimiento del proceso de implementación del Sistema nacional de áreas Protegidas. Segundo informe.
- Peterson, G., Cumming, G.S. & Carpenter, S.R. (2003).** Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology* (17), 358–366.
- Post, J. & Lundin, C.G. (Eds.) (1996).** Guidelines for integrated coastal zone management. Environmental Sustainable Development Studies and Monographs Series, 9. Washington DC: The World Bank.
- Quintero, R. (2012).** *Principles, Practices, and Challenges for Green Infrastructure Projects in Latin America*. Inter–American Development Bank.
- Quintero, R., Luz, A., Agudelo, E. A., Quintana Hernández, Y.A., Cardona Gallo, S.A. y Osorio Arias, A.F., (2010).** Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. *Gestión y Ambiente*, diciembre, 51–64.
- Ragsdale, C.T. (2004)** *Spreadsheet modeling and decision analysis, 4th edn*. Thomson Southern–Western, Mason.
- Rodríguez Gallego, L. (2010).** Eutrofización de lagunas costeras en el Uruguay: impacto y optimización de usos del suelo (tesis inédita de doctorado PEDECIBA). Sección Limnología, IECA, Facultad de Ciencias, UdelaR.
- Rodríguez–Gallego, L., Achkar, M. & Conde, D. (2012).** Land Suitability Assessment in the Catchment Area of Four Southwestern Atlantic Coastal Lagoons: Multicriteria and Optimization Modeling. *Environmental Management*. DOI 10.1007/s00267-012-9843-4.
- Rodríguez–Gallego, L., Achkar, M., Defeo, O., Vidal, L., Meerhoff, E. & Conde, D. (2017).** Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 188, 116–126.
- Rojo Mendoza, F. (2015).** Transformaciones urbanas vinculadas a barrios cerrados: evidencias para la discusión sobre fragmentación espacial en ciudades latinoamericanas. Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. Cuadernos de geografía. *Revista Colombiana de Geografía*, 24(1), Bogotá, Colombia.
- Saaty, T. (1980).** *The analytical hierarchy process*. New York, EE. UU.: McGraw Hill.
- Salinas Chávez, E. (2013). Reflexiones acerca del papel del ordenamiento territorial en la planificación y gestión ambiental. *Perspectiva Geográfica*, 18(1), 141–156. <http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/perspectiva/article/view/2254>

- Santelmann, M.V., White, D., Freemark, K., Nassauer, J. I., Eilers, J. M. (...) y Cruse, R.M. (2004). Assessing alternative futures for agriculture in Iowa, USA. *Landscape ecology*, 19(4), 357–374.
- Schmitz, M.F., Díaz Pineda, F., De Aranzabal, I. y Álvarez, M.C. (2006). Conectividad territorial: procesos horizontales del paisaje e interferencias del transporte humano. *Carreteras*, 150, 26–42
- Sharpley, A.N., Bergström, L., Aronsson, H., Bechmann, M., Bolster, C. H. (...) y Tonderski, K.S. (2015). Future agriculture with minimized phosphorus losses to waters: *Research needs and direction*. *Ambio*, 44(2), 163–179.
- Short, M., Baker, M., Carter, J., Jones, C. & Jay, S. (2013). *Strategic environmental assessment and land use planning: an international evaluation*. Routledge

Fuentes

- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2010). Cambio climático: una perspectiva regional. Cumbre de la Unidad de América Latina y el Caribe. Riviera Maya, Mexico. Recuperado de https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5069/2010-109-Cambio_climatico-una_perspectiva_regional.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CEPAL (2012). Integración puerto ferrocarril: Desafíos y oportunidades para América Latina. Boletín FAL. Edición nº 3, 10 (número 7). www.cepal.org/transporte
- CNT (Center for Neighborhood Technology) (2010). The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. Chicago (IL 60647). www.cnt.org
www.americanrivers.org
- COSIPLAN (Consejo Suramericano de Infraestructura y planemiento) (2012). Plan de acción estratégico 2012–2022. http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/Uploads/Documents/rc_brasilia11_1_pae.pdf
- Decreto Poder Ejecutivo 196, Puerto de Aguas Profundidad en la zona del balneario El Palenque, Rocha.
- Decreto Poder Ejecutivo 383 para la expropiación de aproximadamente 161 predios urbanos en la zona del balneario El Palenque, Rocha.
- GESAMP (1996). The contributions of Science to Integrated Coastal Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- GESAMP–FAO (1999). La contribución de la ciencia al manejo costero integrado. Inf. Estud. GESAMP (61).
- Intendencia Municipal de Rocha–Dirección de Ordenamiento Territorial (2003). Ordenanza Costera de Rocha. <http://www.rocha.gub.uy/images/DIRECCION%20DE%20ARQUITECTURA/Ordenanza%20Costera%20aprobada%20dic%2003.pdf>
- Intendencia Municipal de Rocha–Dirección de Ordenamiento Territorio (2010). Plan Parcial de ordenamiento territorial Los Cabos. Decreto 9/14. <http://www.rocha.gub>
- Intendencia Municipal de Rocha–Dirección de Ordenamiento Territorial (2007). Decreto 17/2007 de Renovación Costera y Reparcelamiento. www.rocha.gub.uy/.../427_DECRETO%2042009%20Reglamentario%20LOyDS.doc
- Intendencia Departamental de Rocha y Sistema Nacional de Áreas Protegidas (IDR–SNAP) (2012). Plan de Manejo del Paisaje Protegido Laguna de Rocha. <http://www.mvotma.gub.uy/portal/areas-protegidas/item/10006538-paisaje-protegido-laguna-de-rocha.html>
- INE (2011). Microdatos del Censo. Instituto Nacional de Estadística, Montevideo. <http://www.ine.gub.uy/>

Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP). (1976). Grupos de suelos CONEAT, Mapa de Suelos CONEAT. Montevideo.

Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOP) (2010). Plan Estratégico de Transporte, Logística e Infraestructura 2030. Dirección Nacional de Planificación y Logística (DNPL) MTOP. BID, PNUD, OPP.

Ministerio de Turismo (Mintur) (2011). Memoria anual. Área de Investigación y Estadística MINTUR.

Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2003). *Ecosystems and Human Well-Being. A Framework For Assessment*. World Resources Institute; Series: Millennium Ecosystem Assessment Series.

Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.

Montevideo portal (2012). Nota de prensa en <http://www.montevideo.com.uy/contenido/Varios-detenidos-en-la-Paloma-177609>

Observatorio minero del Uruguay (2012). Nota de prensa en <http://www.observatorio-minero-del-uruguay.com/2012/08/la-paloma-no-se-rinde/>

OCA (2014). Observatorio de Conflictos Ambientales. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia.

OCA (2015). Observatorio de Conflictos Ambientales. Rio Grande do sul, Brasil.

OLCA (1998). *Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales*. Santiago de Chile, Chile.

Probides (Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable) (1999). Propuesta de Ordenamiento Territorial. Microrregión de La Paloma, La Pedrera. Facultad de Arquitectura y Comisión Sectorial de Investigación Científica Universidad de la República. Uruguay.

Resolución Ministerial de aprobación del Plan de manejo de PPLR. RM 1030/2016.

SNAP-MVOTMA (2010). Informe documento de ingreso del Paisaje Protegido Laguna de Rocha al Sistema Nacional de áreas Protegidas. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.