

Aproximación al Ordenamiento Territorial de la Cuenca del Arroyo Colorado desde la Ecología del Paisaje y el Enfoque de Servicios Ecosistémicos

Trabajo Final

Autor: Gabriel Giordano

Tutoras: M.Sc. Isabel Gadino (GET-CURE); M.Sc. Luciana Mello de Carvalho (DINOT-
MVOTMA)

Año: 2018

Ciclo de Profundización: Ordenamiento Territorial

Licenciatura en Gestión Ambiental

Centro Universitario Regional Este

Universidad de la República



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Índice

Resumen	6
Abstract	8
1. Introducción	10
1.1. Presentación	10
1.2. Justificación	10
2. Marco teórico	13
2.1. Procesos de ordenamiento territorial y sistemas socioecológicos	13
2.2. Servicios ecosistémicos	15
2.2.1 Enfoque de servicios ecosistémicos	15
2.2.2. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial	17
2.3. Ecología del Paisaje	20
2.3.1. El territorio y el paisaje en Ecología del Paisaje	20
2.3.2. Mosaico y modelo matriz-parche-corredor	21
2.3.3. Métricas de paisaje	23
2.3.4. Ecología del Paisaje en el ordenamiento territorial	25
2.4. Propuestas conceptuales y prácticas en el ordenamiento territorial	27
2.4.1. Áreas protegidas	27
2.4.2. Red ecológica	28
2.4.3. Infraestructura verde	29
3. Objetivos	31
3.1. Objetivo general	31
3.2. Objetivos específicos	31
4. Metodología	32
4.1. Estrategia de trabajo	32
4.2. Ubicación del área de estudio	32
4.3. Definición del área de estudio	33
4.4. Antecedentes	34
4.5. Metodología del Objetivo específico 1	34
4.6. Metodología del Objetivo específico 2	35
4.7. Metodología del Objetivo específico 3	36
4.8. Metodología del Objetivo específico 4	38
5. Resultados	40
5.1. Caracterización del área de estudio	40

5.1.1. Marco normativo e Instrumentos de Ordenamiento Territorial	40
5.1.1.1 Instrumentos de Ordenamiento Territorial vigentes	40
5.1.1.2. Instrumentos de Ordenamiento Territorial previstos	41
5.1.1.3. Otra normativa y planificaciones	42
5.1.2. Características demográficas	42
5.1.3. Características socio-económicas, históricas y culturales	44
5.1.4. Coberturas de suelo y estructuras y procesos asociados	46
5.1.4.1. Suelo urbano	48
5.1.4.2. Actividades extractivas	51
5.1.4.3. Agroecosistemas	53
5.1.4.4. Ecosistemas terrestres naturales y semi-naturales	54
5.1.4.5. Ecosistemas acuáticos	55
5.1.5. Cambios de cobertura de suelo	57
5.2. Análisis de la cobertura de monte nativo desde la Ecología del Paisaje	58
5.3. Mapeo del servicio ecosistémico hábitat para especies	60
5.4. Corredores del paisaje prioritarios para la conformación de una red ecológica de monte nativo	61
6. Discusión	63
6.1. Alternativas superadoras de la configuración territorial actual	67
7. Bibliografía	69
8. Anexos	79

Índice de figuras

Figura 1. El modelo “en cascada”, diagrama de flujo de procesos que ocurren en el sistema socioecológico	17
Figura 2. Escalera ascendente de integración de procedimientos de EMSE y su capacidad para orientar la toma de decisiones en el contexto de planes de OT	18
Figura 3. Elementos del paisaje en el marco de un modelo matriz-parche-corredor	21
Figura 4. Posibles diseños de infraestructura vial y efectos sobre el paisaje	26
Figura 5. Aproximación ecológica y administrativa de un mismo mosaico de uso del suelo.	26
Figura 6. Ubicación y delimitación del área de estudio (cuenca del arroyo Colorado)	33
Figura 7. Municipios y cuenca del arroyo Colorado	42
Figura 8. Cobertura de suelo de la CAC clasificada en 17 Clases para el año 2011	45
Figura 9. Saneamiento del área del PTM7	48
Figura 10. Ubicación regional de las zonas balasteras	50

Figura 11. Coberturas de suelo Cultivos Regados y de Secano < 4-5 has, Cultivos Regados > 4-5 has, Cultivos de Secano > 4-5 has, Frutales y Plantación Forestal del año 2011	52
Figura 12. Coberturas de suelo Monte Nativo, Herbáceo Natural y Arbustos del año 2011 ..	53
Figura 13. Principales cursos de agua de la Cuenca del Arroyo Colorado y Áreas Naturales inundables	55
Figura 14. Cobertura de suelo Monte Nativo: A) Año 2000. B) Año 2011.....	58
Figura 15. Hábitat para especies	60
Figura 16. Conectividad y corredores entre las áreas de hábitat Monte Nativo	61
Figura 17. Corredores entre las áreas de hábitat Monte Nativo prioritarios para la conformación de una red ecológica	62

Índice de tablas

Tabla 1. Principales contrastes conceptuales entre los enfoques actuales y tempranos del proceso de OT	14
Tabla 2. Evolución demográfica por localidad y año de Censo	41
Tabla 3. Coberturas de suelo y respectivas áreas y porcentajes de ocupación de la cuenca para el año 2011.....	46
Tabla 4. Coberturas de suelo y respectivas áreas y porcentajes de ocupación de la cuenca para los años 2000 y 2011, y variación del área y porcentaje de variación de cada cobertura en el período 2000-2011.....	56
Tabla 5. Métricas de paisaje a nivel de clase para la CS Monte Nativo y escenario simulado.....	59

Índice de anexos

Anexo 1. Procedimiento metodológico de los objetivos específicos 3 y 4	79
Anexo 2. Sistema de clasificación de la Coberturas de Suelo de Álvarez et al. (2015)	80
Anexo 3. Definiciones de las Cobertura de Suelo clasificadas en 17 Clases	81
Anexo 4. Métricas de paisaje utilizadas	83
Anexo 5. Métricas de paisaje a nivel de polígono para la cobertura de suelo Monte Nativo del año 2011 y del escenario simulado “Monte nativo 2”.....	84
Anexo 6. Descripción de la herramienta “hábitat para especies” detallada en el software <i>ECOSER 2.1</i>	87
Anexo 7. Valores de la capa Humedales y cuerpos de agua	88
Anexo 8. Configuración de los pasos del proceso realizado en <i>Linkage Mapper</i>	89
Anexo 9. Intersección del área de estudio con el ámbito del PTM7	90
Anexo 10. Intersección del área de estudio con el Área Protegida con Recursos Manejados Humedales de Santa Lucía	91
Anexo 11. Fotos de áreas de precariedad o problemáticas ambientales.....	92
Anexo 12. Categorización de uso de suelo de acuerdo a los IOTs vigentes para la CAC ..	95
Anexo 13. Área y porcentaje de ocupación de la CAC de las Categorías de suelo de los IOT.....	96
Anexo 14. Infraestructura vial de la CAC	97

Anexo 15. Lista de especies para la celda K28: Los Cerrillos	98
Anexo 16. Aprovechamientos de agua tramitados por DINAGUA en la CAC	102
Anexo 17. Mapa de la CAC del índice de vegetación de diferencia normalizada, generado para el mapeo del SE “hábitat para especies	103
Anexo 18. Mapa de la CAC del coeficiente de estabilidad del índice de vegetación de diferencia normalizada, generado para el mapeo del SE “hábitat para especies	104

Abreviaturas y siglas

AP - Área protegida

CURE - Centro Universitario de la Región Este

DINOT - Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial

EMSE - Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos

GET - Grupo de Estudio Territoriales

IDC - Intendencia de Canelones

IDM - Intendencia de Montevideo

IOT - Instrumento de Ordenamiento Territorial

IV - Infraestructura verde

LOTDS - Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible

MVOTMA - Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

OT - Ordenamiento territorial

RE - Red ecológica

SE - Servicio ecosistémico

SSE - Sistema socioecológico

Resumen

En las últimas décadas, el Ordenamiento Territorial ha incorporado conceptos y prácticas de las ciencias ambientales, como son el ordenamiento espacial con base ecosistémica y las interacciones entre los procesos ecológicos y sociales.

En este trabajo se llevó a cabo una aproximación a la Ecología del Paisaje y al Enfoque de Servicios Ecosistémicos y su aplicación en el diagnóstico y la planificación territorial de la cuenca del arroyo Colorado (Canelones-Montevideo, Uruguay, cuenca baja del río Santa Lucía). El ámbito de estudio corresponde a un paisaje con diversos usos de suelo, comprendiendo un alto porcentaje de área agrícola, parte de un Área Protegida, áreas de actividades extractivas en estado de explotación o de abandono, y la conurbación de las ciudades La Paz, Las Piedras, 18 de Mayo y Progreso.

Para la descripción del área de estudio se realizó una revisión bibliográfica y se utilizó un sistema de información geográfica (*ArcGis*) para poder analizar aspectos territoriales desde diferentes dimensiones: se analizaron los usos de suelo, sus actividades y procesos asociados y los cambios de cobertura de suelo entre los años 2000 y 2011. En base a métricas de análisis espacial y utilizando la herramienta *Patch Analyst*, se comparó la cobertura de monte nativo del año 2011 con un escenario simulado de expansión de esa cobertura. Se utilizó el protocolo *ECOSER* para generar un mapa de provisión de hábitat para especies y en base a este último se mapearon los corredores entre parches de monte nativo con la herramienta *Linkage Mapper*.

A partir del análisis bibliográfico y de la información geográfica se reconoce que el área de estudio está fuertemente transformada por la actividad humana y que en los últimos 15 años ha transitado procesos de intensificación agrícola y de expansión del área logística, entre otros. Se detectaron diferentes problemas y conflictos ambientales: impactos de las actividades industriales-extractivas sobre las zonas circundantes (urbanas, suburbanas y agrícolas); expulsión de la población rural; precariedad habitacional y económica; deterioro de la calidad de cursos de agua y de las zonas riparias asociado a diferentes actividades y usos de suelo; erosión de suelos; contaminación por residuos sólidos; falta de espacio público; conflictos entre la propiedad privada y la conservación y restauración de corredores biológicos; y carencia de una red y de infraestructura ecológica funcional y adecuada. Por otra parte, no se detectaron cambios significativos de cobertura de suelo entre los años 2000 y 2011. Se obtuvo un mapa con los parches y corredores clave para la conectividad del monte nativo y la provisión de hábitat para especies en la cuenca del arroyo Colorado, base para la planificación de una red ecológica de monte nativo. Por último, se plantean limitaciones de los resultados obtenidos y lineamientos

y propuestas para la incorporación de la Ecología del Paisaje y el Enfoque de Servicios Ecosistémicos al ordenamiento territorial del área.

Palabras claves: ordenamiento territorial; sistema de información geográfica; mapeo de servicios ecosistémicos; ecología del paisaje; cuenca del arroyo Colorado.

Abstract

In the last decades, land use planning has incorporated concepts and practices of environmental sciences, such as landscape designing and planning based on ecosystems and the interactions between ecological and social processes.

In this work, an approach to Landscape Ecology and the Ecosystem Services Approach with its application in the diagnosis and territorial planning of the Colorado stream basin (Canelones-Montevideo, Uruguay, lower basin of the Río Santa Lucía) was carried out. The study area corresponds to a landscape with diverse land uses, comprising a high percentage of agricultural area, part of a Protected Area, areas of extractive activities in a state of exploitation or abandonment, and the conurbation of the cities La Paz, Las Piedras, 18 de Mayo and Progreso.

For the description of the study area, a bibliographic review was carried out and a geographic information system (ArcGis) was used to analyze territorial aspects from different dimensions: the land uses, their associated activities and processes, and the changes in land cover between 2000 and 2011 were analyzed. Based on spatial analysis metrics and using the Patch Analyst tool, a comparison between the native forest coverage in the year 2011 and simulated scenery of the expansion of this cover was analyzed. The ECOSER protocol was used to generate a map of habitat provision for species and based on the latter, corridors between native forest patches were mapped with the Linkage Mapper tool.

From the bibliographic review and geographic information analysis, it is recognized that the study area is strongly transformed by human activity and that in the last 15 years has gone through processes of agricultural intensification and expansion of the logistics area, among others. Different problems and environmental conflicts were detected: impacts of the industrial-extractive activities on the surrounding areas (urban, suburban and agricultural); expulsion of the rural population; precarious housing and economies; deterioration in the quality of water courses and riparian zones associated with different activities and land uses; soil erosion; pollution by solid waste; lack of public space; conflicts between private property and the conservation and restoration of biological corridors; and lack of a functional and adequate ecological network and infrastructure. On the other hand, there aren't significant changes in land cover between 2000 and 2011. A map was obtained with the key patches and corridors for the connectivity of the native forest and the provision of habitat for species in the Colorado stream basin, the basis for the planning of an ecological network of native forest. Finally, some limitations on the obtained results and guidelines and proposals for the incorporation of

Landscape Ecology and the Ecosystem Services Approach to the landscape planning of the area are presented.

Key words: land use planning; geographic information system; ecosystem services mapping; landscape ecology; Colorado stream basin.

1. Introducción

1.1. Presentación

El presente trabajo corresponde al Trabajo Final de la Licenciatura en Gestión Ambiental (LGA) y se realizó en el marco de una pasantía convenida entre el Grupo de Estudios Territoriales del Centro Universitario Regional Este (GET-CURE) y la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (DINOT) del Ministerio de Vivienda, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (MVOTMA). Esta constó de 12 horas semanales, 6 en oficina y 6 extra-oficina, durante 6 meses, desde principio de mayo a fin de octubre del 2017, posteriormente se trabajó en la elaboración del presente trabajo.

El equipo tutor estuvo compuesto por la M.Sc. Luciana Mello de DINOT-MVOTMA y por la M.Sc. Isabel Gadino de GET-CURE. En base a temas de interés para la DINOT y los antecedentes realizados en la Monografía de la LGA, se definió que el objetivo de la pasantía sería la puesta en práctica de metodologías y herramientas para la consideración de los ecosistemas y los beneficios que estos brindan a los seres humanos en la planificación territorial de un área de interés para la DINOT: la cuenca del arroyo Colorado, la cual es parte del Área Metropolitana de Montevideo e incluye a la conurbación de La Paz – Las Piedras – 18 de mayo – Progreso (Canelones, Uruguay).

Para la utilización del protocolo *ECOSER 2.1* se participó durante la pasantía en DINOT en una jornada y un taller en el marco del “V Foro sobre servicios ecosistémicos / Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos: Protocolo Ecoser” organizado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, en el que la Lic. Ximena Sirimarco introdujo a un grupo técnico interministerial en el uso de la herramienta; posteriormente se intercambió información con la Dra. María Paula Barral en la etapa de puesta en práctica de la herramienta, co-responsable de la creación y el desarrollo de la herramienta. Para la utilización de la herramienta *Linkage Mapper* se participó en un foro de consulta¹ de los creadores de la herramienta en el cual también se intercambió información en la etapa de puesta en práctica de la herramienta.

1.2. Justificación

En las últimas décadas, el creciente reconocimiento de que las personas y sociedades son eco e interdependientes (Herrero, 2006), así como de la evidencia alarmante de los procesos de alteración ecosistémica a diferentes escalas (Gonzalez de Molina y Toledo, 2014; Steffen et al.,

¹ <https://groups.google.com/forum/#!forum/linkage-mapper>

2015; Nash et al., 2017), ha llevado a buscar comprender y cambiar las formas en que las sociedades y sus economías se relacionan con los ecosistemas y conforman territorios. En este sentido, el **ordenamiento territorial** (OT) se ha consolidado como un marco político-técnico adoptado por organismos estatales de diferentes niveles y por diferentes grupos académicos y disciplinas para incidir en el devenir de los territorios, así como también por habitantes, organizaciones sociales y productivas-comerciales en experiencias de OT participativas (Martín-López et al., 2012).

El OT como área de conocimiento interdisciplinar ha incorporado diferentes aportes de las ciencias naturales y ambientales que no se han traspasado automáticamente al ámbito de la planificación territorial y la toma de decisiones. Tanto en territorios con menor presencia humana, así como en áreas urbanas, se han reconocido los procesos, funciones y “servicios” que generan los seres vivos y los ecosistemas y que dan sustento a la economía y a la sociedad, denominándolos bajo el término **servicios ecosistémicos** (SE). En este sentido se han desarrollado e integrado marcos teóricos, métodos y herramientas de distintos campos disciplinares con el fin de incorporar la dimensión ecosistémica y los SE en los procesos de OT. Entre estos marcos la **evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos** (EMSE) y la **Ecología del Paisaje** (EP) son crecientemente utilizados. Por otra parte, se han utilizado instrumentos legales y diferentes estrategias de gestión con el fin de conservar o de recuperar SE que se han perdido o degradado, como son las **áreas protegidas** (AP), las **redes ecológicas** (RE) o la **infraestructura verde** (IV) (Remolina, 2011).

El OT en Uruguay, aunque con diversos antecedentes en planificación territorial, se formaliza legislativamente en el año 2008 mediante la Ley N° 18.308 “**Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible**” (LOTDS), instituyendo nuevos ámbitos y mecanismos de acción e interacción para diferentes organismos estatales y la sociedad civil en la planificación y gestión del territorio.

En este marco, los Gobiernos Departamentales del país y la DINOT en conjunto con diferentes actores, llevan a cabo procesos de OT mediante diferentes **Instrumentos de Ordenamiento Territorial** (IOT) previstos en la LOTDS. Esta ley plantea que los “instrumentos de ordenamiento territorial establecerán una regulación ambientalmente sustentable, asumiendo como objetivo prioritario la conservación del ambiente, comprendiendo los recursos naturales y la biodiversidad, adoptando soluciones que garanticen la sostenibilidad” (art. 47 de la LOTDS).

Este trabajo se enmarca en el interés en profundizar en el uso de las herramientas e instrumentos legales mencionados, y evaluar su aplicabilidad en el OT de un área con diferentes problemas y

conflictos ambientales y que cuenta con seis instrumentos de ordenamiento territorial vigentes.

2. Marco teórico

2.1. Procesos de ordenamiento territorial y sistemas socioecológicos

El **territorio** -o el sistema territorial- se puede definir como la proyección estática y dinámica en el espacio de las actividades y políticas económicas, sociales, culturales y ambientales de una sociedad, llevada a cabo de forma más o menos espontánea y planificadamente (Gómez-Orea, 2007; Sosa-Velásquez, 2012). El territorio es también el resultado y el proceso de co-adaptación entre el sistema social y el ecológico, lo que configura un **sistema socioecológico** (SSE) (Berkes et al., 2003; Anderies et al., 2004).

La **configuración del territorio** -u organización del territorio- refiere a la forma en que están dispuestos y relacionados los elementos constitutivos del territorio, es decir a la configuración espacial de los usos y coberturas del suelo (Lattera y Nahuelhual, 2014). La organización del territorio depende de la influencia de impulsores internos y externos y de mecanismos de retroalimentación, de amplificación y de amortiguación en y entre los subsistemas sociales y los subsistemas ecológicos, y es el resultado de decisiones individuales y colectivas y de diversos eventos y procesos, entre los que confluyen dinámicas y enfoques de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo (Lattera y Nahuelhual, 2014; Paruelo et al., 2014a).

Frente a los desafíos y conflictos que emergen en los territorios, el **ordenamiento territorial** se ha consolidado como un proceso político, técnico, administrativo, participativo, interactivo e iterativo, orientado a la planificación y gestión del uso y la ocupación del territorio en función de sus características, posibilidades y restricciones biofísicas, culturales, socioeconómicas y político-institucionales, y en base a objetivos explícitos que propicien un uso justo y sustentable del territorio (Paruelo et al., 2014a; Pascale-Medina et al., 2014). Dado que los atributos de los SSE dependen de las interacciones entre los múltiples subsistemas sociales, económicos, políticos y ecológicos, el análisis y la gestión de estas interacciones requieren de aportes disciplinares y al mismo tiempo de contribuciones inter y transdisciplinarias y saberes no académicos (Funtowicz y Ravetz, 2000; Brown et al., 2010; Bammer, 2013).

En la Tabla 1 Lattera y Nahuehual (2014) sintetizan la evolución conceptual de los enfoques tempranos de OT hasta los enfoques actuales. En sus enfoques tempranos el OT tuvo un fuerte sesgo productivo y apuntaba al aprovechamiento de recursos naturales claves, y las AP constituyeron la principal estrategia de conservación de ecosistemas, implementándose sobre todo de niveles micro-regionales a locales de gestión, y focalizada en especies animales y vegetales o paisajes escénicos-visuales. En el pasaje a los enfoques actuales de OT, las AP

pasan a planificarse y gestionarse con un mayor énfasis en la integridad ecosistémica y conectividad ecológica, conservando o restaurando funciones ecosistémicas claves y RE a diferentes escalas de abordaje territorial y niveles jurisdiccionales, en la multifuncionalidad del paisaje, en los SE y en la co-gestión de los ecosistemas a nivel local (Martín-López et al., 2012). Al mismo tiempo se pasa a integrar las áreas urbanas haciendo énfasis en sus sistemas de áreas verdes, su IV y en sus flujos internos y externos de biodiversidad, materiales y energía (Marull et al., 2010; Pulighe et al., 2016).

Tabla 1. Principales contrastes conceptuales entre los enfoques actuales y tempranos del proceso de OT. (Tomada de Laterra y Nahuelhual, 2014: 91).

	Enfoques tempranos	Enfoques actuales
Supuestos	Las mejores decisiones dependen exclusivamente de criterios técnicos.	Las mejores decisiones dependen de criterios técnicos valorados y discutidos por el conjunto de actores sociales.
Criterios	Eficiencia en el aprovechamiento de los recursos naturales e insumos.	Sustentabilidad de los sistemas de producción. Equidad.
	Protección de la biodiversidad por su valor intrínseco.	Conservación de ecosistemas por su valor funcional, capacidad de brindar beneficios tangibles e intangibles y vulnerabilidad frente a distintas amenazas.
Entorno socioeconómico, político y ambiental	Estados autoritarios y sociedades escasamente participativas. Bajo capital social.	Órdenes democráticos. Papel creciente de las ONG y organizaciones de base. Diversidad de opiniones y de medios de comunicación.
	Concentración económica, social y productiva. Migraciones internas.	Descentralización. Estímulo a economías regionales y a la democracia económica.
Estrategias de implementación	Segregación de grano grueso entre áreas de producción vs conservación (“zonificaciones”). Paisajes uniformes.	Integración de grano fino entre áreas de producción y conservación con fines antropocéntricos (captura de servicios ecosistémicos). Paisajes heterogéneos y multifuncionales.
	Fuertes regulaciones. Escasos mecanismos de retrocontrol.	Educación; empoderamiento de sectores sociales que proveen SE; incentivos y fortalecimiento de mecanismos de retrocontrol.

2.2. Servicios ecosistémicos

2.2.1 Enfoque de servicios ecosistémicos

El **enfoque de servicios ecosistémicos** consiste en la combinación de los siguientes elementos básicos: a) información sobre funciones ecológicas de producción (relaciones entre atributos de los ecosistemas y provisión de SE); b) flujos o propagación de esos SE; c) beneficiarios; d) compromisos o *trade-offs* (no monetarios y/o relaciones de costo-beneficio monetarias); e) instrumentos para la captura, conservación o restauración de SE; y f) componentes de la gobernanza capaces de afectar el flujo de SE (Fisher et al., 2009; Laterra et al., 2015).

Existen diferentes clasificaciones de los SE y metodologías para la evaluación de estos. Una de las clasificaciones más usadas y conocidas y que realizó una aproximación a los SE a nivel mundial (MEA, 2005) los clasifica en cuatro categorías: **servicios de regulación** (beneficios derivados de la regulación de los procesos de los ecosistemas: regulación del clima, control de erosión, control de inundaciones, purificación y calidad del agua y aire, descomposición de residuos, control de plagas y enfermedades, etc.); **servicios de provisión** (bienes y productos obtenidos de los ecosistemas: alimentos, agua, madera, minerales, farmacéuticos, energía, etc.); **servicios culturales** (beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas a través de: el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación, las experiencias estéticas, la educación, las ciencias, etc.); y **servicios de soporte** (propiedades del ecosistema necesarias para la producción de los anteriores servicios y que dependen de la integridad del ecosistema: producción primaria, producción de oxígeno atmosférico, formación y retención del suelo, ciclos de nutrientes y del agua, provisión de hábitat, dispersión de semillas, etc.).

Los ecosistemas proporcionan diferentes tipos de SE: los humedales son esenciales para el ciclo de nutrientes y la provisión de agua; los bosques pueden ser fundamentales en el mantenimiento de la biodiversidad, la provisión de recursos genéticos, la mitigación de inundaciones, la provisión de madera o el secuestro de carbono; los agroecosistemas son esenciales para una producción sustentable de alimentos, proveen puestos de trabajo y medios de vida, pueden ser fuente de conocimiento ecológico tradicional o local y conservar biodiversidad alimentaria u otros recursos genéticos.

Últimamente está en cuestión si los ecosistemas urbanos cumplen un rol como proveedores de SE. Algunos autores reconocen a las urbes como ecosistemas capaces de producir efectos con impacto directo en la salud y seguridad. El diseño de la infraestructura verde en una ciudad

puede jugar un rol importante en proveer SE como son la purificación del aire, la reducción del ruido, el mantenimiento de temperaturas urbanas óptimas, la mitigación de escorrentía o sobre la preservación de la biodiversidad. Las ciudades también proveen SE culturales como son los diferentes usos de los espacios verdes públicos o privados y de los paisajes, la valoración del patrimonio natural urbano o las actividades educativas y científicas, y pueden ser muy importantes en la provisión de algunos recursos genéticos como pueden ser frutales, huertas urbanas o plantas medicinales o aromáticas (Gómez-Baggethun y Barton, 2013; Baró et al., 2016; Maes et al., 2016).

El sistema de *Common International Classification of Ecosystem Services*² (CICES), describe un flujo de procesos socioecológicos (ver Figura 1) en el que se distinguen: los **SE de soporte** (o **SE intermedios**), que son atributos y funciones ecosistémicas que se relacionan al mantenimiento de la integridad y al soporte de los SE finales; los SE (o **SE finales**), como aquellos procesos ecosistémicos que soportan directa o inmediatamente la generación de beneficios (corresponden a los de regulación, provisión y culturales en la clasificación de MEA (2005)); y los **bienes y beneficios**, como aquellos productos finales de los ecosistemas que en interacción con la actividad socioeconómica y/o cultural aportan al bienestar y son valorados. Las diferentes valoraciones que se realizan de estos bienes y beneficios en el sistema social y económico son las que generan diferentes presiones sobre los atributos y funciones ecosistémicas y priorizan directa o indirectamente la demanda de ciertos SE (ver Figura 1).

Uno de los principales aportes de la clara distinción entre servicios intermedios y SE finales es el reconocimiento de que una misma estructura, proceso o función puede aportar a distintos SE y que un mismo SE puede depender de distintas funciones, y que, por lo tanto, los beneficios derivados de los SE no se vinculan directa y biunívocamente con las funciones. Al mismo tiempo, las interacciones sociedad-ecosistemas satisfacen diversas necesidades humanas, y diferentes personas pueden usar el mismo ecosistema y obtener diferentes beneficios (Spangenberg et al., 2014, en Shah y Garg, 2017). Así mismo los SE no consisten solamente en los beneficios derivados de los ecosistemas, ya que estos últimos representan sólo la porción de SE efectivamente capturada o usada para incrementar o satisfacer las necesidades o el bienestar de las sociedades, es decir, mientras el flujo de SE finales e intermedios refleja la capacidad real o potencial de un ecosistema o de determinada porción del paisaje para soportar beneficios (p.ej. mantenimiento de un caudal de agua de calidad), estos últimos exigen la intervención humana (p.ej. apropiación, transformación, circulación, entrega domiciliar de agua potable) (Latterra y Nahuelhual, 2014).

² <https://cices.eu/> ; <http://openness.hugin.com/> ; adoptado por la European Environment Agency en base a Haines-Young and Potschin (2010).

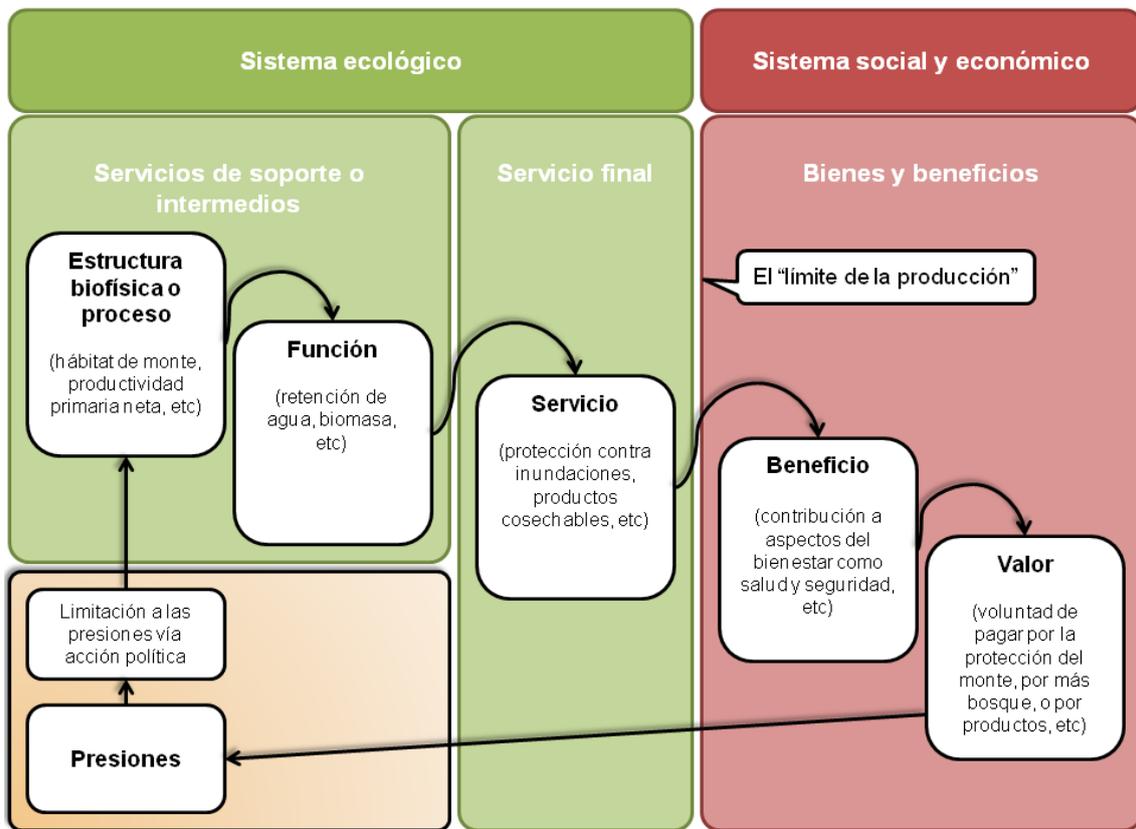


Figura 1. El modelo “en cascada”, diagrama de flujo de procesos que ocurren en el sistema socioecológico. Tomada y traducida de: Potschin y Haines-Young, 2017.

2.2.2. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial

La **evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos** (EMSE) es un campo de investigación basado en el enfoque de SE y en su especialización a través de un **sistema de información geográfica** (SIG). En los últimos años la EMSE ha recibido una creciente atención por parte de muchos investigadores y tomadores de decisión (Burkhard y Maes, 2017). Al igual que en la conceptualización y clasificación de los SE, existe una diversidad de enfoques metodológicos de EMSE dependiendo, entre otros, de los objetivos de la evaluación, de los SE considerados, de los contextos territoriales específicos y de las escalas espacio-temporales tomadas (Andrew et al., 2015; Bastian et al., 2015; Maes et al., 2016; Englund et al., 2017).

Partiendo del modelo “en cascada” de SE, Laterra et al. (2015) plantean un procedimiento de EMSE haciendo énfasis en su utilidad para un proceso de OT, en el que agregan la evaluación de los antagonismos y sinergias entre SE, de la vulnerabilidad socioambiental y de los riesgos y

oportunidades territoriales, así como plantean los atributos requeridos del proceso del EMSE para una mayor utilidad para el proceso de OT (ver Figura 2).

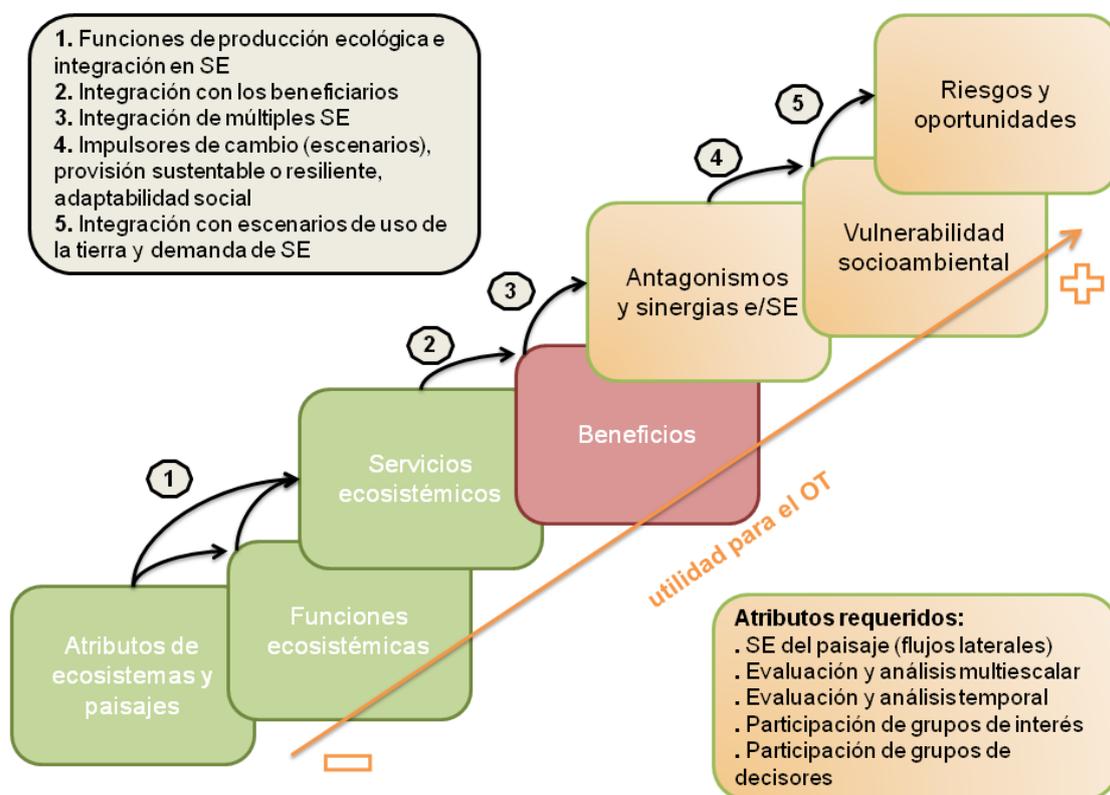


Figura 2. Escalera ascendente de integración de procedimientos de EMSE y su capacidad para orientar la toma de decisiones en el contexto de planes de OT. Modificado de Laterra y Nahuelhual (2014) y de Laterra et al. (2015).

Para que la EMSE sirva de insumo a un proceso de OT es importante que se realice una evaluación y mapeo de cada una de las etapas del modelo presentado, y que estos mapas sean capaces de enmarcar una toma de decisiones participativa en torno a sitios de SE prioritarios, entre otros sitios capaces de ofrecer múltiples SE en forma sinérgica o simplemente simultánea (paisajes multifuncionales y *hotspots*), sitios con un alto balance de demanda y oferta de SE o con una alta susceptibilidad a la pérdida de SE y una alta demanda por los mismos (Laterra et al., 2015). Por otra parte estos mapas se agregan y presentan de diferentes formas en el proceso de evaluación, ya que representan informaciones muy diferentes (p.ej. diferentes SE) y de distinta relevancia en el proceso de OT (Laterra y Nahuelhual, 2014). No necesariamente se realizan en orden “ascendente” sino que a lo largo del proceso de OT puede existir un ida y vuelta en la generación de diagnósticos y escenarios.

Por otra parte, la mayoría de los esfuerzos de EMSE han sido realizados para áreas relativamente grandes (regionales y provinciales) que se basan generalmente en mapas de

uso/cobertura de suelo, mientras que ha habido un énfasis limitado en escalas aún mayores (continentales/mundiales) o a nivel urbano usando datos de alta resolución (Pulighe et al., 2016). En este sentido, dado que la EMSE de los ecosistemas urbanos depende de datos de entrada cuantitativos, completos y de alta resolución, el conocimiento y la cartografía sobre los vínculos entre estos y el proceso de generación y propagación de SE sigue siendo limitado, y por ende el potencial de planificación y gestión urbanas es al momento también limitado (Pulighe et al., 2016).

La EMSE representa un aporte muy valioso al proceso de diagnóstico y planificación territorial a través de la posibilidad de generar diferentes escenarios y de hacer explícitos los cambios que tendrán lugar en distintas configuraciones del paisaje (Paruelo et al., 2014b). El reconocimiento de áreas capaces de brindar un alto flujo potencial de SE y beneficios para la sociedad a partir del buen funcionamiento de los ecosistemas, así como también la aplicación de instrumentos para su conservación o restauración en suelo de propiedad pública o privada, representan un claro avance respecto al encaje de los ecosistemas en el modelo de OT tradicional (Viglizzo et al., 2011; Laterra y Nahuelhual, 2014; Jackson y Palmer, 2014).

No obstante, cuando el objetivo está puesto en el mediano y largo plazo como ocurre en los procesos de OT, es normal que los mapas de flujos de SE no puedan reflejar por sí solos cuántos SE son necesarios y cuántos se pueden perder, la integridad ecosistémica, ni el valor de los ecosistemas para el bienestar de la sociedad en ese horizonte de tiempo (Laterra y Nahuelhual, 2014). La no consideración de antagonismos y sinergias en la sociedad y entre los SE, de la susceptibilidad a factores de estrés, de la resiliencia frente a disturbios naturales o antrópicos y de la adaptabilidad social frente a esos cambios, puede hacer de los mapas de SE una herramienta riesgosa (Laterra et al., 2016; Lennon, 2015).

En este sentido, si bien el enfoque de SE fue pensado para sustentar la toma de decisiones respecto al uso del suelo, su eficacia depende de la capacidad de instrumentación y monitoreo y de otras características del proceso de OT como el tipo de participación, que puede ir de una instancia informativa-consultiva hasta proceso de delegación y co-gestión (Shand y Arnberg, 1996; IAP2, 2007; Laterra y Nahuelhual, 2014). En este sentido, enfoques más recientes consideran que lograr paisajes multifuncionales requiere de procesos de **cogestión adaptativa** (Plummer, 2009; Fabricius y Currie, 2015) donde la responsabilidad de la gestión de los ecosistemas sea compartida entre diferentes actores locales, y donde los mismos actores aprenden de sus propias acciones en un proceso de acierto y error (Martín-López et al., 2012).

2.3. Ecología del Paisaje

La **Ecología del Paisaje (EP)** es un área de conocimiento asociada a la Ecología y otras disciplinas y que posee una extensa literatura teórica y diferentes aplicaciones en territorios (Farina, 2006; Mateucci, 2006; Wu, 2017). Como aproximación a este campo se hace una reseña de sus marcos teóricos y prácticos generales de forma no exhaustiva.

2.3.1. El territorio y el paisaje en Ecología del Paisaje

El objetivo de la EP es conocer la estructura espacial, el funcionamiento y los cambios que se producen en los diferentes ecosistemas de un paisaje, en base a la configuración espacial de los elementos y sus propiedades (Forman y Godron, 1986).

En EP, el paisaje (territorio o mosaico) es un área caracterizada por tener una determinada heterogeneidad de elementos categóricos (generalmente usos/coberturas de suelo), cada uno con diferentes propiedades. La delimitación del área se realiza en función de los objetivos del análisis y no necesariamente corresponde con la extensión íntegra de un ecosistema o bioma; aun así el análisis de EP toma más sentido ecológico cuando se delimita el área de estudio desde la perspectiva de una población biológica, una comunidad o un proceso ecológico en particular (McGarigal, 2015). Son los objetivos del análisis los que delimitan el territorio y priorizan los elementos y relaciones a estudiar, así como la extensión y por lo tanto las escalas espacio-temporales en la que se trabaja (Durán et al., 2002; Irastorza, 2006).

Aunque son disciplinas relacionadas, la definición de “paisaje” en EP difiere de la definición utilizada en Ecología (paisaje como unidad ecosistémica de nivel regional, p.ej.: paisaje regional (Noss, 1990), o las diferentes clasificaciones que se han propuesto para los paisajes del Uruguay (Evia y Gudynas, 2000; Brazeiro, 2015)) y también de la concepción de paisaje o territorio del OT en que la dimensión social y simbólica del paisaje adquiere relevancia; por esto muchos autores prefieren no emplear el término paisaje para desde la EP referirse al mosaico (Mateucci, 2004).

Siguiendo a Turner (2001) existen otras dos diferencias importantes entre la EP y la Ecología: en primer lugar, la EP da una importancia explícita a la configuración espacial para entender los procesos ecológicos; en segundo lugar, normalmente la EP estudia extensiones mayores que las estudiadas en Ecología.

En EP se analizan 7 principios emergentes de la heterogeneidad de elementos paisajísticos: estructura y función del paisaje; diversidad biótica; movimiento de especies; redistribución de nutrientes; flujo de energía; cambio del paisaje; y estabilidad (Forman, 1995). La EP estudia la interacción entre el patrón espacial y los procesos ecológicos, es decir las causas y las consecuencias de la heterogeneidad espacial a lo largo de una serie de escalas, dando lugar a un conjunto de principios diferentes de aquellos que gobiernan las poblaciones y comunidades a escalas espaciales y temporales normalmente más reducidas (Irastorza, 2006).

2.3.2. Mosaico y modelo matriz-parche-corredor

Existen al menos dos corrientes de análisis de los patrones espaciales del paisaje y los mapas categóricos: la “Teoría de biogeografía de islas” (McArthur y Wilson, 1967) y el modelo de “mosaico del paisaje” o “matriz-parche-corredor” (Forman y Godron, 1986; Forman, 1995; McGarigal, 2002).

El mosaico se compone por tres tipos de **elementos del paisaje** (ver Figura 3): **matriz**, **parche** (o fragmento) y **corredor** (Forman y Godron, 1986). Cualquier paisaje se puede describir a partir de estos tres elementos y de la configuración espacial que estos presenten (Forman, 1995).

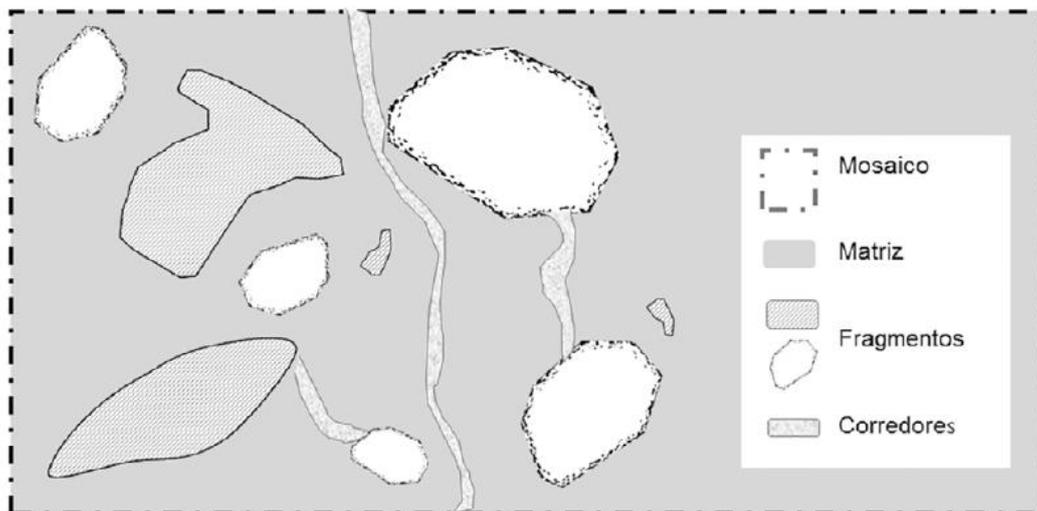


Figura 3. Elementos del paisaje en el marco de un modelo matriz-parche-corredor. Fuente: Armenteras y Vargas, 2016.

La matriz es el tipo de ecosistema dentro del cual se insertan los parches y corredores, constituye “el fondo” del mosaico (Mateucci, 2004). Algunos autores asignan la categoría de matriz al ecosistema dominante en extensión, sin embargo la matriz corresponde al elemento más interconectado y menos fraccionado, y que controla en mayor medida la dinámica del

paisaje y los flujos de este, el cual no es necesariamente el elemento de mayor extensión (Mateucci, 2004). La **conectividad ecológica** es un atributo funcional del paisaje específico para cada especie o comunidad, y tiene gran relevancia en la persistencia y dispersión de poblaciones junto a otros factores fundamentales como la cantidad y calidad de hábitat (Taylor et al., 2006). La conectividad es esencial para la integridad del ecosistema y es degradada por la fragmentación de la matriz. De acuerdo al grado de contraste de contenidos entre matriz y parches y a los hábitos de las especies, la matriz funciona como hábitat, fuente o destino de especies, o como corredor o barrera entre parches (Mateucci, 2004). En este sentido, la **resistencia de la matriz** para las especies usualmente ha sido estimada, sea por expertos basándose en clasificaciones de cobertura de suelo, o en base a conocimiento empírico del uso de hábitat y/o facilidad de dispersión a través de diferentes tipos de hábitat (Muratet et al, 2013).

Los parches son unidades espaciales relativamente singulares en relación con el entorno (Mateucci, 2004). El parche puede tener tamaños, formas y tipos de borde muy variados, posee un área núcleo y un borde que hace de zona de transición entre el área núcleo y el ambiente fuera del parche. Los parches pueden ser clasificados según sus orígenes tomando en cuenta sus mecanismos de formación y transformación (Forman y Godron, 1986). Los parches son dinámicos, se producen a múltiples escalas y sus límites solo son significativos cuando se hace referencia a una escala en particular (McGarigal, 2015).

Los corredores son fragmentos alargados que atraviesan el mosaico y cuyo contenido difiere del de los elementos vecinos, pueden ser naturales (cursos de agua, vegetación riparia, etc.) o antrópicos (vías de comunicación, ductos, tendidos eléctricos). Los atributos de los corredores son el ancho y la longitud, el grado de ondulación, el grado de continuidad (frecuencia y tamaño de interrupciones), el contenido e intensidad (contraste de contenidos) y la presencia de corredores internos (Vila et al., 2006). Las redes son entramados de corredores con intersecciones entre nodos o parches. Los corredores y redes pueden funcionar como conducto, barrera o filtro, hábitat, fuente, o destino de especies (Mateucci, 2004).

La EP estudia el paisaje en base a tres parámetros (Forman, 1995):

- **Estructura.** La estructura del paisaje se refiere a las características propias de cada elemento así como a la configuración espacial que adoptan entre sí estos elementos: el tamaño, la forma, orientación, el tipo de borde, las distancias entre estos o el grado de aislamiento o conectividad que mantienen, entre otros. Esta forma de análisis permite establecer tipologías a partir de métricas de paisaje, sobre las cuales es posible realizar análisis comparativos entre diferentes

paisajes e inferir determinado funcionamiento. A la estructura también se le ha denominado en algunos trabajos “configuración” o “patrones espaciales” (Armenteras y Vargas, 2016).

- **Funcionamiento.** Refiere a los flujos, movimientos e interacciones entre las especies, minerales, nutrientes y energía a través de la estructura del paisaje y entre los elementos espaciales que lo componen, y es determinado en base a líneas de base y parametrización de campo en relación con las métricas de estructura del paisaje.

- **Cambios.** Se refiere al estudio de la evolución y desarrollo de la estructura y el funcionamiento del mosaico paisajístico a lo largo del tiempo, considerando por ejemplo el análisis de la estabilidad en el paisaje y su relación con los fenómenos de perturbación y transformación.

La configuración espacial de los diferentes elementos influye en los procesos ecológicos a nivel de mosaico y, a la inversa, los procesos ecológicos modifican la organización espacial de los elementos. Los elementos del paisaje también afectan a las poblaciones mediante su forma y su composición y la estructura del paisaje es un determinante central en los procesos biológicos que mantienen y generan la biodiversidad (Gurrutxaga y Lozano, 2008; Borthagaray, 2013). En paisajes dominados por perturbaciones, los patrones pueden fluctuar ampliamente con el tiempo en respuesta a la interacción entre perturbaciones y procesos de sucesión (McGarigal, 2015).

2.3.3. Métricas de paisaje

Se denomina **métricas** (o **índices**) **de paisaje** a los cálculos y las estadísticas desarrolladas para analizar mapas categóricos enfocándose en la caracterización de las propiedades geométricas y espaciales de los elementos y en los patrones representados en los mapas (McGarigal, 2002).

Con la disponibilidad de la tecnología de los SIG y los *software* de cálculo de patrones de paisaje como *FRAGSTATS* (McGarigal et al. 1995), *Patch Analyst* (Rempel et al., 2012), *VLATE* (Lang y Tiede, 2003), *PolyFrag* (MacLean y Congalton, 2013), *StraKa* (Pechanec et al., 2008), *IndiFrag* (Sapena y Ruiz, 2015), entre otros, se hizo relativamente simple generar medidas de patrones de paisaje para caracterizar la heterogeneidad de los paisajes (Li et al. 2005). Sin embargo, el cálculo de los índices sin hipótesis previa no resulta eficaz ni eficiente (Mateucci, 2004; Vila et al., 2006; Turner y Gardner, 2015).

Siguiendo a McGarigal (2015) las métricas de paisaje se pueden clasificar según midan o no los patrones de paisaje con referencia explícita a un proceso ecológico particular:

- Las **métricas estructurales** se pueden definir como aquellas que miden la composición física o la configuración del mosaico de parches sin referencia explícita a un proceso ecológico. La relevancia funcional del valor calculado se deja para la interpretación durante un paso posterior. La mayoría de las métricas de paisaje son de este tipo.

- Las **métricas funcionales**, por otro lado, se pueden definir como aquellas que miden explícitamente el patrón del paisaje de una manera funcionalmente relevante para el organismo o proceso ecosistémico en consideración. Las métricas funcionales requieren una parametrización adicional antes de su cálculo, es decir que la misma métrica puede indicar múltiples valores según las especificaciones del investigador.

Por otra parte, se pueden diferenciar cinco grandes tipos de índices de paisaje (McGarigal et al., 1995; Botequilha et al., 2006):

- Índices de área, superficie, densidad y variabilidad: son índices centrados en las características de dimensión y en el número de fragmentos que conforman el área de estudio y permiten disponer de una primera aproximación general a las características de un determinado paisaje.

- Índices de forma: son índices que refieren a las características de forma de los fragmentos y se basan en la relación entre área y perímetro.

- Índices de ecotono y hábitat interior: permiten hacer cálculos sobre la amplitud del ecotono, (o hábitat de borde) en relación con el hábitat interior, para esto es preciso determinar una amplitud del ecotono que será diferente en función de las características propias de cada fragmento y especie y del contraste en relación con el o los fragmento/s colindantes.

- Índices de distancia, vecindad y conectividad: calculan la distancia desde el hábitat de borde de un fragmento hasta el fragmento más próximo al mismo tipo y sirven para valorar el grado de aislamiento o conectividad existente entre los distintos fragmentos.

- Índices de diversidad del paisaje: aportan información relevante para poder comparar distintos paisajes o la evolución de un paisaje en diferentes momentos históricos.

Las métricas de paisaje se aplican a tres niveles de agregación: a nivel de elemento (o fragmento), a nivel de clase y a nivel de paisaje (Forman, 1995). La mayoría de las métricas de nivel de clase y de paisaje derivan de los atributos y métricas a nivel de elemento, y en este sentido muchas métricas tienen contrapartes en todos los niveles, sin embargo sus interpretaciones son diferentes (Cushman et al., 2008; McGarigal, 2015).

Las métricas a nivel de elemento pueden ser calculadas en base a los píxeles (representando el contexto espacial de los píxeles individuales) o a los polígonos (representando el carácter espacial y el contexto de parches individuales) de un mapa categórico; las métricas a nivel de clase representan la cantidad y la distribución espacial de un solo tipo de parche y pueden interpretarse como índices de fragmentación; las métricas a nivel de paisaje representan el patrón espacial de todo el mosaico de paisaje y refieren a la heterogeneidad de este, integrando los niveles de clase y fragmento (McGarigal, 2015).

Los índices de paisaje cuantifican el patrón del paisaje solo dentro del límite designado, en consecuencia, la interpretación de estas métricas y su importancia ecológica requiere tener en cuenta el contexto y la apertura del paisaje en relación con el fenómeno en cuestión. La "apertura" del paisaje depende del fenómeno considerado así como de la base utilizada para delinear el límite del paisaje, por ejemplo, desde una perspectiva geomorfológica o hidrológica, la cuenca hidrográfica forma un paisaje y podría considerarse relativamente "cerrado", más allá de que energía y materiales fluyen hacia afuera de este paisaje y el contexto influye en la entrada de energía y materiales al afectar el clima y demás (McGarigal, 2015).

2.3.4. Ecología del Paisaje en el ordenamiento territorial

La EP ha sido utilizada en la investigación y en la planificación de territorios con diferentes grados de transformación (desde los menos alterados a los más intervenidos como los paisajes agrícolas o urbanos), y existen bases sólidas de referencia y herramientas informáticas cada vez más precisas (Gurrutxaga y Lozano, 2008; Gurrutxaga, 2013; Herrero, 2013). Aun así dada la complejidad y heterogeneidad de los territorios y contextos particulares no siempre se tiene la suficiente experiencia e información para aplicar las herramientas de la EP correctamente en los casos en que se busca aplicar (Mateucci y Silva, 2005; Santos et al., 2013).

De Luis (2013) plantea que el enfoque paisajístico aplicado en la planificación territorial se ocupa de estudiar propuestas orientadas a mejorar la funcionalidad de los paisajes y a restaurar su conectividad. Según Irastorza (2006) los principios de la EP sirven para planificar y ordenar el territorio y para que los usos del espacio favorezcan la integridad ecosistémica teniendo en cuenta procesos ecológicos a diferentes escalas.

Las presiones de diferentes actividades humanas sin un marco de planificación y gestión territorial adecuado generalmente generan impactos negativos sobre el paisaje y sobre el funcionamiento de los ecosistemas, dado que el territorio queda regulado por políticas

sectoriales con elevada incidencia territorial, como las de infraestructuras de transporte, urbanística y agraria, que se desarrollan sin tomar en cuenta la interacción territorial entre estas y los ecosistemas (ver Figura 4 y Figura 5) (Gurrutxaga, 2013). Como medida correctora se procura buscar procedimientos para asegurar la sustentabilidad, diseñando trayectos de conexión que potencien la conectividad de elementos, materia o energía, y RE que maximicen los SE, como regulación de inundaciones, regulación de plagas, hábitat para especies, y minimicen el aislamiento y las pérdidas de propiedades abióticas o bióticas, como la erosión de suelos o la pérdida de biodiversidad (De Luis, 2013).

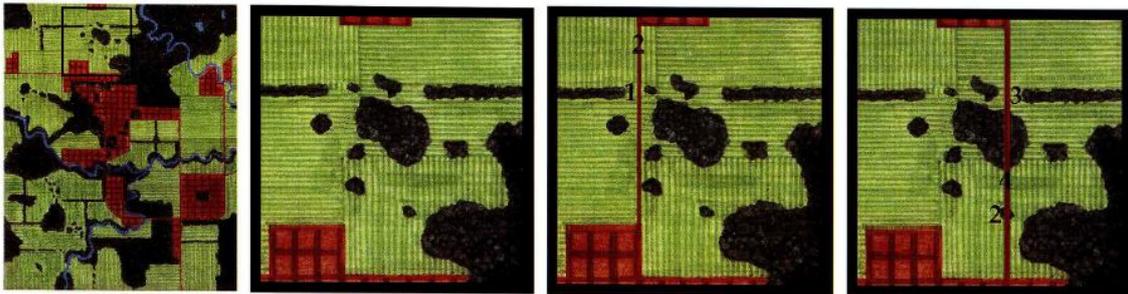


Figura 4. Posibles diseños de infraestructura vial y efectos sobre el paisaje. De izquierda a derecha: A. Contexto regional: desarrollos urbanos y suburbanos y áreas naturales forestadas en una matriz agrícola. B. Área de estudio: predios agrícolas intercalados con pequeños parches remanentes de vegetación natural. C. “Mejor” diseño: 1) barrera entre setos; 2) especies exóticas del borde de la infraestructura vial se propagan a los predios. D. “Peor” diseño: 1) el parche “local” más grande es fragmentado; 2) pequeño parche fragmentado/eliminado; 3) barrera entre setos; 4) especies exóticas del borde de la infraestructura vial se propagan a los predios y al bosque. Fuente: Dramstad et al., (1996).

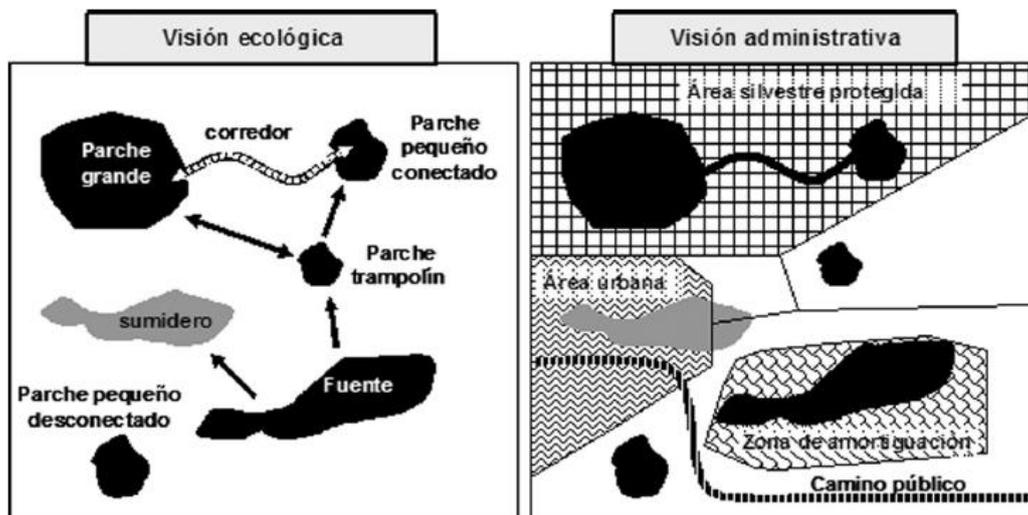


Figura 5. Aproximación ecológica y administrativa de un mismo mosaico de uso del suelo. Referencias: Izquierda: el paisaje como un ecosistema funcional cuyos elementos son caracterizados de acuerdo a su calidad de hábitat (p.ej. fragmentos que actúan como fuentes o sumideros), tamaño (p.ej. fragmentos grandes y pequeños) y contribución a la conectividad (corredores y trampolines). En este paisaje una red de hábitats conectados emerge desde los diferentes enlaces que se establecen entre los fragmentos (flechas). Derecha: el paisaje socio-económico, el cual es “ordenado” en base a la tenencia de tierra y uso del suelo. Ambas visiones (ecológica y administrativa) no son independientes porque los fragmentos rodeados por zonas urbanas tienen una baja calidad de hábitat (son sumideros) mientras que

aquellos rodeados por zonas de amortiguación actuarían como fuentes. Otros elementos del paisaje actúan como barreras para el movimiento de los animales (p.ej. el camino público). Fuente: Vergara et al., (2014: 243).

Por otra parte, Irastorza (2006) plantea que la EP puede ser integrada en tres momentos distintos dentro del esquema metodológico del OT:

- El primero es el correspondiente a la fase de caracterización del territorio, en el que los conceptos de parche, corredor, matriz, conectividad, fragmentación, etc., pueden utilizarse como descriptores del paisaje.

- El segundo momento es el de la toma en consideración de los índices de la ecología del paisaje en la elaboración de los estudios predictivos. La representación y modelización del territorio nos permite trabajar con distintos escenarios futuros posibles en los que podemos aplicar esos índices y evaluar la incidencia que cada solución propuesta puede tener en el futuro sobre los procesos ecológicos.

- El tercer momento corresponde al de la evaluación de planes, programas y proyectos de OT a posteriori, evaluación que será de gran utilidad para las posibles revisiones de los instrumentos de planificación utilizados.

2.4. Propuestas conceptuales y prácticas en el ordenamiento territorial

El escenario deseable en el que tendría cabida la integración de los criterios de conectividad ecológica en la planificación espacial se ha conceptualizado de diferentes formas a nivel internacional, y dependiendo de la escala y el contexto se han aplicado diferentes figuras legales o categorías específicas, como son las **áreas protegidas** (AP), las **redes ecológicas** (RE) o la **infraestructura verde** (IV) entre otras (Gurrutxaga, 2013). Estas figuras aunque complementarias difieren en lo conceptual y en la práctica, y los elementos que las componen no son los mismos, sin embargo existe muchas veces un uso indiferenciado de los términos (Remolina, 2011; Herrero y Díaz, 2013). En este trabajo se considera cada una de estas figuras como un concepto específico.

2.4.1. Áreas protegidas

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define una AP como “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios

legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley, 2008: 10).

Las AP han estado generalmente asociadas a ecosistemas relativamente grandes, de poca intervención humana y de alta calidad escénica, así como a ecosistemas frágiles o de alta relevancia para determinados usos, y localizadas por fuera de áreas urbanas, suburbanas o de uso agrícola intensivo (Dudley, 2008).

La evolución de las AP a escala mundial y de los procesos del Cambio Global han evidenciado que la designación de AP resulta insuficiente para la conservación de la biodiversidad y de los SE asociados, siendo necesario contemplar los procesos ecológicos que tienen lugar en el conjunto del territorio y a diferentes niveles y escalas y buscar patrones que aseguren mayor integridad ecosistémica y resiliencia (Fischer et al., 2006; Martín-López et al., 2011; Silva et al., 2018). El buen funcionamiento de un sistema de AP a diferentes escalas implica su integración en RE y en el OT, sin perder las características propias de cada AP ni de su contexto (Herrera, 2013).

2.4.2. Red ecológica

Según Gurrutxaga (2013) las RE:

“pueden considerarse, de forma genérica, como todo sistema coherente de espacios abiertos que se constituye y se gestiona con el objetivo de mantener o restaurar las funciones ecológicas del territorio como medio para conservar la biodiversidad. Se pone énfasis en mantener y/o fortalecer la coherencia ecológica territorial, considerando los usos sostenibles del suelo y la restauración de lugares degradados donde sea prioritario” Gurrutxaga (2013:11).

El funcionamiento de RE se considera uno de los aspectos cruciales para el éxito de una política de gestión ambiental dado que concretan una estructura territorial ecológicamente coherente (Herrera, 2013). En este sentido y siguiendo los principios de la EP, el diseño de RE puede integrarse al OT con diferentes objetivos, p.ej.: para establecer un modelo territorial capaz de proteger la biodiversidad de un ámbito concreto, para el establecimiento de redes coherentes de AP interconectadas entre ellas, utilizarse en planes de restauración ecológica o para restaurar SE en paisajes agrícolas o urbanos (Debray, 2011; Ramírez y Hernández, 2013).

La configuración de RE funcionales requiere de una adecuada planificación a diferentes escalas, p.ej.: en España existen tres tipos de RE, las redes de importancia europea (Red Natura 2000), las redes ecológicas de conservación de la naturaleza a nivel local y las redes integradas en la planificación física, ya sea territorial o urbanística (Herrera, 2013; Debray, 2011).

Los elementos de una RE son las áreas núcleo (áreas centrales o de hábitat), las zonas amortiguadoras y los corredores ecológicos: (i) las áreas núcleo, o centrales, son en general zonas de reserva, APs u otros fragmentos clave de hábitat en el paisaje; (ii) las zonas amortiguadoras son las áreas periféricas a las áreas núcleo y a los corredores ecológicos, y; (iii) los corredores ecológicos son aquellos que unen funcionalmente a las áreas centrales (Jongman et al., 2004).

En Uruguay las RE no han sido adoptadas normativamente como figura en el OT ni en la planificación ambiental, a nivel nacional las primeras aproximaciones son las de Brazeiro (2015).

2.4.3. Infraestructura verde

El concepto de IV e infraestructura ecológica se utiliza por algunos autores como sinónimo de RE (Jongman et al., 2004; Benedict y McMahon, 2006; Gurrutxaga, 2013) mientras que otros lo diferencian conceptual y prácticamente definiendo su uso en relación a áreas urbanas e integrando aportes de la ingeniería ecológica, la rehabilitación y creación de ecosistemas y su interacción y complementariedad con las infraestructuras construidas (Tzoulas et al., 2007; Getter y Rowe, 2006; Scholz y Grabowiecki, 2007; Remolina, 2011; Li et al., 2016).

Más allá de las diferencias, en ambas concepciones el diseño y el funcionamiento de una IV se plantea en relación a la existencia y conectividad de RE internas y externas al área urbana, donde todos los grupos funcionales bióticos tengan áreas centrales donde puedan encontrar hábitat y asegurar su reproducción (Liquete et al., 2015). En este ámbito los ecosistemas urbanos pueden ser vistos como un concepto amplio pudiendo incluir parques, bosques o áreas de ríos, lagunas o humedales cercanas o dentro de los límites de la ciudad, arbolado de la ciudad, o jardines privados que no están directamente sometidos a planificación urbana pública (Fadigas, 2009; Gómez-Baggethun y Barton, 2013).

El énfasis de la segunda concepción corresponde a otras estrategias relevantes para favorecer la conectividad ecológica a través de territorios urbanos y rurales como son la fragmentación o permeabilización de pavimentos y otras infraestructuras duras problemáticas, la retirada o

permeabilización de tajamares y represas fluviales, la readecuación de sistemas de drenaje, la construcción de techos verdes o espacios verdes hundidos, o la restauración o rehabilitación de elementos de vegetación natural en el paisaje (Gurrutxaga, 2013; Li et al., 2016; Molina-Prieto, 2016). La IV puede generar SE y compensar la escasez o los impactos de la infraestructura gris tradicional sólo cuando se combina efectivamente con esta última, por otra parte si se construyen incorrectamente los espacios verdes, estos pueden convertirse en una fuente o depósito de contaminación urbana (Wang y Meng, 2014; Lique et al., 2015).

El concepto de IV refiere entonces a la estructura, posición, conectividad y tipos de espacios verdes combinados que conjuntamente permiten conservar los ecosistemas y la salud humana en las zonas urbanas, y generar múltiples SE como son la purificación de agua y aire, la regulación climática y mitigación de las islas de calor urbano, la mitigación de la contaminación sonora, el almacenamiento de carbono, la conservación de la biodiversidad, y los valores sociales, recreativos, intelectuales, estéticos y culturales (Tzoulas et al., 2007; Jiménez, 2009; De Jesús Gonçalves, 2013; Langemeyer et al., 2014; Li et al., 2016, Pulighe et al., 2016).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Aportar a la incorporación de los enfoques de Ecología del Paisaje y de Servicios Ecosistémicos en el ordenamiento territorial de la cuenca del arroyo Colorado.

3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar el área de estudio y evaluar los cambios de cobertura de suelo en el período 2000-2011.
2. Comparar la cobertura “monte nativo” con un “escenario simulado de expansión del monte nativo” para el año 2011 a través de herramientas de la Ecología del Paisaje.
3. Mapear el servicio ecosistémico de soporte “hábitat para especies”, empleado en el Enfoque de Servicios Ecosistémicos.
4. Identificar corredores del paisaje prioritarios para la conformación de una red ecológica de monte nativo.

4. Metodología

4.1. Estrategia de trabajo

El plan de trabajo se basó en una primera etapa en una revisión bibliográfica de antecedentes del área y del marco teórico propuesto. Luego se confeccionó un SIG en donde se almacenó información espacial que fue obtenida de fuentes secundarias. En una segunda etapa se puso en práctica el uso de herramientas de SIG para determinar sitios en el área de estudio que pudiesen servir como hábitat para especies y/o conformar una red de corredores ecológicos. Por último, con los resultados obtenidos se generaron propuestas de planificación y gestión con el fin de transformar los principales problemas y conflictos sociales y ambientales hacia la sustentabilidad.

Para los análisis de EP y EMSE se utilizó el programa *ArcGis 10.5.1* (ESRI, 2017) y las herramientas *Patch Analyst* (Rempel et al., 2012), *ECOSER 2.1* (Barral, 2016) y *Linkage Mapper* (McRae y Kavanagh, 2011). El procedimiento para la utilización de estas últimas dos herramientas se puede ver en el Anexo 1.

En general, se enfatizó en el análisis de las probabilidades de aplicación real del marco teórico y del uso de las diferentes herramientas, por lo tanto se priorizó el uso de datos ya existentes, salvo en el caso del Objetivo específico 2, en el que para poder explorar en métricas de paisaje se comparó la cobertura “monte nativo” del año 2011 con la sumatoria de las coberturas “monte nativo”, “forestación” y “arbustos” del año 2011.

La precisión de los resultados obtenidos se vio limitada principalmente debido a las resoluciones de imágenes satelitales a partir de las cuales se trabajó, a la precisión de la información de las capas de cobertura de suelo, y a la escasez de información biótica georreferenciada.

4.2. Ubicación del área de estudio

La cuenca del arroyo Colorado (CAC) se ubica entre las latitudes 34°38'0"S y 34°47'0"S y las longitudes 56°21'0"W y 56°10'0"W.

Esta cuenca queda comprendida dentro de los límites administrativos de los departamentos Montevideo y Canelones, Uruguay (ver Figura 6). A nivel municipal contiene parte del

Municipio G de Montevideo, y parte del Municipio de Las Piedras, de Progreso y de Los Cerrillos y el Municipio de La Paz y de 18 de Mayo de Canelones (ver Figura 7).

Hidrológicamente forma parte de la Cuenca del Río Santa Lucía, que a su vez forma parte de la Cuenca del Río de la Plata, y abarca una superficie aproximada de 165 km² (16.500 hectáreas).

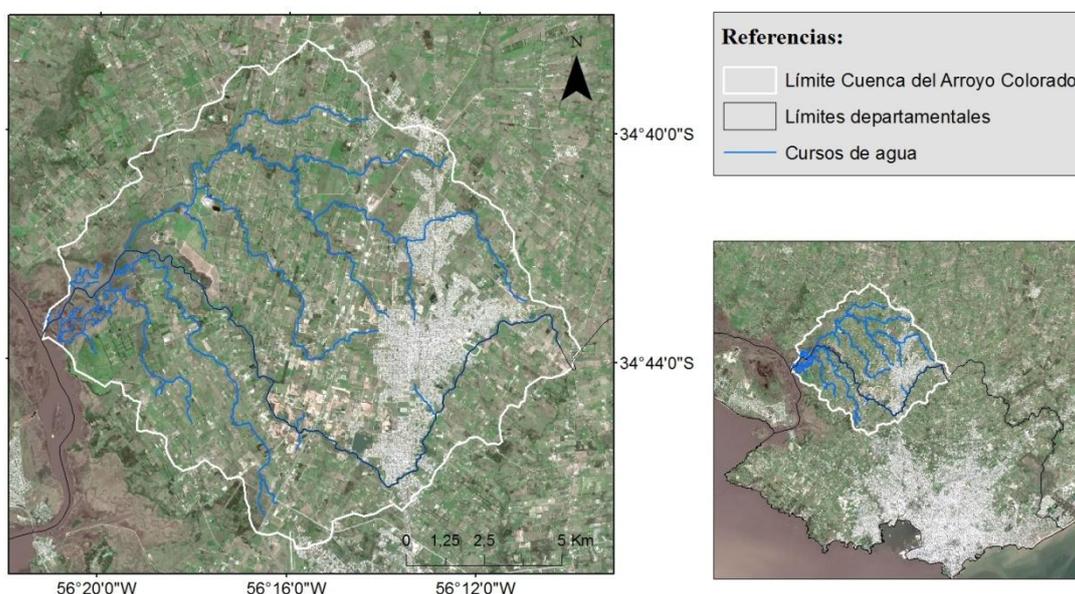


Figura 6. Ubicación y delimitación del área de estudio (Cuenca del Arroyo Colorado). Fuente: elaboración propia sobre imagen satelital *Sentinel 2A*.

4.3. Definición del área de estudio

Se definió como área de estudio la cuenca del arroyo Colorado dadas las diferentes problemáticas que existen en este territorio y el interés de la DINOT en incorporar los marcos conceptuales aquí abordados en la planificación territorial.

Desde los marcos conceptuales utilizados se definió el área de estudio en base a los límites de cuenca ya que esta es una delimitación que corresponde con procesos y funciones ecosistémicas de relevancia, y es una unidad apropiada para la planificación y la gestión ambiental del territorio (Farina, 2006). Más allá de estos límites se contextualizó la información y los resultados teniendo en cuenta niveles administrativos, dinámicas sociales y procesos ecosistémicos que los trascienden.

4.4. Antecedentes

Se buscaron antecedentes sobre el área de estudio en base a dos conceptos teóricos: EP y EMSE.

No se encontraron trabajos de EP exclusivos para el área de estudio, sí se encontraron trabajos realizados a escalas mayores y sobre otras áreas dentro del mismo bioma, la pampa, entre estos: Evia y Gudynas, 2000; Tiscornia, 2011; Tiscornia et al., 2014; Bartesaghi, 2015; Lara, 2016.

En el campo de la EMSE existen antecedentes que incluyen el área de estudio y mapean funciones ecosistémicas y SE: Soutullo et al., 2012; Di Minin et al., 2017.

Puntualmente sobre la CAC Teixeira (2007) abordó el estudio de la calidad de agua en función de los usos de suelo y los efectos sobre determinados parámetros de ecología de peces. Por otra parte, la tesis de grado “Rehabilitación de canteras y su entorno en el Municipio de La Paz” (Macedo, 2016) trata la problemática asociada a las canteras en explotación y abandonadas desde la percepción de los habitantes próximos a estas y sus posibles reutilizaciones.

4.5. Metodología del Objetivo específico 1

Objetivo específico 1. Caracterizar el área de estudio y evaluar los cambios de uso de suelo en el período 2000-2011.

La metodología empleada fue la revisión bibliográfica y el análisis, procesamiento e interpretación de información geográfica en el SIG. Se realizó un relevamiento y recopilación de las principales características socio-económicas y coberturas del suelo del territorio estudiado, procurando identificar los impulsores de cambios que han condicionado las principales transformaciones del territorio.

Se revisaron las memorias de información, de ordenación, de participación y los informes ambientales estratégicos de los IOT relevantes para al área de estudio, así como otros documentos estatales y bibliografía gris. Se realizó también una búsqueda bibliográfica en el portal Colibrí y Timbó con palabras clave y sobre el área de estudio.

Se utilizó el software *ArcGis* para la elaboración del SIG del área de estudio, integrando un conjunto seleccionado de información georreferenciada provista en el marco de la pasantía y tomada desde los servidores de diferentes organismos públicos. Se trabajó también en línea desde *Google Maps* para analizar imágenes satelitales de mayor precisión y fotografías a

horizonte normal de *Google Street View*.

Desde *ArcGis* se utilizaron diferentes herramientas para el análisis y procesamiento de las capas y la información. Para la cuantificación y el análisis de los cambios en la **cobertura de suelo (CS)** se utilizó la cartografía digital del *Atlas de cobertura de suelo del Uruguay* de los años 2000 y 2011³ (Álvarez et al., 2015), realizada a partir de imágenes Landsat TM (con resolución de 30 metros⁴) y disponible en el sitio de internet del MVOTMA⁵.

La capa de CS posee tres niveles de clasificación autocontenidos: un primer nivel de 7 clases, un segundo nivel de 17 clases y un tercer nivel de 46 clases (ver Anexo 2). Se analizaron los cambios de CS para el segundo nivel de 17 clases (ver descripción de cada clase en Anexo 3), dado que el tercer nivel (de mayor información) no se encuentra disponible para su utilización en la capa de CS. Para cada clase se cuantificó el área y su porcentaje de ocupación del área total de la cuenca para los años 2000 y 2011, y la variación de área y el porcentaje de variación de área en el período 2000-2011 (ver Tabla 3, Tabla 4).

En segundo lugar se analizaron espacialmente los cambios de cobertura para el período 2000 – 2011 para las 17 clases de CS. Se trabajó con *ArcGis* mediante el manejo de la capa vectorial de CS y las tablas asociadas para identificar las áreas de cambio de CS en el período 2000-2011. Para cada clase se localizó y cuantificó las áreas de cambio y hacia que CS se cambió del año 2000 al 2011, y para cada CS del año 2011 que CS había en el 2000.

4.6. Metodología del Objetivo específico 2

Objetivo específico 2. Comparar la cobertura “monte nativo” con un “escenario simulado de expansión del monte nativo” para el año 2011 a través de herramientas de la Ecología del Paisaje.

En primer lugar, mediante el manejo de las 17 clases de CS en *ArcGis* se analizó visualmente los elementos y la estructura del Monte Nativo y del paisaje. Por otra parte se analizó la estructura y los cambios del Monte Nativo⁶ en base a métricas de paisaje obtenidas con la

³ Se pretendió incluir cambios más recientes incorporando la cobertura de suelo del año 2015 en elaboración por el MVOTMA, pero esta no estuvo disponible a tiempo para la etapa de procesamiento.

⁴ La CS constituye una “base de datos de cobertura del suelo del Uruguay, georeferenciada, vectorial, multitemporal, a escala 1:100.000” (Álvarez et al., 2015:17), esta escala plantea limitaciones para el análisis espacial a escala de detalle.

⁵ Disponible en: <https://www.dinama.gub.uy/geoservicios/>

⁶ MVOTMA (2015) define la CS Monte Nativo como “*Vegetación dominada por árboles y otras formas vegetales nativas. Incluye el monte de galería, parque, serrano, y de quebrada. Los árboles pueden alcanzar alturas de 3 a 8*”

herramienta *Patch Analyst* (Rempel et al., 2012).

Se tomó la cobertura Monte Nativo como foco de análisis dado que se consideró que esta representa a uno de los ecosistemas remanentes más degradado en la CAC, de relevancia en cuanto a los SE que provee⁷ y clave en la función de provisión de hábitat para especies (Brazeiro, 2014). Dado que esa cobertura no sufrió variaciones durante el periodo realizado en cuanto al área que ocupa, se hizo una “simulación de expansión del monte nativo” para analizar como esos cambios inciden sobre las métricas de paisaje. Utilizando la capa “usos del suelo LCCS 2011” se reclasificaron las categorías “forestación” y “arbustos” a “monte nativo”, uniéndolas en una única clase que se denominó "monte nativo 2". Se toma este escenario porque se considera que las coberturas “arbustos” y “forestación” podrían ser gestionadas de manera de habilitar su funcionamiento como corredor o refugio y así aumentar la conectividad entre áreas de monte nativo.

Las métricas de paisaje analizadas fueron: área de la clase (m²), número de parches, tamaño promedio de parches (m²), desviación estándar de tamaño de parches (m²), borde total (m), borde promedio de parche (m/m²), índice de forma promedio, e índice de forma promedio ponderado por el área (ver Anexo 4 para la descripción de las métricas). Se calcularon también métricas a nivel de paisaje y de polígono que no se incluyeron en el análisis pero que sirvieron para considerar la evolución general del paisaje y la de la cobertura Monte Nativo (ver Anexo 5).

4.7. Metodología del Objetivo específico 3

Objetivo específico 3. Mapear el servicio ecosistémico de soporte “hábitat para especies”, empleado en el Enfoque de Servicios Ecosistémicos.

El SE “hábitat para especies” fue mapeado para el área de estudio con la herramienta *ECOSER 2.1* (Barral, 2016) en *Arcgis*. Este modelo asume que la calidad de hábitat para sostener biodiversidad depende básicamente de la disponibilidad de biomasa y agua, y también es

metros y la cobertura del suelo de 65 a 100%. La composición florística de este ecosistema varía según el tipo de monte y de las condiciones ambientales.”

⁷ Entre otros ecosistemas de importancia, las CS Herbáceo Natural y Áreas Naturales inundables se dejaron de lado en el análisis dado que: la CS Herbáceo Natural se considera que hace referencia a un ecosistema muy modificado por la historia agrícola de la CAC y que recurrentemente no corresponde a la definición del MVOTMA (2015) cuando se verifica en diferentes imágenes satelitales (p.ej. césped en canchales entre rutas); la CS Áreas Naturales inundables no tuvo modificación entre los años 2000 y 2011 y su forma y funcionamiento trasciende el ámbito de análisis.

favorecida por condiciones ambientales relacionadas a la temperatura y la altitud sobre el nivel del mar (Barral, 2016). El SE se calcula para cada píxel como:

$$Hab = B \times (1 - VCB) \times H \times Ftemp \times (1 - Falt)$$

donde: Hab: valor relativo de provisión de hábitat; B: valor relativo de biomasa (0-100); VCB: valor relativo del coeficiente de estabilidad de B (0-1); H: valor relativo al área máxima de humedales y cuerpos de agua (0-100) y valor relativo de la cantidad de precipitación (0-1); y, Ftemp: valor relativo de la temperatura (0-1). La descripción completa del protocolo puede verse en Anexo 6, a continuación se detalla la selección y manejo de datos para componer los rásters del modelo.

Para el procesamiento y la obtención de las capas ráster “biomasa” (B) y “coeficiente de estabilidad” (VCB) se contó con apoyo institucional técnico en el marco de la pasantía, lo que constituyó también una introducción a las herramientas utilizadas. Se utilizó el producto NDVI⁸ de las imágenes satelitales MODIS (resolución de 250 metros) accediendo al repositorio de imágenes satelitales de *Google Earth Engine*⁹ desde *Python*. El procedimiento constó en el análisis de la variación del NDVI para la cuenca durante un período de un año, obteniendo los valores de píxel de NDVI promedio, mínimo, máximo y el rango de variación a través del software *R* desde *Python*. Las imágenes satelitales MODIS utilizadas fueron tomadas en las fechas: 01/01/2016; 17/01/2016; 02/02/2016; 18/02/2016; 05/03/2016; 21/03/2016; 06/04/2016; 22/04/2016; 08/05/2016; 24/05/2016; 09/06/2016; 25/06/2016; 11/07/2016; 27/07/2016; 12/08/2016; 28/08/2016; 13/09/2016; 29/09/2016; 15/10/2016; 31/10/2016; 16/11/2016; 02/12/2016; 18/12/2016. Para el ráster B se tomó el valor promedio del NDVI a lo largo de un año y se relativizó para la cuenca en una escala de 0 a 100. Para el ráster VCB el valor del píxel *i* se calculó como $VCB_i = (NDVI_{i,max} - NDVI_{i,min})$ y se relativizó para la cuenca en una escala de 0 a 1. VCB toma valores entre 0 y 1, donde 0 corresponde a la menor variación del NDVI en la cuenca y 0.99 a la mayor variación.

La capa “humedales” y “cuerpos de agua” se creó a partir de la capa “cursos de agua” (MVOTMA, s.f.¹⁰) y las CS Área Natural inundable y Aguas Naturales (Álvarez et al., 2015). Se valorizó cada humedal y cuerpo de agua de acuerdo a su superficie; para los cursos de agua,

⁸ El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por su sigla en inglés) es una variable que permite estimar el desarrollo de la vegetación en base a la medición con sensores remotos satelitales de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la misma emite o refleja. El índice permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo.

⁹ *Google Earth Engine* es una plataforma de computación en la nube para procesar imágenes satelitales y otros datos geoespaciales y de observación.

¹⁰ Disponible en: <https://www.dinama.gub.uy/geoservicios/>

dado que el formato línea no posee área, se realizó un buffer de 2 metros a cada lado del curso, con el objetivo de obtener una aproximación a la superficie. Se relativizaron los valores de la cuenca en una escala de 0 a 100 y analizando los valores obtenidos se le asignó una ponderación de 10 a los valores de los cursos de agua con el objetivo de darles mayor peso relativo en el mapeo del SE (ver Anexo 7).

El ráster “factor de altitud” se realizó en base en el Modelo de Elevación Digital¹¹ (resolución de 30 metros), realizado por la Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Se relativizó para la cuenca en una escala de 0 a 1.

La precipitación y temperatura se consideraron constantes para el área de estudio por lo que a ambas rásters se les asignó un valor de 1 para toda su superficie.

4.8. Metodología del Objetivo específico 4

Objetivo específico 4. Identificar corredores del paisaje prioritarios para la conformación de una red ecológica de monte nativo.

Mediante el uso de la herramienta *Linkage Mapper* (McRae y Kavanagh, 2011) se mapeó de forma preliminar una RE para la cuenca. Siguiendo a Nordén (2016) se optó por utilizar *Linkage Mapper* ya que es más adecuado para mostrar la conectividad entre hábitats y corredores potenciales en áreas relativamente pequeñas en comparación con otras herramientas como *Ciscuitscape* (Shah y McRae 2008) o *Graphab* (Foltête et al. 2012).

Linkage Mapper es una herramienta de SIG diseñada para dar soporte al análisis regional de conectividad de hábitats de vida silvestre mediante el mapeo de corredores de hábitat. Como insumos de base usa una capa vectorial de áreas de hábitat y una capa ráster de resistencia al movimiento para identificar y mapear enlaces de baja resistencia entre áreas de hábitat (McRae y Kavanagh, 2011). Cada píxel de la capa de resistencia posee un valor que refleja el costo energético, la dificultad o el riesgo de mortalidad de moverse a través de ese píxel y está típicamente determinado por las características del píxel (como la cobertura de suelo, la densidad de vivienda u otras capas combinadas), combinadas con modelos de resistencia al paisaje específicos de cada especie. A medida que los animales se alejan de áreas centrales, el análisis de distancia ponderado por el costo de cada píxel produce mapas de la resistencia total

¹¹ Disponible en: http://web.renare.gub.uy/sig/dem_renare/dem.zip ; <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-de-recursos-naturales/tramites-y-servicios/biblioteca-digital/modelo-digital-del-terreno>

al movimiento acumulado. El resultado muestra el valor relativo de cada píxel para proporcionar conectividad entre las áreas de hábitat, lo que permite identificar qué rutas facilitan o impiden más o menos el movimiento entre las áreas centrales.

Para correr el modelo se utilizó como capa de áreas de hábitat la cobertura Monte Nativo del año 2011, y como capa de resistencia de la matriz el inverso de la capa ráster de hábitat para especies generada mediante *ECOSER*. Se configuró *Linkage Mapper* para obtener dos corredores para cada área de hábitat en base a la distancia ponderada por el costo de resistencia (ver Anexo 8). La configuración del modelo permite elegir hasta 4 corredores para cada parche y limitar la distancia entre parches para el establecimiento de un corredor; la elección de obtener solamente 2 corredores se debió a la capacidad de procesamiento del *hardware* disponible.

5. Resultados

5.1. Caracterización del área de estudio

5.1.1. Marco normativo e Instrumentos de Ordenamiento Territorial

El área de estudio se encuentra bajo el marco de las normativas vigentes relacionadas a la legislación nacional y departamental que aborda temas de territorio y ambiente, como la Constitución Nacional, la LOTDS, la Ley N° 18.610, la Ley N° 17.283, la Ley N° 16.466, la Ley N° 16.408, la Ley N° 15.242, la Ley N° 15.239, y sus correspondientes modificaciones y decretos reglamentarios, entre otras.

A continuación se detallan las relacionadas más específicamente (por área o tema) con el caso de estudio.

5.1.1.1 Instrumentos de Ordenamiento Territorial vigentes

En relación a la CAC se encuentran vigentes y aplicables los siguientes IOT:

- “Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible Metropolitanas” (EROT-M), según el Decreto N° 26 de 18/08/2011 de la Junta Departamental de Canelones, el Decreto N° 33.830 de 15/08/2011 de la Junta Departamental de Montevideo, el Decreto N° 3.065 de 12/08/2011 de la Junta Departamental de San José, y el Decreto N° 321/2011 de 09/09/2011 del Poder Ejecutivo.
- “Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible” de Canelones (DDOTDS-C), según el Decreto 20/11 del 7/6/2011, modificatoria según el Decreto N° 32/11 de 21 de noviembre de 2011, Decreto N° 73/14 de 21/05/2014 y Decreto N° 91 de 15/04/2015 de la Junta Departamental de Canelones.
- “Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible” de Montevideo (DDOTDS-M), según el Decreto N° 38.870 del 14/11/2013, el Decreto N° 38.871 del 14/11/2013 y el Decreto N° 34.889 del 28/11/2013 de la Junta Departamental de Montevideo.
- “Directrices Estratégicas La Paz, Las Piedras, Progreso”, según el Decreto 40/12 de 29/5/2012 de la Junta Departamental de Canelones.

- “Plan Parcial Distrito Productivo Ruta 5” (PPDP5), según el Decreto N° 97/15 del 19/12/2015 de la Junta Departamental de Canelones.
- “Plan Territorial de la Microrregión 7” (PTM7), (La Paz, Las Piedras, 18 de Mayo y Progreso), según el Decreto N° 07/16 del 08/6/2016 de la Junta Departamental de Canelones (ver ámbito de aplicación en Anexo 9).

5.1.1.2. Instrumentos de Ordenamiento Territorial previstos

En los diferentes IOT vigentes se prevé la elaboración de los siguientes IOT, planes, programas y proyectos:

- “Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de las Actividades Extractivas Mineras Metropolitanas” (EROT-AEM) (en puesta de manifiesto).
- “Plan de Ordenamiento Rural de Canelones - Ruralidades Canarias” (PORC-RC) (en puesta de manifiesto), incluye a la cuenca del arroyo Colorado como una Unidad de Recuperación Ambiental, se plantea el desarrollo de Programas de Reconversión Productivas y la continuación del Plan de monitoreo de la calidad del agua a nivel departamental.
- Planes Municipales de La Paz, Las Piedras, 18 de Mayo y Progreso (planteados en el PTM7).
- “Plan Interdepartamental Arroyo Las Piedras”, (planteado en las EROT-M y en el PTM7), se propone “un abordaje conjunto del Arroyo Las Piedras y su cuenca en ambos márgenes, en un ámbito territorial a determinar que en lo que hace al departamento de Canelones, abracará un ámbito coincidente con la Zona de Recuperación Ambiental (ZRA) Arroyo Las Piedras. Podrá incorporar el ó los Proyectos de Detalle que se pudieren realizar en dicha área” (IDC, 2016a).
- Programa de recuperación ambiental (planteado en el PTM7), en atención a las canteras abandonadas y los pasivos ambientales.
- Áreas de cuidado y recuperación ambiental (planteadas en EROT-AEM), son áreas en las que se aplicaran medidas de reconversión y mejoras ambientales definidas en conjunto por el gobierno departamental correspondiente, DINAMIGE y DINAMA.

5.1.1.3. Otra normativa y planificaciones

Se destacan otras normativas y planificaciones con base territorial que afectan parcial o totalmente el área de estudio:

- Parte de la CAC es “Área protegida con recursos manejados Humedales de Santa Lucía” según el Decreto 55/015, en este marco se concibió el Plan de Acción Cuenca del Santa Lucía y Plan de Monitoreo de la Cuenca de Santa Lucía los cuales se llevan a cabo hoy en día (ver área en Anexo 10).
- “Plan Estratégico Departamental de Calidad de Agua” de la IDC, se encuentra en proceso de desarrollo.
- “Sistema Departamental de Áreas de Protección Ambiental de Canelones” (SDAPA), en proceso de elaboración por la IDC¹².
- Plan de Desarrollo del Municipio G 2015-2020, IDM.
- Plan Departamental de Forestación 2015-2020, IDC.

5.1.2. Características demográficas

Al 2011 (INE, 2011) la población de la CAC era de 116.041 habitantes. El total del área del ámbito de aplicación del PTM7¹³ cuenta con una población de 118.820 habitantes, de los cuales unos 112.147 son urbanos (94,93%) y 6.026 rurales (5,07%) (IDC, 2016a), porcentajes que se estiman aproximados para el área de estudio.

En la cuenca se encuentran las localidades La Paz, Las Piedras, Progreso y 18 de Mayo y otras áreas urbanas dispersas (ver Figura 7). Las localidades de La Paz, Las Piedras y Progreso¹⁴ han seguido las evoluciones demográficas que se ven en la Tabla 2. El crecimiento de la población se debió en la primera mitad del siglo XX a la llegada de inmigrantes al país, a los procesos de migración del campo a la ciudad y a la incipiente localización de actividades mineras e industriales en la zona. Esto se profundiza en la segunda mitad del siglo XX con la

¹² <https://www.imcanelones.gub.uy/conozca/gobierno/normativa-departamental/secretaria-de-planificacion/en-proceso-de-elaboracion-sdapa>

¹³ El ámbito de aplicación del PTM7 coincide en un gran porcentaje con la superficie de la CAC, contienen prácticamente las mismas áreas urbanas y poseen un área total similar (ver Anexo 11), por lo que se consideró que poseen características sociales y ecológicas muy similares.

¹⁴ En el Censo 2011 la población 18 de Mayo se contabilizó en la población de Las Piedras o de Progreso.

transformación de la región hacia un área metropolitana de Montevideo, sujeta a diferentes dinámicas socioeconómicas y de migraciones y promovida también por los fraccionamientos de predios próximos a ciudades y rutas en el Departamento de Canelones durante la década de 1950.

Tabla 2. Evolución demográfica por localidad y año de Censo. Fuente: INE, 2011.

	1908	1963	1975	1985	1996	2004	2011
La Paz	2.505	13.226	14.653	16.209	19.547	19.832	20.526
Las Piedras	8.109	40.658	53.331	58.283	66.584	69.222	71.268
Progreso	-	7.010	9.612	11.244	14.471	15.775	16.244
Total	10.614	60.894	77.596	85.736	100.602	104.829	108.038

Según IDC (2016a), del total de la población del ámbito del PTM7, el 55 % siempre vivió allí, y del 45% restante que no siempre vivió allí un 30% (13,5% del total) ha vivido en otra vivienda de la misma localidad, un 65% (29,5% del total) ha vivido en otra localidad del mismo Departamento, y un 4% ha vivido en otro Departamento, por lo que existe un componente importante de migración intradepartamental en el crecimiento poblacional del área.

La población del territorio del PTM7 se divide etariamente en un 20 % menor de 12 años, un 12 % de 12 a 18 años, un 25 % de 19 a 35 años, un 29 % de 36 a 60 años y un 14 % es mayor de 60 años (IDC, 2016a).

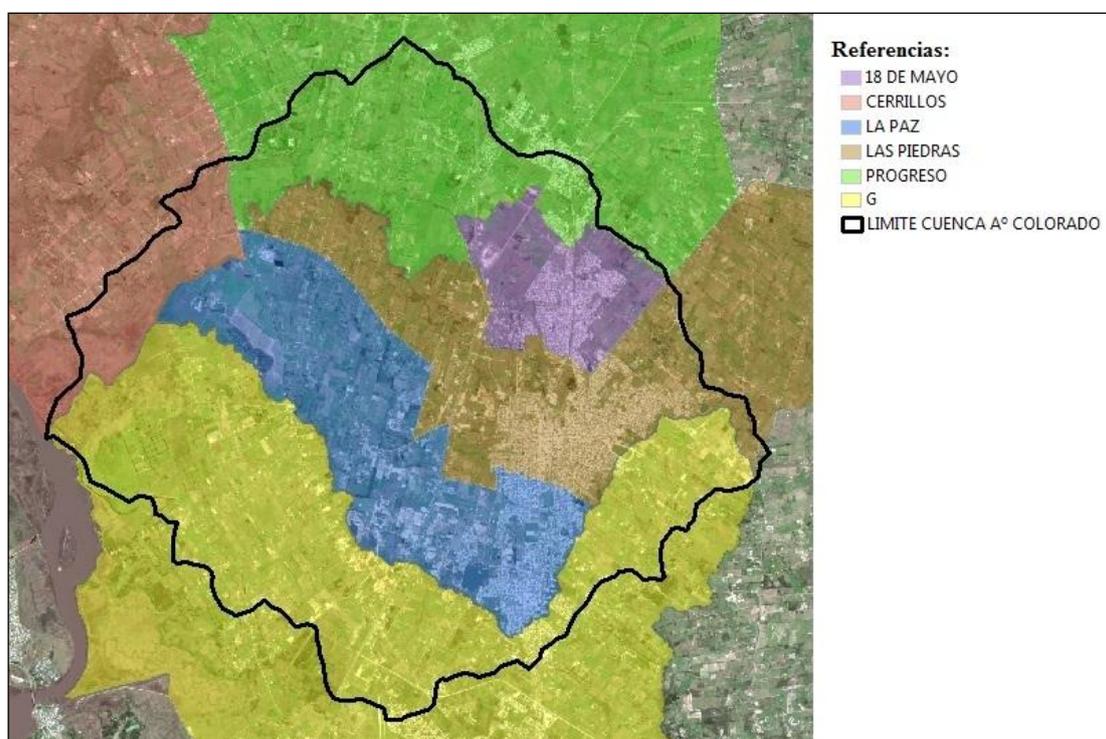


Figura 7. Municipios y cuenca del arroyo Colorado. Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Características socio-económicas, históricas y culturales

En los últimos 150 años el territorio de la CAC se ha transformado con las dinámicas y actividades del sector agropecuario y de la producción hortifrutícola y vitivinícola, así como de las industrias (minera principalmente) y de la expansión de los centros urbanos, procesos fuertemente influenciados por la cercanía a Montevideo (IDC, 2016a). Durante el siglo XX la región se fue conformando como un polo de empleo para la clase obrera con importantes industrias, así como también fue espacio de residencias alternativas o de veraneo para la clase media (IDC, 2016a).

Actualmente, de las personas mayores de 12 años un 53,75% trabaja, un 5% se encuentra desocupado¹⁵, un 16,25% son jubilados y/o pensionistas y un 25% son inactivos por otras causas¹⁶(IDC, 2016a). De las personas que trabajan un 40% lo hace en la misma localidad en la que vive, un 37 % lo hace en otro departamento (principalmente Montevideo), un 10% en otra localidad del departamento, un 7% realiza trabajos itinerantes y un 5% lo hace en la misma vivienda en que reside. Por otra parte, de las personas que asisten a un centro educativo, un 80% lo hacen en la misma localidad en la que viven, un 8% lo hacen en otra localidad del Departamento, mientras que un 11% lo hace en otro departamento (IDC, 2016a).

La actividad comercial y de servicios se concentra en Las Piedras y secundariamente en Progreso y La Paz, abasteciendo a los habitantes de la microrregión así como a población de la zona oeste de Montevideo (Melilla, Colón, Lezica, etc.) y de localidades vecinas a la microrregión (Cerrillos, Sauce, Suárez, Canelones, Juanicó, etc.) (IDC, 2016a).

La CAC forma parte del Área Metropolitana de Montevideo lo que implica una elevada conectividad y movilidad entre Montevideo y las localidades del área. Dada la importancia de la Ruta 5 como eje Sur-Norte del país existe un gran flujo de transportes de carga, a lo que se suma por las vías del tren el uso trenes de carga y pasajeros.

El sector industrial del área está compuesto por actividades extractivas-mineras, industrias del sector de la construcción (fabricación de artículos de hormigón, de cemento, de yeso y de otros productos minerales no metálicos), del sector agrícola (elaboración de productos alimenticios, elaboración de bebidas, elaboración de cueros y productos conexos), del sector del plástico (fabricación de productos de plástico), del sector de actividades profesionales, científicas y

¹⁵ Datos de la página de la Intendencia indican un 8,6% en la tasa de desempleo para el ámbito del PTM7, la cual sería la más alta del departamento: <http://www.imcanelones.gub.uy/conozca/departamento/datos-estadisticos/mercado-de-trabajo>.

¹⁶ Datos para el ámbito del PTM7.

técnicas con efluentes (laboratorios), del sector de recolección, tratamiento y eliminación de desechos y recuperación de materiales, y las dos plantas de tratamiento de aguas residuales de La Paz y Las Piedras (MVTOMA, s.f.).

En el año 2010 se inaugura el Parque Tecnológico Canario, reactivando la industria del área con la instalación de cerca de 15 emprendimientos productivos (IDC, 2016a). Las actividades de logística asociadas al sector industrial han aumentado en la última década, en particular en la Ruta 5 hay un importante aumento de emprendimientos logísticos e industriales (IDC, 2015a).

El área rural se caracteriza por presentar una importante producción del sector granjero (rubros vitivinícola, hortícola, cítrico, ganadero), en su mayoría productores familiares, una densidad poblacional de cerca de 3,5 habitantes por hectárea y con predios de un promedio de 4,5 hectáreas. Según IDC (2015) en el área rural de la CAC existe una

“identidad rural, que está pautada por las actividades productivas y el paisaje en que se desarrolla. [...]La densidad del capital social del territorio, refiere a los vínculos familiares y productivos señalándose las antiguas formas de realización de la vendimia y la trilla como expresión de reciprocidades y colaboraciones intraterritoriales más allá de las desigualdades económicas existentes. A lo cual se suma un rico y variado repertorio de festividades y manifestaciones artísticas y culturales” (IDC, 2015a: 16).

Los principales procesos problemáticos y conflictos sociales identificados en los IOT vigentes y en la bibliografía son:

- Precariedad económica y territorial: existen al menos 5 asentamientos irregulares (INE, 2011) y mayor vulnerabilidad social, económica y ambiental en la población suburbana expulsada del área urbana consolidada y en la recibida por migración desde Montevideo, localizadas periféricamente en áreas con menor infraestructura y equipamiento urbano, en áreas frágiles como bordes de arroyos y canteras y/o también en áreas con basurales asociados a la actividad de clasificación de residuos (ver Anexo 11).
- Pérdida de población rural: abandono de la actividad familiar productiva, población expulsada del medio rural, compra de propiedades por parte de grandes empresas, aumento del valor del suelo (sobre todo en el área del PPDR5 debido al cambio de categoría de suelo).
- Interacción entre zonas residenciales y extractivas: existen actualmente algunos conflictos ambientales en enclaves suburbanos ubicados muy próximos a canteras abandonadas y en actividad.

- Relaciones y coexistencia entre actividades existentes: la creciente expansión del área industrial, de logística y de servicios alrededor de la Ruta 5 genera conflictos con la vocación rural existente arraigada en la población.
- Falta de espacio público disponible: expectativa de la población desconforme.
- Conflictos con predios privados por la conservación y restauración de los corredores biológicos.

5.1.4. Coberturas de suelo y estructuras y procesos asociados

En base al *Atlas de cobertura del suelo del Uruguay* (Álvarez et al., 2015), al PTM7 (ver Anexo 12 y 13) y al informe ambiental estratégico para agua (IDC, 2016a; 2016b) se da cuenta de algunos de los procesos sociales y ecológicos que ocurren en el territorio y se analizan los cambios de CS en el período 2000-2011.

En la Figura 8 se muestra la CS de la CAC para el año 2011. Las diferentes CS en la CAC están fuertemente condicionadas por las actividades humanas históricas y actuales, y por las características propias de los suelos, en general de aptitud agrícola (López et al., 2007). Durante el siglo XX se dio una importante expansión del área urbana, especialmente en la segunda mitad del siglo XX, y del área de canteras (López et al., 2007). La vía del tren y la antigua Ruta 5 estructuraron la expansión del suelo urbano de forma lineal en dirección Sur-Norte. La actual Ruta 5, al oeste y “en paralelo” a la antigua ruta, re-estructuró el territorio generando una franja de suelo suburbano que separa el suelo urbano al este del suelo rural al oeste; al este el suelo urbano queda limitado en parte por el arroyo Las Piedras y en parte por suelo rural o suburbano. La infraestructura vial abarca casi la totalidad del CAC, quedando a una mayor distancia de esta únicamente los humedales (Área Natural inundable) en la desembocadura del arroyo Colorado (ver Anexo 14).

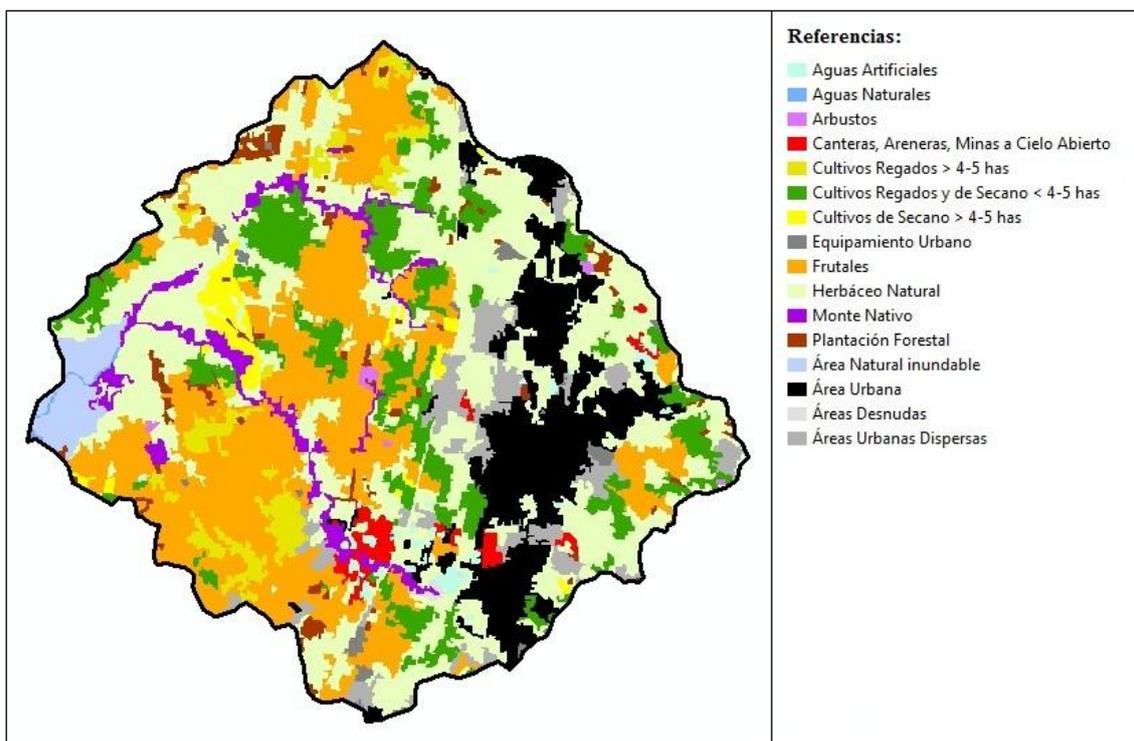


Figura 8. Cobertura de suelo de la CAC en el año 2011. Fuente: elaboración propia en base a Álvarez et al. (2015).

En la Tabla 3 se presentan las áreas y porcentajes de ocupación de la cuenca de cada CS para el año 2011. En esta se puede ver que el paisaje de la CAC presenta 16 de las 17 clases del nivel lo que indica una amplia diversidad de coberturas y usos de suelo. Las coberturas de mayor área son Herbáceo Natural, con el 31,77% del área, seguida por Frutales con 24,56%, y en proporciones similares Área Urbana y Cultivos Regados y de Secano <4-5 has, con el 11,74% y el 10,82% respectivamente.

Tabla 3. Coberturas de suelo y respectivas áreas y porcentajes de ocupación de la cuenca para el año 2011. Fuente: elaboración propia en base a Álvarez et al. (2015).

Cobertura	Hectáreas	%	Cobertura	Hectáreas	%
Área Urbana	1.934,4	11,7	Monte Nativo	515,6	3,1
Áreas Urbanas Dispersas	795,5	4,8	Herbáceo Natural	5.233,7	31,8
Equipamiento Urbano	135,9	0,8	Arbustos	39,5	0,2
Áreas Desnudas	19	0,1	Cultivos Regados y de Secano < 4-5 has	1.783,5	10,8
Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto	217,3	1,3	Frutales	4.047,3	24,6
Aguas Artificiales	177	1,1	Cultivos de Secano > 4-5 has	298	1,8
Aguas Naturales	24,3	0,1	Cultivos Regados > 4-5 has	539,8	3,3
Área Natural inundable	348,5	2,1	Plantación Forestal	366,9	2,2

5.1.4.1. Suelo urbano

En base a la CS del año 2011 las áreas clasificadas como Área Urbana, Áreas Urbana Dispersas y Equipamiento urbano ocupan aproximadamente 2.866 Ha, lo que corresponde al 17,4% de la superficie de la cuenca (ver Tabla 3).

En base a la categorización de suelo de los IOT vigentes se diferencian áreas categorizadas como Urbanas consolidadas¹⁷ con 347 hectáreas (2,11% del área total de la CAC), Urbanas no consolidadas¹⁸ con 2.239 hectáreas (13,63%), Urbanas¹⁹ con 10 hectáreas (0,06%) y Sub-urbanas²⁰ 2049 hectáreas (12,48%), correspondiendo en total al 28% de la superficie de la cuenca (ver Anexo 13).

El conglomerado urbano cuenta con una gran cantidad de vacíos, la mayoría de estos constituyen áreas de oportunidad para la densificación de usos ya que están insertos en la trama urbana y cuentan muchas veces con los servicios urbanos o con ubicaciones estratégicas (IDC, 2016a). Un 8,7% de las viviendas, 3617 de un total de 41198, se encuentran desocupadas²¹.

Los ecosistemas de la ciudad están estrechamente ligados a procesos y acciones sociales e individuales de ocupación y uso del suelo (expansión del área urbana sobre diferentes ecosistemas, modificación de cursos de agua, etc.) y de uso de la biodiversidad en espacios públicos y privados, así como a los procesos ecológicos que trascienden el área urbanizada. El arbolado en el espacio público y privado se distribuye bastante densa y uniformemente en el área urbana. En las ciudades de La Paz y Las Piedras el arbolado se encuentra bastante decrepito y es inminente su reemplazo, para lo que en el Plan Departamental de Forestación 2015-2020 se consideran especies de porte mediano dada la cantidad de infraestructuras en las veredas (alumbrado, drenaje, gas por cañería, etc.) (IDC, 2015b). Otro importante componente de los ecosistemas urbanos son los cuerpos de agua (cañadas urbanas, espejos de agua de canteras abandonadas) y su vegetación asociada, los terrenos baldíos (algunos de los vacíos urbanos) y

¹⁷ De acuerdo con la Ley 18.308 se considera área Urbana consolidada a las “áreas urbanizadas dotadas al menos de redes de agua potable, drenaje de aguas pluviales, red vial pavimentada, evacuación de aguas servidas, energía eléctrica y alumbrado público; todo ello en calidad y proporción adecuada a las necesidades de los usos a que deban destinarse las parcelas”.

¹⁸ De acuerdo con la Ley 18.308 se considera área Urbana no consolidada a las “áreas en las que aún existiendo un mínimo de redes de infraestructuras, las mismas no sean suficientes para dar servicio a los usos previstos por el instrumento”.

¹⁹ De acuerdo con la Ley 18.308 se considera área Urbana a “las áreas de territorio de los centros poblados, fraccionadas, con las infraestructuras y servicios en forma regular y total, así como aquellas áreas fraccionadas parcialmente urbanizadas en las que los instrumentos de ordenamiento territorial pretenden mantener o consolidar el proceso de urbanización”.

²⁰ De acuerdo con la Ley 18.308 se considera área Sub-urbana a las “áreas de suelo constituidas por enclaves con usos, actividades e instalaciones de tipo urbano o zonas en que éstas predominen, dispersos en el territorio o contiguos a los centros poblados”.

²¹ <http://www.imcanelones.gub.uy/conozca/departamento/datos-estadisticos/microrregion-y-municipios>.

los parques y plazas. En el PTM7 se propone la creación de un sistema de espacios verdes que incluye todos estos ecosistemas.

- Infraestructura de saneamiento y de drenaje pluvial

En el área urbana de la CAC el saneamiento se compone de dos redes de alcantarillado asociadas a los cascos históricos (áreas urbanas consolidadas) de La Paz y Las Piedras abarcando aproximadamente el 18% del área urbana total (consolidada y no consolidada). En el resto del área urbana y rural el saneamiento se realiza mediante fosas sépticas (o pozos negros). En el área urbana no consolidada existe recurrentemente un mal funcionamiento de las fosas sépticas, dada la baja utilización de camiones barométricos y la presencia de robadores y aguas servidas en las cunetas, lo que genera un impacto negativo en la salud pública y en los suelos y aguas de la CAC (IC, 2016a). Existen dos plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) asociadas a las redes de alcantarillado. La PTAR La Paz consta de dos lagunas que depuran las aguas y las vierten al Arroyo Las Piedras, mientras que la PTAR Las Piedras cuenta con un tratamiento primario y secundario y vierte a la Cañada San Isidro afluente del Arroyo Colorado. El caudal afluente a ambas plantas ha excedido su capacidad de tratamiento y vierten con una importante carga contaminante (Mena y Granja, 2016).

Existen algunas áreas con intervenciones más recientes y ampliaciones parciales de la red de alcantarillado y se elabora actualmente a través de la OSE y la IC el Proyecto Integral de Vialidad, Drenaje y Saneamiento para toda el área urbana de la Microrregión 7 de Canelones (IDC, 2016a; ver Figura 9). Se proyecta también a un mayor plazo la integración al sistema de saneamiento de Montevideo (Mena y Granja, 2016).

En cuanto a la infraestructura pluvial no existe una red de drenaje de aguas pluviales en coherencia y acorde a la topografía del territorio y las necesidades de la población. La situación resulta en que las zonas urbanas más antiguas y situadas en la parte más alta carecen de red de drenaje y el agua de lluvia escurre superficialmente bajando hacia otros barrios en donde se registran problemas de inundaciones (las zonas recurrentemente inundadas se encuentran en el área urbana de 18 de Mayo los márgenes del Arroyo Colorado y al oeste de La Paz, caracterizadas como de Vulnerabilidad Ambiental en el PTM7). En el caso del suelo urbano no consolidado el drenaje está constituido por cunetas y existen otros tipos de problemas de drenaje asociados al saneamiento y a los fraccionamientos (cañadas por el medio de las manzanas, viviendas próximas a los cursos de agua).

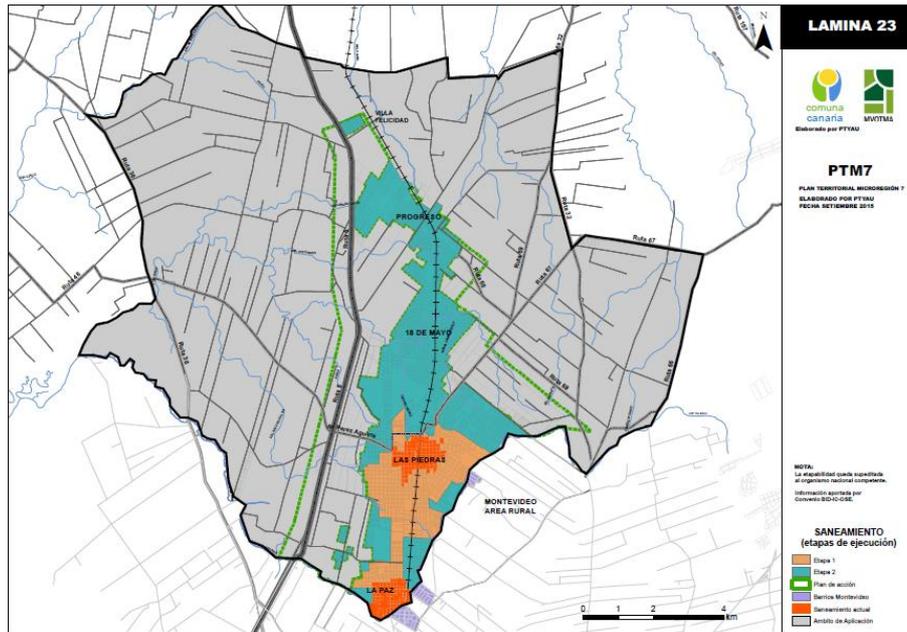


Figura 9. Saneamiento del área del PTM7. Referencias: en naranja oscuro: saneamiento actual; en naranja claro: etapa 1 de ampliación del saneamiento; en turquesa: etapa 2 de ampliación del saneamiento. Tomada de: IDC, 2016a.

Para el suelo sub-urbano, principalmente el del ámbito del PPDR5, la impermeabilización del suelo y el drenaje del agua no generan problemas de saturación del suelo pero se prevé un aumento de impermeabilización, con posible saturación del sistema de drenaje de la Ruta 5 e inundación de predios. En este sentido se plantea la amortiguación del escurrimiento en los predios (FOS y sistemas de retención) mediante proyectos de drenaje y la exigencia de mitigación de pluviales a cada emprendimiento dentro de su predio.

- Red de agua potable

La zona urbana es abastecida por el sistema metropolitano de agua potable (planta de potabilización de Aguas Corrientes - Río Santa Lucía).

- Residuos

La gestión de residuos depende de la Intendencia correspondiente a cada Departamento de la CAC. En el área de Canelones el sistema se compone de la recolección de los residuos de forma manual y por contenedores²² y de la disposición final en el Basurero municipal N°2, mientras que en el área de Montevideo el sistema de gestión de residuos se compone de la recolección manual y por contenedores y de la disposición final en el relleno sanitario Felipe Cardozo. La Intendencia de Canelones lleva a cabo el “Programa de Reciclaje para Grandes Generadores”

²² <http://www.imcanelones.gub.uy/servicios/atencion-ciudadana/recoleccion-de-residuos>

desde el 2009 en conjunto con comercios e industrias, y de forma vinculada el programa para hogares “Tu Envase Nos Sirve”. El programa recupera los residuos asimilables a domiciliarios y residuos industriales comunes: envases de productos no peligrosos (bidones plásticos, cajas de cartón, bolsas de papel y plástico, botellas de vidrio, etc.), papeles, planchas de cartón, diferentes plásticos, pallets de maderas, metales, etc. (Lombardi, 2012).

Más allá de la gestión departamental existen problemas bastante generalizados de generación de basureros endémicos y de acumulación de residuos sólidos en los cursos de agua, con limpiezas recurrentes del Arroyo Las Piedras, así como descargas irregulares de residuos líquidos en los arroyos y cañadas.

5.1.4.2. Actividades extractivas

En base a la CS del año 2011 el área de la clase Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto es de aproximadamente 217 hectáreas, lo que corresponde al 1,32% de la superficie de la cuenca

En la CAC existen dos zonas de yacimientos de balasto en el subsuelo, una ubicada al oeste de la ciudad de La Paz en la cuenca del A° de Las Piedras y la otra en las inmediaciones de la ciudad de 18 de Mayo y Progreso en la cuenca del A° Colorado (Techera et al., 2005).

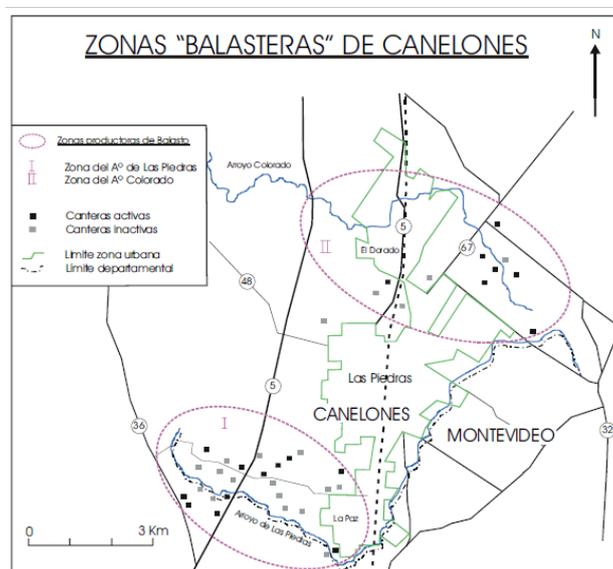


Figura 10. Ubicación regional de las zonas balasteras. Tomada de: Techera et al., 2005.

La disponibilidad de yacimientos de balasto constituye la base de una industria extractiva de larga historia en la región, íntimamente asociada a la urbanización de toda la región metropolitana y que continúa al día de hoy siendo una fuente de empleo, en menor medida,

relacionada al transporte y la construcción. La venta de balasto de la zona corresponde al 67% de la venta total del árido a nivel nacional (IDC, 2016a) y junto con una zona menor en el departamento de Montevideo suministran todo el balasto y pedregullo para la construcción en Montevideo y zona metropolitana.

Las grandes canteras en explotación o abandonadas, caracterizan el paisaje del conglomerado urbano y de la zona rural (ver Anexo 11). Muchas de las situaciones más críticas del territorio están asociados a casos de canteras en actividad, sin actividad o abandonadas y sus interacciones con otros usos del suelo cercanos (residencial y rural productivo principalmente) así como a usos que se le dan a las canteras abandonadas: como vertederos de basura, escombros, y residuos en general de manera informal y sin control alguno; usadas para baños en temporada estival, constituyendo un peligro dado que los espejos de agua resultantes de la extracción tienen una profundidad importante y paredes verticales (de hasta 30 metros). Esto se debe a la carencia de cumplimiento de las etapas de abandono de los establecimientos extractivos, consecuencia entre otros de la ausencia de planificación en la instalación de estos emprendimientos.

Entre los impactos generados por las actividades extractivas están la contaminación del aire por el polvo del movimiento de los camiones en las áreas residenciales y en cultivos, contaminación sonora, afectación de las aguas superficiales y subterráneas próximas a las canteras (cauces principales del Arroyo Las Piedras y del Arroyo Colorado).

En respuesta a esta situación en los IOT vigentes se plantea que los emprendimientos deberán contar con un plan de abandono, en el PTM7 se plantea la creación de un programa de recuperación ambiental para los pasivos ambientales, y en las EROT-AEM se plantea la creación de áreas de cuidado y recuperación ambiental, para lo que se prevé un Plan de reconversión con aprobación de DINAMIGE, DINAMA y los Gobiernos Departamentales involucrados.

Por otra parte las EROT-AEM ordenan la actividad en el territorio metropolitano en base a tres categorías: zona de actividad reglamentada (donde las actividades extractivas cumpliendo con la normativa vigente pueden desarrollarse), zona de actividad reglamentada especial (que por su valor ecosistémico, cultural, patrimonial, paisajístico requiere profundizar el análisis de la localización de las actividades extractivas, solicitando estudios de impactos pertinentes según el caso de que se trate), zona de exclusión de la actividad (donde queda totalmente excluido el otorgamiento de nuevos permisos para el desarrollo de la actividad extractiva minera, exista o no el recurso).

5.1.4.3. Agroecosistemas

En base a la CS del año 2011 las áreas clasificadas como Cultivos Regados y de Secano < 4-5 has, Cultivos Regados > 4-5 has, Cultivos de Secano > 4-5 has, Frutales y Plantación Forestal ocupan aproximadamente 7.036 Ha, correspondiendo al 42,7% de la superficie de la cuenca.

Por otra parte, en la categorización de suelo de los IOT vigentes el suelo Rural productivo²³ ocupa 9.482 hectáreas (57,7% del total de la CAC), el suelo Rural²⁴ ocupa 869 hectáreas (5,3%) correspondiendo en total al 63% de la superficie de la cuenca.

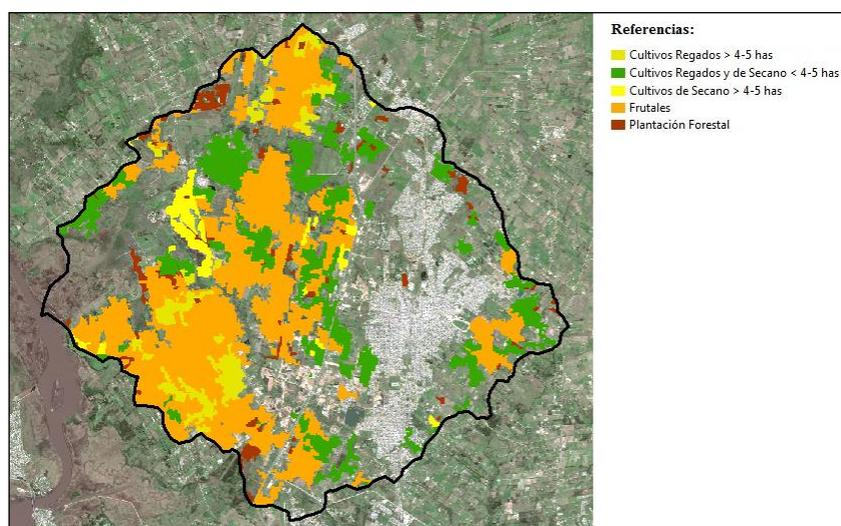


Figura 11. Coberturas de suelo Cultivos Regados y de Secano < 4-5 has, Cultivos Regados > 4-5 has, Cultivos de Secano > 4-5 has, Frutales y Plantación Forestal del año 2011. Fuente: elaboración propia.

Siguiendo a Panario et al. (2015) los suelos dominantes de la CAC son Brunosoles eutrícos y Vertisoles. La historia agrícola de la región y la aplicación recurrente de prácticas no sustentables ha degradado los suelos haciendo que toda el área tenga un grado de erosión severo y cárcavas leves a severas (IDC, 2016a).

Como se mencionó anteriormente los cultivos frutales son de alta relevancia para el área, esta actividad posee una alta intensidad en el uso del suelo y un alto uso de agroquímicos. Las fuentes de agua para riego y consumo en el área rural son principalmente la subterránea, los sistemas basados en aguas de escurrimiento en tajamares y tanques excavados, y en forma

²³ De acuerdo con la Ley 18.308 se considera área Rural productiva a las “áreas de territorio cuyo destino principal sea la actividad agraria, pecuaria, forestal o similar, minera o extractiva, o las que los instrumentos de ordenamiento territorial establezcan para asegurar la disponibilidad de suelo productivo y áreas en que éste predomine”.

²⁴ El suelo Rural corresponde al momento al área dentro de la CAC del Municipio de Los Cerrillos el cual está regido por las “Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible” de Canelones.

marginal aquellos que utilizan los cauces naturales. Varios programas del MGAP y las Intendencias Departamentales han abordado esta problemática apoyando la construcción de tajamares en la zona. La provisión de aguas subterráneas de calidad en la microrregión es relativamente reducida, lo que según IDC (2016a) constituye una de las limitantes para el desarrollo futuro de la región.

5.1.4.4. Ecosistemas terrestres naturales y semi-naturales

En base a la CS del año 2011 las áreas clasificadas como Herbáceo Natural, Monte Nativo y Arbustos ocupan aproximadamente 5.789 Ha, correspondiendo al 35,13% de la superficie de la cuenca. En la categorización de suelo de los IOT vigentes el suelo Rural natural²⁵ ocupa 1.428 hectáreas (8,7% del total de la CAC) el cual se corresponde con diferentes CS, principalmente con la CS Área Natural inundable, siguiendo por la CS Monte Nativo y otras áreas buffer de los cursos de agua de la CAC.

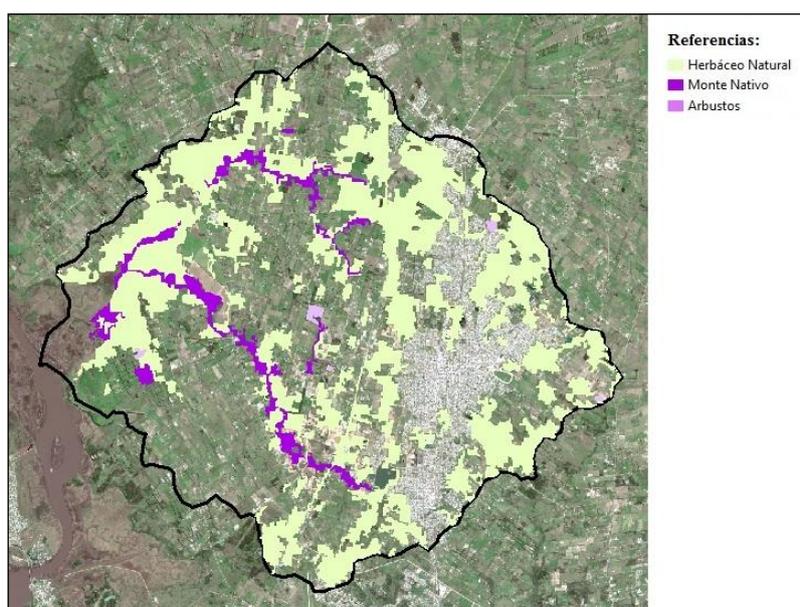


Figura 12. Coberturas de suelo Monte Nativo, Herbáceo Natural y Arbustos del año 2011. Fuente: elaboración propia.

La CAC se encuentra en la eco-región Graben de Santa Lucía (Brazeiro et al., 2012). Siguiendo a IDC (2016c) en la celda K28 en que la CAC se encuentra existen 70 elementos de

²⁵ De acuerdo con la Ley 18.308 se considera área Rural natural a las “las áreas de territorio protegido con el fin de mantener el medio natural, la biodiversidad o proteger el paisaje u otros valores patrimoniales, ambientales o espaciales”.

biodiversidad y 8 elementos que existen únicamente en el área. Según Brazeiro et al. (2012)²⁶ se estiman 142 especies nativas (entre anfibios, aves, mamíferos, peces, reptiles y plantas vasculares) para la celda K28 (ver Anexo 16).

La CS Monte Nativo en la CAC corresponde al “bosque fluvial” y está siempre asociada a los cursos de agua en tanto vegetación riparia. Por otra parte existe un parche de “bosque parque espinillo” que se encuentra georreferenciado por IDC²⁷ (2016c). Brazeiro (2014) menciona algunos SE para el Monte Nativo, entre los cuales destaca los servicios de producción primaria y hábitat de fauna y flora, productos cosechables, depuración de aguas y estabilización de suelos, y valores estéticos, de recreación y de turismo de naturaleza.

En cuanto a la CS Herbáceo Natural, según IDC (2016c) es probable que en el área la pradera natural sin especies exóticas no exista como tal debido a la historia agropecuaria y la composición de especies esté alterada o muy alterada.

En general para el departamento se considera que los ecosistemas están fragmentados de tal forma que existe una escasa o nula conectividad entre diferentes ecosistemas, por lo que se plantea establecer corredores biológicos para conectar ecosistemas nativos y asegurar procesos biológicos como el desplazamiento de fauna nativa y semillas (IDC, 2016c).

5.1.4.5. Ecosistemas acuáticos

En base a la CS del año 2011 las áreas clasificadas como Área Natural inundable y Aguas Naturales ocupan aproximadamente 372,78 Ha, correspondiendo al 2,37% de la superficie de la cuenca. Las áreas clasificadas como Aguas Artificiales ocupan 175 Ha (un 1,07% de la superficie de la cuenca) y corresponden en su mayoría a los espejos de agua generados por las canteras abandonadas e inundadas y en menor medida tajamares.

Dadas las bajas pendientes de la CAC y el estrecho rango de altitud (0-120m), los sistemas acuáticos de la CAC son considerados “de llanura” (IDC, 2016b). Los arroyos transportan sus aguas en sentido Este-Oeste desembocando en el Río Santa Lucía configurando un sistema de aproximadamente 131.9 kilómetros de cursos de agua no navegables (ver Figura 13).

Los ecosistemas acuáticos superficiales de la CAC han sufrido un deterioro por el uso indebido

²⁶ Disponible en la Base de datos de Especies : <http://www.snap.gub.uy/especies/>

²⁷ La evidencia sobre la existencia de tal parche de “bosque parque espinillo” no se encontró al recorrer el área ni en diferentes imágenes satelitales.

de fertilizantes y pesticidas en la agricultura, el vertido de efluentes líquidos industriales y domiciliarios, el uso como depósito de residuos sólidos, la llegada de sedimento producto del lavado de balasto en canteras, y por intervenciones sobre sus cauces con maquinaria e infraestructura construida (canalizaciones, represamientos, etc., ver Anexo 16) (Teixeira, 2007; IDC, 2016b). Estas últimas modificaciones, en algunos casos centenarias, determinan la fragmentación de los sistemas acuáticos al hacerse imposible el movimiento de organismos aguas arriba (p.ej. peces), y la pérdida de la conexión entre el canal y la planicie de inundación. Este hecho además aumenta la probabilidad de eventos de extinción local al disminuir las probabilidades de recolonización, lo que repercute negativamente sobre la biodiversidad, la estructura comunitaria, el funcionamiento, y afecta de manera negativa los SE que brindan los ríos a los habitantes, no permitiendo su uso para consumo y riego (IDC, 2016b). El arroyo Las Piedras posee la menor riqueza zoobentónica de la Cuenca del Río Santa Lucía (Arocena et al., 2008).

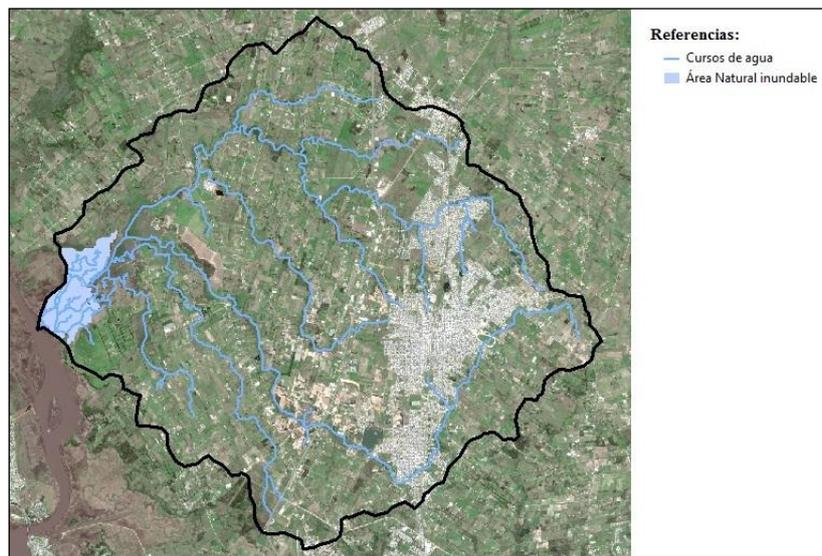


Figura 13. Principales cursos de agua de la Cuenca del Arroyo Colorado y Áreas Naturales inundables. Elaboración propia en base a Álvarez et al. (2015) y a MVOTMA (s/f).

El agua subterránea también se encuentra contaminada en gran medida a causa de los depósitos sanitarios domiciliarios que son permeables e infiltran las aguas residuales a los acuíferos.

Según IDC (2016b) los cuerpos de agua de la CAC son los más contaminados de la zona. Tomando el Índice de Contaminación Orgánica-Fecal-Eutrófica normalizado (ICOFEn), para las cuencas de los arroyos Colorado y Las Piedras los valores son 0.64 y 0.68 respectivamente, lo que representa un alto nivel de incumplimiento de la normativa en calidad de agua con respecto a la concentración de oxígeno disuelto, los coliformes fecales y la concentración de fósforo. De acuerdo al Índice de Estado Trófico (IET) las cuencas de Las Piedras y Colorado

por sus niveles de fósforo y nitrógeno generalmente están en estado hipereutrófico. Otro indicador del deterioro de los ecosistemas acuáticos es el dominio de la especie *Cnesterodon decemmacultus* en los arroyos de la CAC (IDC, 2016b).

En el PTM7 y en las EROT-M se prevé recuperar y conservar la calidad y el caudal de agua de los arroyos Las Piedras y El Colorado mediante diferentes IOTs

5.1.5. Cambios de cobertura de suelo

En la Tabla 4 se presentan las áreas y los porcentajes de ocupación de la cuenca para los años 2000 y 2011 para cada CS, y la variación total del área y el porcentaje de variación total de cada cobertura en relación a la cuenca en el período 2000-2011.

Tabla 4. Coberturas de suelo y respectivas áreas y porcentajes de ocupación de la cuenca para los años 2000 y 2011, y variación del área y porcentaje de variación de cada cobertura en el período 2000-2011.

Cobertura	2000 (ha)	%	2011 (ha)	%	Variación 2000-2011 (ha)	Variación 2000-2011 (%)
Área Urbana	1.916,3	11,63	1.934,4	11,74	18,1	0,11
Áreas Urbanas Dispersas	786,5	4,77	795,5	4,83	9,0	0,06
Equipamiento Urbano	136	0,83	136	0,83	0,0	0,00
Áreas Desnudas	19	0,12	19	0,12	0,0	0,00
Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto	217,3	1,32	217,3	1,32	0,0	0,00
Aguas Artificiales	171,5	1,04	177	1,07	5,5	0,03
Aguas Naturales	24,3	0,15	24,3	0,15	0,0	0,00
Área Natural inundable	348,5	2,12	348,5	2,12	0,0	0,00
Monte Nativo	515,7	3,13	515,6	3,13	0,0	0,00
Herbáceo Natural	5.258,1	31,91	5.233,8	31,77	-24,3	-0,15
Arbustos	39,5	0,24	39,5	0,24	0,0	0,00
Cultivos Regados y de Secano < 4-5 has	1.800	10,92	1.783,6	10,82	-16,4	-0,10
Frutales	4.047,1	24,56	4.047,1	24,56	0,0	0,00
Cultivos Regados > 4-5 has	540	3,28	540	3,28	0,0	0,00
Cultivos de Secano > 4-5 has	289,9	1,76	298	1,81	8,1	0,05
Plantación Forestal	367	2,23	367	2,23	0,0	0,00

A continuación se explicitan los cambios de forma desagregada para las CS resaltadas en la Tabla 4: aumento en las coberturas Área Urbana, Áreas Urbanas Dispersas, Aguas Artificiales y Cultivos de Secano > 4-5 has; y disminución en Herbáceo Natural y Cultivos Regados y de

Secano < 4-5 has.

Los cambios totales implicaron un 40,70 has de conversión de un uso a otro, lo que representa un 0,24% en todo el ámbito analizado.

El cambio del área de la CS Área Urbana y Áreas Urbanas Dispersas significó un aumento de 27,09 has entre el año 2000 y 2011. Hubo un aumento de 5,5 has de aguas artificiales y de 8 has de Cultivos de Secano > 4-5 has. Esos cambios se dieron en función de la disminución de Herbáceo Natural en 24,31 has y Cultivos Regados y de Secano < 4-5 has en 16,39 has.

Los cambios en general no son significativos ni a escala de cuenca, que es del orden de uno sobre mil, ni si analizamos los cambios de una clase en particular. En el caso de los usos productivos, son cambios a escala de predio, vinculados a rotación de cultivos. El aumento de Cultivos de Secano > 4-5 has es de 2,8 % y de Aguas Artificiales es del 3,2 % en el período analizado, considerando el aumento sin ponderar por el área de la cuenca.

En cuanto a la expansión urbana, el aumento fue de 27 has, que representan 0.1644 % a escala de cuenca. Considerando solamente la clase, fue un aumento de uno por ciento en el periodo y corresponde a aproximadamente 27 manzanas en la trama urbana y trama urbana dispersa.

5.2. Análisis de la cobertura de monte nativo desde la Ecología del Paisaje

Los catorce elementos de la CS Monte Nativo para el año 2011 se presentan principalmente como corredores estructurados alrededor o sobre una margen de los cursos de agua, y algunos como parches más aislados también asociados a cursos de agua. Todos los elementos se ubican al oeste del área urbana y de la ruta, por lo que se estima que existió una fuerte fragmentación y posterior desaparición del Monte Nativo al este de la cuenca (ver Figura 14). En el escenario simulado, al incorporar más área por la reclasificación de coberturas, la cantidad de parches aumenta de 14 a 79. Esto conlleva un aumento en el área total y del borde total de parche en el escenario simulado. La matriz del paisaje en que se insertan corresponde a la CS Herbáceo Natural, con un área significativa asociada a la CS Frutales.

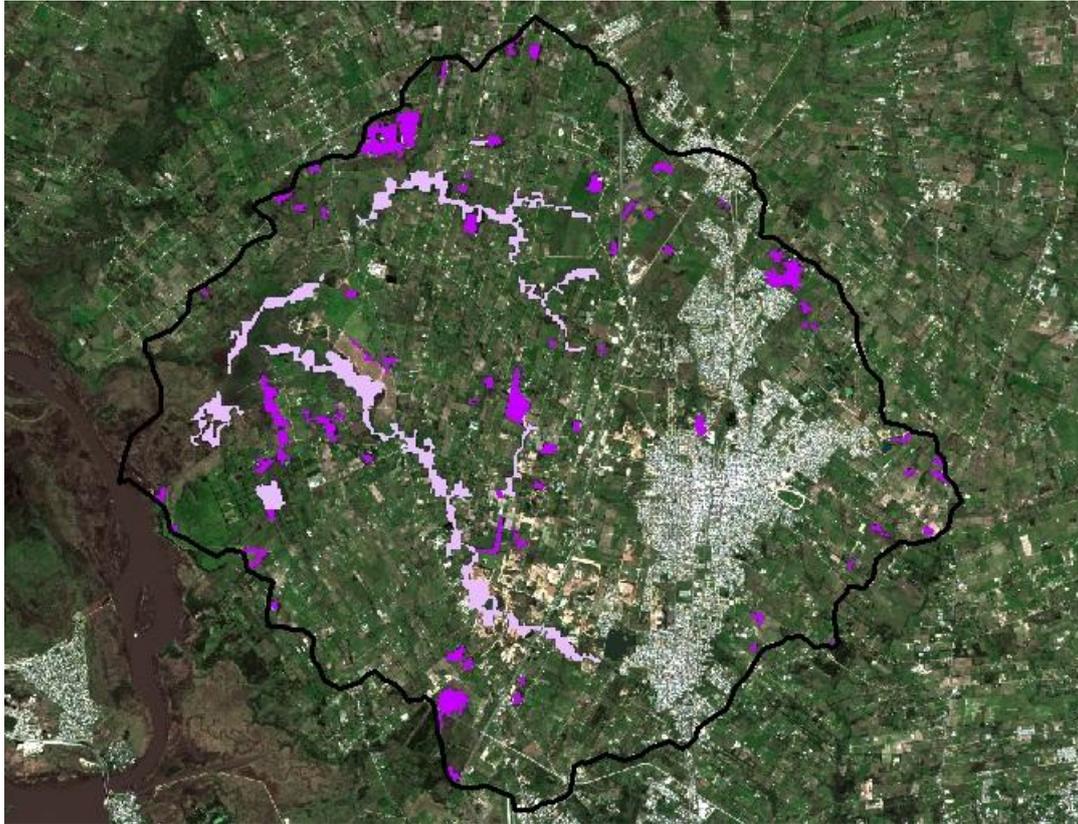


Figura 14. Cobertura de suelo Monte nativo Año 2011 y Escenario simulado Monte nativo 2. Referencias: Monte nativo Año 2011: violeta claro; Escenario simulado Monte nativo 2: violeta claro y violeta oscuro. Fuente: elaboración propia en base a MVOTMA (s/f).

La Tabla 5 muestra los resultados de las métricas de paisaje a nivel de clase para la CS Monte Nativo. La mayoría de las métricas a nivel de clase pueden ser interpretadas como índices de conectividad/fragmentación dado que miden la configuración espacial de un tipo de cobertura en particular.

Tabla 5. Métricas de paisaje a nivel de clase para la CS Monte Nativo y escenario simulado.

Métrica de paisaje*	CS Monte Nativo Año 2011	Monte nativo 2
CA (m²)	5.155.590	9.219.700
NumP	14	79
MPS (m²)	368.256	116.705
PSSD (m²)	514.447	268.463
TE (m)	95.751,7	180.549
ED (M/m²)	0,000581151	0,0010958100
MPE (M/m²)	6.839,41	2.285,43
MSI	2,93112	1,79062
AWMSI	4,76646	3,64627

*CA: Área de la clase; NumP: Numero de parches; MPS: Tamaño promedio de parches; PSSD: Desviación estándar de tamaño de parches; TE: Borde total; MPE: Borde promedio de parche; MSI: Índice de forma promedio; AWMSI: Índice de forma promedio pesado/área.

Como se vio anteriormente, el área de la CS Monte Nativo no ha cambiado entre el año 2000 y 2011. En el escenario simulado, el número de parches (NumP) aumentó por reclasificación de usos, mientras que el tamaño promedio (MPS) y la desviación estándar del tamaño de los mismos (PSSD) disminuyó.

Con respecto al borde total (TE) hubo un aumento de 84.797,3 metros. Para este índice, entre más bajo sea el valor más “compacta” es la forma, y mientras más alto sea el valor más “alargada” o “irregular” es la forma, en este caso el aumento en este índice se interpreta asociado al aumento de área de la CS y su forma de corredor. En el mismo sentido el borde promedio de parche (MPE) disminuyó al disminuir el tamaño promedio y aumentar la cantidad de parches en el escenario simulado.

Con respecto al valor del índice de forma promedio (MSI), cuanto más lejano a 1 es, más compleja es la forma del parche, en el caso de monte nativo para el año 2011 es más alto que para el escenario simulado, lo que da cuenta de formas complejas en los parches. Analizando esta métrica a nivel del área total de la clase, se obtiene que para el monte nativo se presentan valores de AWMSI más altos que en el escenario simulado.

En el escenario simulado se consideraron las coberturas estudiadas como potenciales refugios de vida silvestre. En algunas áreas de la CAC se observa una buena conectividad entre el monte nativo, arbustos y forestación, mientras en otras observamos varios parches aislados entre sí. Esto indica que para mejorar la conectividad en general se deben considerar otras herramientas de gestión y diseño.

5.3. Mapeo del servicio ecosistémico hábitat para especies

La mayor provisión de hábitat se ubica en el área de humedal (asociada a la CS Área Natural inundable) y en las áreas bajas y adyacentes a los cursos de agua, mientras que el área urbana y de mayor altura provee menos hábitat (ver Figura 15). Se pueden identificar ciertas áreas de contraste en la provisión del SE (ver en la figura manchas azul oscuro en el área de predominancia verde) que corresponden a áreas de bajo NDVI y/o con un coeficiente de estabilidad alto para el período considerado (ver Anexo 17 y Anexo 18).

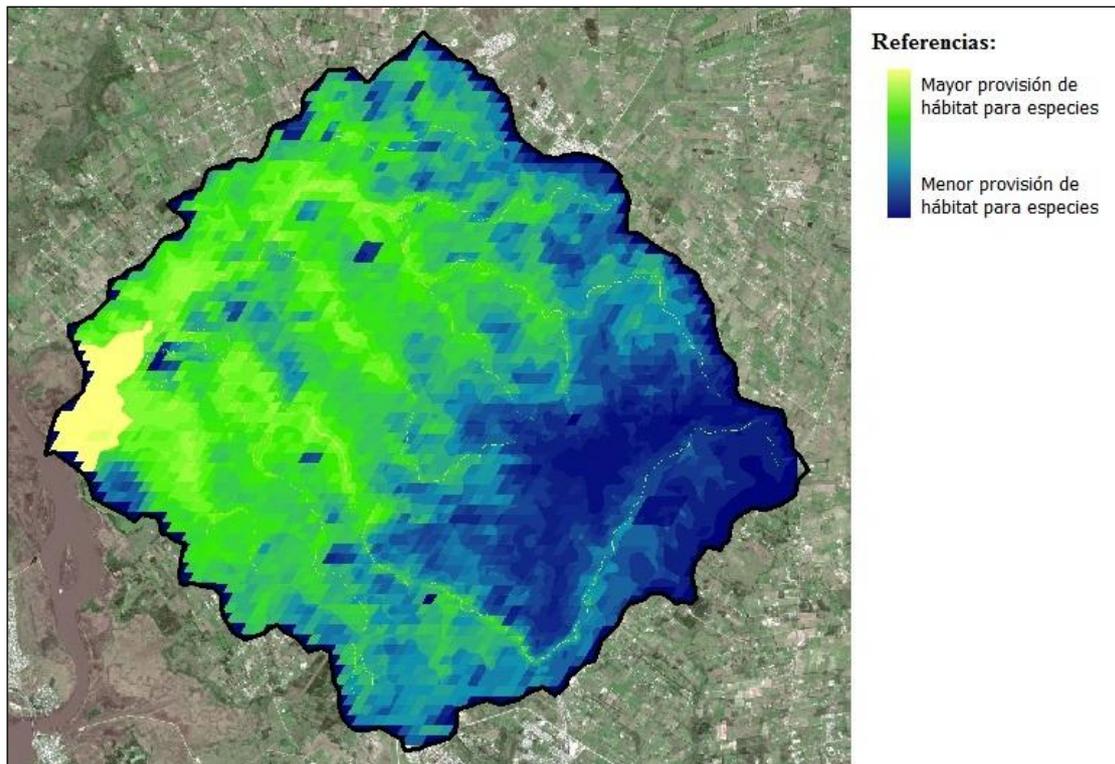


Figura 15. Mapa de provisión relativa de hábitat para especies en la cuenca del arroyo Colorado, generado con *ECOSER*.

5.4. Corredores del paisaje prioritarios para la conformación de una red ecológica de monte nativo

Los resultados obtenidos con la herramienta *Linkage Mapper* muestran el valor relativo de cada píxel para proporcionar conectividad entre las áreas de hábitat, lo que permite identificar los corredores o rutas que facilitan el movimiento de especies entre los fragmentos de la CS Monte Nativo, generando una RE para la cuenca.

Las áreas de mayor conectividad obtenidas entre parches de monte nativo se disponen en base a la cercanía entre parches y a la provisión relativa de hábitat para especies en la cuenca (ver Figura 16). Los corredores entre parches de monte nativo corresponden a los trayectos que más facilitan el movimiento de especies que habitan el monte atravesando la matriz del paisaje (ver Figura 17). La consideración de los parches de monte nativo y de los corredores identificados dan una primera aproximación para la conformación una RE de monte nativo en la CAC.

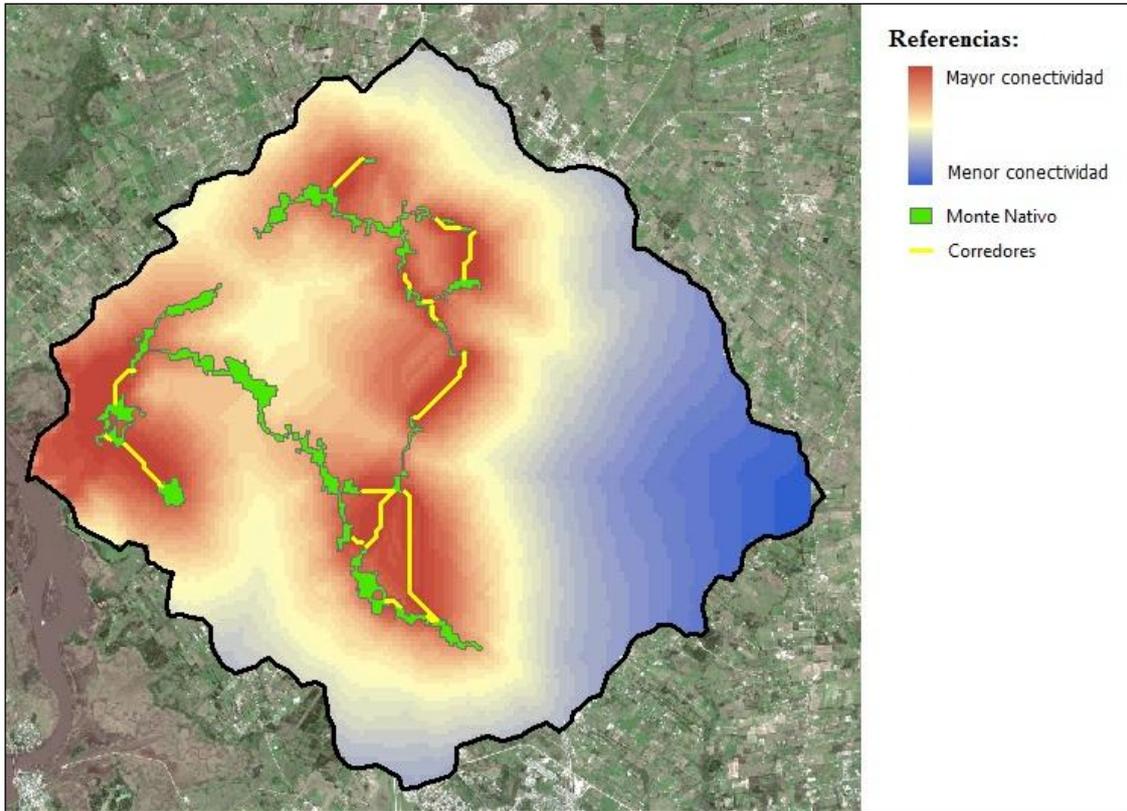


Figura 16. Conectividad y corredores entre áreas de hábitat Monte Nativo, generado con *Linkage Mapper*.

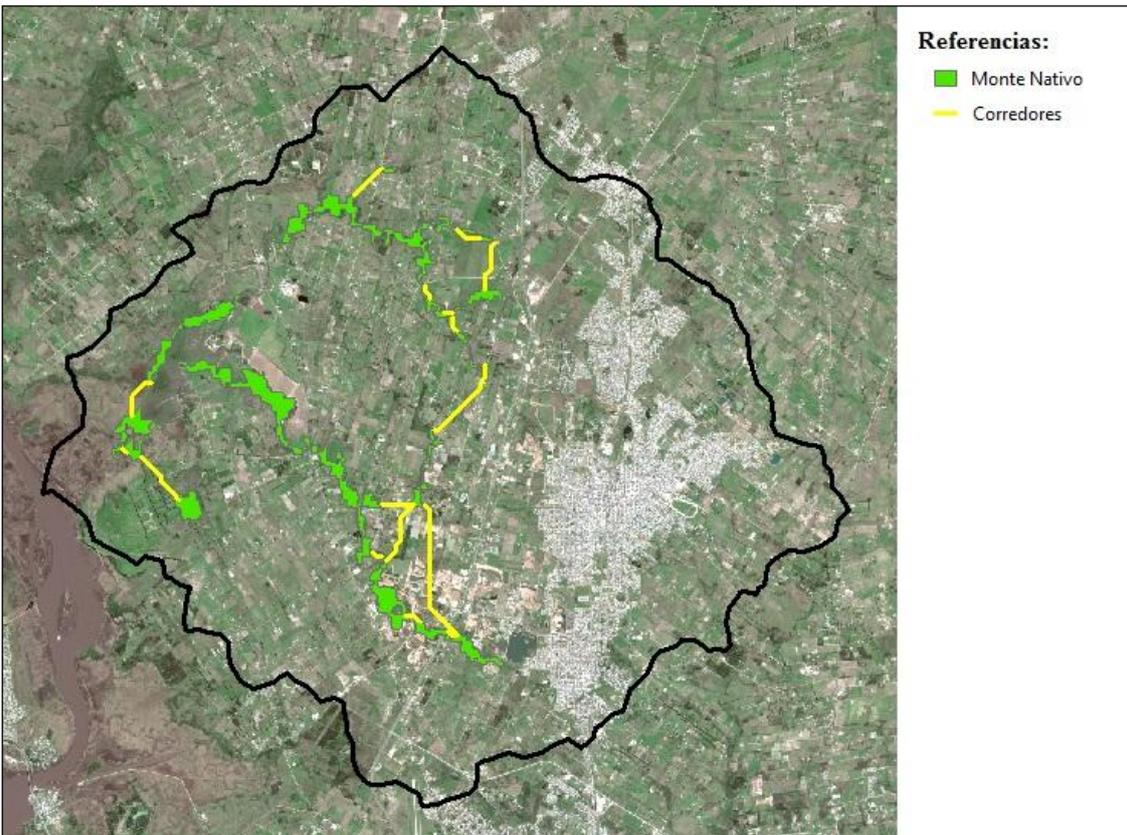


Figura 17. Corredores entre áreas de hábitat Monte Nativo prioritarios para la conformación de una red ecológica.

6. Discusión

Mediante este trabajo se realizó una primera aproximación a la integración de la EP y del enfoque de SE en el proceso de diagnóstico y planificación territorial de la cuenca del arroyo Colorado. Se considera que los resultados obtenidos deben tomarse como aportes para futuras aproximaciones que superen las limitaciones que se abordan en **4. Metodología** y en este apartado, y que integren más exhaustivamente las consideraciones teóricas y prácticas abordadas en **2. Marco teórico**.

- Caracterización del territorio y cambios de coberturas de suelo

En esta cuenca el principal factor de control y transformación del territorio es la actividad humana. La expansión urbana y agrícola realizada a lo largo del siglo XX, los procesos de migración y crecimiento poblacional en el área, los cambios en los sistemas productivos, tecnológicos y en la economía nacional, y las diferentes actividades económicas del área resultan en diferentes problemas y conflictos interrelacionados y asociados a diferentes dimensiones y procesos del territorio.

Los principales problemas y conflictos identificados en el territorio y recogidos en los IOT son: personas afectadas por injusticias sociales y ambientales (en relación a la actividad y situación económica, y a la calidad de vivienda y hábitat y su ubicación en zonas inundables o próximas a canteras); impactos de la actividades industriales-extractivas; pérdida de población rural; falta de espacio público; deterioro de la calidad de cursos de agua y de las zonas riparias; erosión de suelos; falta de saneamiento adecuado; contaminación de diferentes espacios por residuos sólidos; y conflictos entre la propiedad privada y la conservación y restauración de los corredores biológicos.

En el período analizado no existieron cambios significativos en la cuenca, ya que solamente hubo conversión de 40,70 has de un uso a otro, lo que representa un 0,24% de todo el ámbito analizado. En lo que respecta a usos productivos, serían más bien a escala de predio y estaría vinculado a rotación de cultivos.

En cuanto a la expansión urbana, el crecimiento fue de 27,09 has, lo que equivale a 27 manzanas. Se trata de un crecimiento del uno por ciento. De querer profundizar en esa situación, sería interesante ampliar el área de estudio e integrar con estudios socioeconómicos para un mejor entendimiento.

Se espera en un futuro poder aplicar medidas que ayuden a recuperar situaciones de degradación ambiental como en el caso de las canteras. Las canteras en explotación o abandonadas generan problemas y conflictos ambientales entre habitantes del territorio y otros actores, dada la importancia del volumen extraído para el área metropolitana. En respuesta a esta situación en los IOT vigentes se plantea que los emprendimientos extractivos deberán contar con un plan de abandono, en el PTM7 se plantea la creación de un programa de recuperación ambiental para los pasivos ambientales, y en las ROT-AEM se plantea la creación de áreas de cuidado y recuperación ambiental. En este sentido Macedo (2016) aporta un punto de partida importante en el involucramiento de la población afectada y en la búsqueda de alternativas de reutilización y rehabilitación de 13 canteras en el Municipio de La Paz.

Igualmente se destaca como positivo que desde el año 2015 la categorización de suelo vigente en el PTM7 categoriza como Rural Natural a los parches y corredores de la CS Monte Nativo del año 2011, más parte del Área Natural inundable y determinadas zonas buffer a los cursos de agua.

- Análisis de la cobertura de monte nativo desde la Ecología del Paisaje

El monte nativo posee una distribución asociada a su origen, y sus procesos y funciones ecosistémicas asociados a los cursos de agua, denotando una fuerte conectividad estructural, aunque interrumpida en algunos puntos. En el escenario simulado, se visualiza que algunos parches se integran a esa trama ya formada y otros permanecen aislados. En ese sentido, se podría analizar el territorio integrando esas categorías con fines de conservación de vida silvestre.

Se consideró la estructura forestal de bosque pero no se tiene información sobre su composición, aspecto fundamental para futuras aproximaciones. Por otra parte, dado que se trató de un ejercicio teórico-práctico, por limitaciones técnicas y de conocimiento no se consideraron otras métricas de paisaje (como el índice de proximidad, de conectividad o de contagio (Irastorza, 2006)), la apertura del paisaje y el hábitat de borde (McGarigal, 2015). Otras limitantes del estudio fueron la resolución de la CS, la cantidad y la frecuencia temporal de las capas analizadas, y la falta de información de campo e información georreferenciada. Se entiende que para acercamiento y una mejor comprensión del funcionamiento del paisaje y las dinámicas ecosistémicas hace falta un análisis más completo que considere otras métricas de paisaje, una mayor resolución de la CS, una mayor cantidad y frecuencia temporal de CS analizadas, y mayor información de campo e información georreferenciada.

- Mapeo de servicio ecosistémico hábitat para especies

El análisis de la provisión del SE hábitat para especies da cuenta del rol clave del humedal asociado al Área Protegida Humedales del Santa Lucía, seguido por la zona oeste de la CAC y las áreas con proximidad a los cursos de agua.

Entre las limitaciones de los resultados obtenidos se considera que, en el protocolo de mapeo realizado con la herramienta *ECOSER*, el factor altitud al usar una escala relativa de 0 a 1 puede estar influyendo desproporcionadamente para el área de estudio, ya que se estima que para la CAC el rango de la altura (0 a 120 metros) tiene poca influencia en la provisión de hábitat, y el protocolo fue diseñado originalmente para áreas más amplias y con mayores rangos de altura. Se considera que una mejor aproximación al área de estudio debe incluir una mayor resolución para la capa Biomasa y Coeficiente de variación, así como otro tipo de valoración del factor altitud (para este caso se podría asignarle un valor de 1 para toda la CAC), de la cercanía a los cursos de aguas (p.ej.: en base a una capa con valores asociados a la distancia del cuerpo de agua) y de las CS.

- Corredores del paisaje prioritarios para una red ecológica de monte nativo

Los resultados obtenidos con la herramienta *Linkage Mapper* muestran los corredores que facilitan el movimiento de especies entre los fragmentos de la CS Monte Nativo, generando una primera aproximación a una RE para la cuenca. Como se puede ver en la Figura 17 los corredores obtenidos atraviesan áreas con diferentes actividades, sobre todo agrícolas o extractivas, por lo que esto supone implementar una gestión diferenciada para asegurar su funcionamiento como corredores.

Por otra parte, dado el grado de modificación de paisaje (y particularmente del monte nativo), la propuesta de conectividad entre los parches remanentes probablemente sea insuficiente para generar un escenario con una RE funcional.

La principal limitante de los resultados obtenidos fue la capacidad de procesamiento del *hardware*, lo que restringió la cantidad de conexiones de cada parche con el parche más cercano a un máximo de dos corredores. Por otra parte el análisis no considera, por el grado de resolución de la CS y de la matriz de resistencia, ecosistemas interiores al área urbana y la conectividad de una infraestructura ecológica de la conurbación. En este sentido, profundizar en este análisis daría mayor información para la conformación de una RE funcional, indicando la áreas donde aumentar la conectividad e incorporando otros elementos como barreras, usos de suelo, estados de arroyos, humedales y lagos, etc.

- Comentarios sobre el ordenamiento territorial de la cuenca del arroyo Colorado

Los IOTs vigentes para el área (principalmente el PTM7, las EROT-AEM y el PORCRC) constituyen valiosos planes de ordenamiento que integran consideraciones ambientales y del territorio y proponen medidas para abordar los problemas identificados con instrumentos de gestión e instrumentos de planificación derivada.

En el PTM7 se considera un sistema de espacios verdes conceptualmente similar a una red e infraestructura ecológica pero que, siguiendo a IDC (2016a), se organiza en base a su accesibilidad. Tanto en la memoria de información como en la de ordenación del PTM7 no existe una caracterización del estado de la biodiversidad ni de la conectividad del sistema planteado, por lo que se considera que la planificación realizada no tiene fundamentos que aseguren objetivos de conservación o restauración. En este sentido la incorporación del análisis de la EP y del enfoque de SE resulta clave para planificar este sistema de forma de hacer viables metas ecológicas (integridad y funcionalidad ecosistémica) y sociales. Igualmente se destaca como positivo que desde el año 2015 la categorización de suelo vigente en el PTM7 categoriza como Rural Natural a los parches y corredores de la CS Monte Nativo del año 2011, más parte del Área Natural inundable y determinadas zonas buffer a los cursos de agua.

Las EROT-AEM constituyen un IOT importante para la ordenación y gestión de las actividades extractivas en el área e incorpora lo establecido en el PTM7 para estas mismas actividades, zonificando el territorio en base a Zonas de actividad reglamentada, Zonas de actividad reglamentada especial, Zonas de exclusión de la actividad y Áreas de cuidado y recuperación ambiental. En el PORC-RC se incluye a la cuenca del arroyo Colorado como una Unidad de Recuperación Ambiental, se plantea el desarrollo de Programas de Reconversión Productivas y la continuación del Plan de monitoreo de la calidad del agua a nivel departamental. Se espera que la puesta en práctica de estos IOTs y de las planificaciones derivadas del PTM7, como son los Planes Municipales de La Paz, Las Piedras, 18 de Mayo y Progreso y el Plan Interdepartamental Arroyo Las Piedras, contribuyan a mejorar el estado del ambiente y el bienestar de la población del territorio.

La planificación y gestión de una red e infraestructura ecológica para la cuenca debe integrarse explícitamente y con mayor detalle de análisis en alguno de los IOT vigentes o previstos. Esta red e infraestructura ecológica podría incluir a las áreas y corredores clave en la provisión de hábitat para especies presentadas en la Figura 15 y en la Figura 17, a las áreas categorizadas en el PTM7 como Rural Natural, como Zonas de conservación y valorización ambiental y como Zonas de Recuperación Ambiental, a las áreas consideradas dentro del sistema de espacios

verdes del PTM7, y el diseño de una infraestructura ecológica en el área urbana que se integre coherentemente con el sistema de saneamiento y drenaje previsto.

6.1. Alternativas superadoras de la configuración territorial actual

Los diferentes problemas y conflictos sociales y ambientales expuestos requieren de la acción coordinada de diferentes actores del territorio, así como de IOT articulados, planes, programas y proyectos de gestión ambiental y transición socioecológica en diferentes sectores y ámbitos de la acción pública y privada, y de la co-gestión adaptativa del territorio.

Como recomendaciones y propuestas para transformar las situaciones y procesos que generan los problemas identificados, se plantea que los diferentes IOT previstos para el área deberían considerar:

- Profundizar en la EMSE para el área con enfoques participativos y en el análisis del territorio desde la Ecología del Paisaje.
- Impulsar procesos participativos de restauración ecológica de la cuenca generando una red e infraestructura ecológica que integre el territorio urbano y rural, que provea espacios públicos multifuncionales y acordes a las necesidades de la población, y que restaure la calidad de agua.
- Para las canteras abandonadas e interfaces extractivo-rurales y extractivo-urbanas, implementar diferentes estrategias como la rehabilitación ecosistémica o proyectos de ingeniería ecológica, revirtiendo los problemas asociados a los impactos ambientales y generando nuevos espacios públicos con diferentes usos y funciones. Para las canteras en explotación implementar espacios de diálogo entre las diferentes partes y técnicos de forma de consensuar medidas de gestión de las canteras y mitigación de los impactos.
- Programas y proyectos de agroecología y de rehabilitación o remediación ecosistémica para los ecosistemas más degradados (suelos), así como estrategias participativas de cultivo de SE a escala de paisaje para el ámbito rural, en vinculación con la generación de una RE. Esto genera y fomenta la creación de trabajo rural, revirtiendo así la pérdida de población rural, al mismo tiempo que la erosión de suelos y el deterioro de la calidad de los cursos de agua.
- Mitigar la problemática de las inundaciones de forma integrada a la generación de una infraestructura ecológica urbana y con estrategias como la construcción de estructuras de disposición *in situ* o conducción superficial de aguas pluviales, la implementación de superficies

urbanas permeables, de tanques para agua de lluvias y de techos verdes. Garantizar opciones de realojamiento en áreas no inundables cuando la mitigación no alcance e incluir las áreas desalojadas en la restauración ecológica de la cuenca.

- Planes, programas y proyectos de gestión de residuos sólidos, líquidos y gaseosos fomentando la participación y las fuentes de empleo local.

- Implementar proyectos de educación ambiental en los centros educativos y para la ciudadanía en general, así como una estrategia general de información y formación ambiental, que acompañen los lineamientos y propuestas anteriores, y con el fin de fomentar el conocimiento sobre el territorio y la gestión ambiental de este.

7. Bibliografía

Álvarez, A., A. Blum y F. Gallego. 2015. Atlas de cobertura del suelo del Uruguay. Montevideo: MVOTMA-DINOT; FAO; 2015. 52p. ISBN 978-92-5-308711-2.

Anderies, J. M., M. A. Janssen y E. Ostrom. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society* 1(9):18.

Andrew, M.E., Wulder, M.A., Nelson, T.A., Coops, N.C., 2015. Spatial data, analysis approaches, and information needs for spatial ecosystem service assessments: a review. *GI Sci. Remote Sens.* 52 (3), 344–373.

Armenteras D. y O. Vargas. 2016. Patrones del paisaje y escenarios de restauración: acercando escalas. *Acta biol. Colomb.* 21(1) Supl:S229-239. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n1sup.50848>

Arocena, R., G. Chalar, D. Fabián, L. De León, E. Brugnoli, M. Silva, E. Rodó, I. Machado, J.P. Pacheco, R. Castiglioni y L. Gabito. 2008. Evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitorio. Informe Final. Convenio de cooperación técnica y científica. MVOTMA y FCIEN.

Bammer, G. 2013. *Disciplining Interdisciplinarity. Integration and Implementation Sciences for Researching Complex Real-World Problems.* Canberra, ANU E Press.

Baró, F., I. Palomo, G. Zulian, P. Vizcaino, D. Haase y E. Gómez-Baggethun. 2016. Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. *Land Use Policy* 57 (2016) 405–417.

Barral, M.P. 2016. ECOSER. Protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica para el ordenamiento territorial. Tutorial para el mapeo de funciones ecosistémicas y servicios ecosistémicos. Disponible en: <http://www.eco-ser.com.ar/ecoser-tutoriales.php>. DOI: 10.13140/RG.2.1.4257.3844 (español).

Bartesaghi, M.L. Fragmentación y conectividad del paisaje costero para vertebrados e invertebrados prioritarios para la conservación [en línea] Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias, 2015

Bastian O., K. Grunewald y R.U. Syrbe. 2015. Classification of Ecosystem Services. En: *Ecosystem Services – Concept, Methods and Case Studies.* Grunewald, K. y Bastian, O. 2015. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015. DOI: 10.1007/978-3-662-44143-5

Benedict, Mark A. and McMahon, Edward T. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities.* Washington, D.C., Island Press, 2006.

Berkes, F., J. Colding, y C. Folke. 2003. *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Borthagaray, A. 2013. Práctico 5. Paisaje Regional. En: *Diversidad Biológica. Licenciatura en Gestión*

Ambiental. Apuntes de Curso. Carranza, C., Teixeira De Mello, F. y Pacheco, J.P. 2013. CURE - UdelaR. 95 pp + anexos.

Botequilha, A., J. Miller, J. Ahern, y K. McGarigal. 2006. Measuring Landscapes. A Planner's Handbook. Washington D.C.: Island press.

Brazeiro A, Achkar M, Bartesaghi L, Ceroni M, Aldabe J, Carreira S, Duarte A, González E, Haretche F, Loureiro, M, Martínez JA, Maneyro R, Serra S & Zarucki M. 2012. Distribución potencial de especies de Uruguay: vertebrados y leñosas. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Vida Silvestre Uruguay/CIEDUR/SZU/Facultad de Ciencias. 47p.

Brazeiro, A. 2014. Los bosques de Uruguay y sus servicios ecosistémicos. En: Memoria de los Foros Técnicos sobre servicios ecosistémicos en Uruguay / IICA – Montevideo: IICA, 2014.

Brazeiro, A. (Ed.). 2015. Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 122 p.

Brown, V. A., Harris, J. A. y Russel, J. Y. (eds.). 2010. Tackling Wicked Problems through the Transdisciplinary Imagination. London, Earthscan.

Burkhard, B. y J. Maes (eds). 2017. Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp.

Carreño, L., Frank, F. C., & Viglizzo, E. F. (2012). Tradeoffs between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 68–77. doi:10.1016/j.agee.2011.05.019

Debray, A. 2011. La notion de réseau écologique en France : construction scientifique, appropriation par les politiques publiques et traduction territoriale. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*. DOI : 10.4000/vertigo.10687.

De Jesús Gonçalves, A.J. 2013. El valor funcional de la estructura verde urbana. Aportación desde el estudio de los espacios verdes de la ciudad de Bragança (Portugal). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Programa Doctorado Periferias, Sostenibilidad y Vitalidad Urbana.

De Luis, E. 2013. Corredores, conectividad y ecología de paisaje. Ciudades, Dossier 1. Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp 29-42.

Di Minin, E., A. Soutullo, L. Bartesaghi, M. Rios, M.N. Szephegyi y A. Moilanen. 2017. Integrating biodiversity, ecosystem services and socio-economic data to identify priority areas and landowners for conservation actions at the national scale. *Biological Conservation* 206 (2017) 56–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.037>

Dudley, N. (Ed.) (2008). “Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas”. Gland, Suiza: UICN.

- Durán, E., L. Galicia, E. Pérez-García y L. Zambrano. 2002. El paisaje en Ecología. Revista Ciencias, N°67. ISSN:0187-6376
- Dramstad, Wenche E., James D. Olson, and Richard T.T. Forman. 1996. Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning . Harvard University Graduate School of Design, Island Press, and the American Society of Landscape Architects.
- Englund, O., Berndes, G. y Cederberg, C. 2017. How to analyse ecosystem services in landscapes - A systematic review. *Ecological Indicators* 73 (2017) 492–504. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.009>
- ESRI 2017. ArcGIS Desktop: Release 10.5.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Evia G. y E. Gudynas. 2000. Ecología del paisaje del Uruguay. Aportes para la conservación de la diversidad biológica. MVOTMA, AECL. 173 pp.
- Fabricius, C., y Currie, B., 2015. Adaptatives co-management. En: Adaptive Management of Social-Ecological Systems, Allen C.R. y Garmestani A.S. (eds.). Springer Dordrecht Heidelberg New York London. DOI 10.1007/978-94-017-9682-8
- Fadigas, L. 2009. La estructura verde en el proceso de planificación urbana. Ciudades (12). Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp. 33-47.
- Farina, A. 2006. Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of the Landscape. 2a edición. Londres: Springer
- Fisher, B., R.K. Turner y P. Morling. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecol. Econ.* 68: 643-653.
- Foltête, J.C., C. Clauzel, and G. Vuidel. 2012. A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling & Software* 38: 316-327.
- Forman, R.T.T. & Godron, M. 1986. Landscape Ecology. Jhon Wiley & Sons, Inc. United States of America.
- Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Funtowicz, S.O., y J.R. Ravetz. 2000. La ciencia posnormal. Ciencia con la gente. Icaria, Barcelona.
- Getter, K.L. y D.B. Rowe. 2006. The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience*, 41 (5) (2006), pp. 1276-1285
- Gómez-Baggethun E. y D.N. Barton. 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics* 86 (2013) 235–245. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Gómez-Orea, D. 2007. Ordenación del Territorio. Ediciones Mundi-Prensa y Editorial Agrícola S.A. Madrid, España. p.766.

González de Molina, M. y V.M. Toledo. 2014. The social metabolism. A socio-ecological theory of Historical Change. Springer International. DOI 10.1007/978-3-319-06358-4

Gurrutxaga, M. y P.J. Lozano. 2008. Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. Estudios Geográficos, LXIX, 265, pp. 519-543, julio-diciembre 2008, ISSN: 0014-1496, eISSN: 1988-8546, doi: 10.3989/estgeogr.0427

Gurrutxaga, M. 2013. La implementación de la conectividad ecológica a distintas escalas espaciales. Ciudades, Dossier 1. Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp 139-148.

Herrero, P.M. 2013. Una aproximación a la conectividad ecológica aplicada a la planificación territorial: modelización para el caso de Valladolid y entorno. Ciudades, Dossier 1. Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp 149 - 240.

Herrero, P.M. y E. Díaz. 2013. Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica. Ciudades, Dossier 1. Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp 43-70.

Herrero, Y. 2006. El movimiento ecologista ante el deterioro global: retos y utopías. Intervención Psicosocial, 2006, Vol. 15 N.º 2 Págs. 149-166. ISSN: 1132-0559.

IAP2 - International Association for Public Participation. 2016. Core Values - International Association for Public Participation. <http://www.iap2.org/?page=A4> 21 abril 2016.

IDC - Intendencia Departamental de Canelones. 2015a. Plan Parcial Distrito Productivo Ruta 5. Disponible en: <http://www.imcanelones.gub.uy/conozca/gobierno/normativa-departamental/secretaria-de-planificacion> . Consultado el: 26/6/2017.

IDC, 2015b. Plan Departamental de Forestación 2015-2020. Disponible en: www.imcanelones.gub.uy

IDC, 2016a. Plan Territorial Microrregión 7. Disponible en: <http://www.imcanelones.gub.uy/conozca/gobierno/normativa-departamental/secretaria-de-planificacion> . Consultado el: 26/6/2017.

IDC, 2016b. Informe Ambiental Estratégico. Sistemas Acuáticos Canarios. Estado del conocimiento y gestión ambiental. Gobierno de Canelones, Dirección General de Gestión Ambiental. Disponible en: <http://www.imcanelones.gub.uy/conozca/gobierno/normativa-departamental/secretaria-de-planificacion> . Consultado el: 26/6/2017.

IDC, 2016c. Informe Ambiental Estratégico. Sistema Departamental de Áreas de Protección Ambiental de Canelones. Gobierno de Canelones, Dirección General de Gestión Ambiental.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2011. Censo General 2011. Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/>

Irastorza Vaca, Pedro (2006). Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial: Aplicación a la comunidad de Madrid. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Montes (UPM).

- Jackson, S. y Palmer, L.R. 2014. Reconceptualizing ecosystem services: Possibilities for cultivating and valuing the ethics and practices of care. *Progress in Human Geography* DOI: 10.1177/0309132514540016
- Jiménez, M. 2009. Sistema de parques. Origen y evolución de un principio estructurador de lo urbano. Ciudades (12). Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp. 265-276.
- Jongman, R.H.G., M. Külvik e I. Kristiansen. 2004. European ecological networks and greenways. *Landscape and Urban Planning*, Volume 68, Issues 2–3, 2004. Pages 305-319, ISSN 0169-2046, [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00163-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00163-4).
- Lang, S., Tiede, D. 2003. vLATE Extension für ArcGIS - vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. *Conferencia ESRI2003*. Innsbruck, Austria., 8-10 octubre.
- Langemeyer, J., F. Baró, E. Gómez-Baggethun, and P. Roebeling. 2014. Assessing multiple values of cultural services provided by urban green space: Case study of Montjuïc, Barcelona, Spain. *AMBIO*. doi:10.1007/s13280-014-0507-x.
- Lara, B.D. 2016. Fragmentación de pastizales en el centro de la provincia de Buenos Aires, mediante imágenes LANDSAT.
- Laterra P., Barral P, Carmona A, Nahuelhual L. 2016. Focusing Conservation Efforts on Ecosystem Service Supply May Increase Vulnerability of Socio-Ecological Systems. *PLoS ONE* 11(5): e0155019. <http://doi.org.secure.sci-hub.cc/10.1371/journal.pone.0155019>
- Laterra, P. y L.A. Nahuelhual. 2014. Internalización de los servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial rural: bases conceptuales y metodológicas En: *Ordenamiento Territorial: Conceptos, Métodos y Experiencias*. Paruelo J.M., E.G. Jobbágy, P. Laterra, H. Dieguez, M.A. García Collazo y A. Panizza (Eds.), FAO, MAGyP y FAUBA.
- Laterra, P., P. Barral, A. Carmona, L. Nahuelhual. 2015. ECOSER: protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica para el ordenamiento territorial. <http://ecosser.com.ar/>
- Lennon, M. 2015. Green infrastructure and planning policy: a critical assessment. *Local Environment*, 2015. Vol. 20, No. 8, 957–980, <http://dx.doi.org/10.1080/13549839.2014.880411>
- Li, X.Z., He, H.S., Bu, R.C., Wen, Q.C., Chang, Y., Hu, Y.M., Li, Y.H. (2005), “The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns”, *Pattern Recognition*, 38(12): 2626–2638, doi:10.1016/j.patcog.2005.05.009.
- Liquete C., S. Kleeschulte, G. Dige, J. Maes, B. Grizzetti, B. Olah y G. Zulian. 2015. Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study. *Environmental Science & Policy* 54 (2015) 268–280.
- Lombardi, M.J. 2012. Evaluación y propuestas de mejora del programa de reciclaje para grandes generadores de residuos en el eje ruta 5 sur del departamento de Canelones, Uruguay. Tesis de la Maestría en Ciencias

Ambientales. Universidad de la República, Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay.

López, M., L. Mello y S. Monteverde. 2007. Diagnóstico socio-ambiental de Las Piedras y La Paz. Pautas para la gestión integrada de una zona urbano-rural. Trabajo para la aprobación del curso: Diagnóstico Ambiental. Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias – Universidad de la República.

MacArthur, R. H. and Wilson, E. O. 1967. The theory of island biogeography. – Princeton Univ. Press.

Macedo, G. 2016. Rehabilitación de canteras y su entorno en el municipio de La Paz. Tesis de grado, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias, 2016.

MacLean, M. G., Congalton, R. G., 2013. PolyFrag: a vector-based program for computing landscape metrics. *GIScience & Remote Sensing*, 50(6), 591- 603.

Maes J, Zulian G, Thijssen M, Castell C, Baró F, Ferreira AM, Melo J, Garrett CP, David N, Alzetta C, Geneletti D; Cortinovis C, Zwierzchowska I, Louro Alves F, Souto Cruz C, Blasi C, Alós Ortí MM, Attorre F, Azzella MM, Capotorti G, Copiz R, Fusaro L, Manes F, Marando F, Marchetti M, Mollo B, Salvatori E, Zattero L, Zingari PC, Giarratano MC, Bianchi E, Duprè E, Barton D, Stange E, Perez-Soba M, van Eupen M, Verweij P, de Vries A, Kruse H, Polce C, Cugny-Seguin M, Erhard M, Nicolau R, Fonseca A, Fritz M, Teller A. 2016. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Urban Ecosystems. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Martín-López B., González J.A., Vilardy S.P., Montes C., García-Llorente M., Palomo I. y Aguado M. 2013. Ciencias de la Sostenibilidad: Guía Docente. Instituto Humboldt, Universidad del Magdalena, Universidad Autónoma de Madrid. Bogotá, Madrid. ISBN: 978-84-695-4527-0. Disponible en: http://www.uam.es/gruposinv/socioeco/publicaciones_libros.htm

Marull, J., J. Pino, E. Tello y M.J. Cordobilla. 2010. Social metabolism, landscape change and land-use planning in the Barcelona Metropolitan Region. *Land Use Policy* 27 (2010) 497–510. doi:10.1016/j.landusepol.2009.07.004

Mateucci, S. D. y Silva, M. (2005): “Selección de métricas de configuración espacial para la regionalización de un territorio antropizado”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 5, p. 180-202. ISSN: 1578-5157

Mateucci, S.D. 2004. Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón - proceso. Memorias del Primer Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa. Publicación Especial de Fronteras. ISSN 1667-3999

Mateucci, S.D. 2006. Ecología de Paisajes: ¿Qué es hoy en día? *Revista Fronteras*. Año 5 - Nº5, Octubre 2006. ISSN 0719-4285.

McGarigal, K. y B. Marks. 1995. Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Reference manual. For. Sci. Dep. Oregon State University. Corvallis Oregon 59 p.+ Append.

McGarigal, K. 2002. Landscape pattern metrics. In A. H. El-Shaarawi and W. W. Piegorsch, eds. *Encyclopedia of Environ metrics*. John Wiley & Sons, Sussex, Inglaterra. Volume 2: 1135-1142.

- McGarigal, K. 2015. FRAGSTATS Help. Disponible en: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>; Consultado el: 17/8/2017.
- McRae, B.H. and D.M. Kavanagh. 2011. Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle WA. Available at: <http://www.circuitscape.org/linkagemapper>.
- McRae, B.H. 2012. Pinchpoint Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle WA. Available at: <http://www.circuitscape.org/linkagemapper>.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis World Resources Institute, Island Press, Washington DC, USA; 2005.
- Mena M. y J. Granja, 2016. Unificación y ampliación de los Sistemas de Unificación y ampliación de los Sistemas de Saneamiento de la Micro Región Ruta 5 Sur Conexión con el Sistema de Montevideo. 1er Congreso Nacional Prestadores de Servicios de Saneamiento. Disponible en: http://www.ose.com.uy/descargas/congreso_saneamiento/martes%20PDF/Granja%20-%20Mena.pdf
- Molina-Prieto, L. (2016). Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano. *Revista de Arquitectura*, 18(2), 82-94. doi:10.14718/RevArq.2016.18.2.8
- Muratet, A., R. Lorrilliere, P. Clergeau y C. Fontaine. 2013. Evaluation of landscape connectivity at community level using satellite-derived NDVI. *Landscape Ecol* (2013) 28:95–105. DOI 10.1007/s10980-012-9817-1
- MVTOMA. s.f. Visualizador ambiental. Disponible en: www.mvotma.gub.uy; Consultado el: 5/9/2017
- Nash, K.L., Cvitanovic C., Fulton E.A., Halpern B.S., Milner-Gulland E.J., Watson R.A., Blanchard J.L. 2017. Planetary boundaries for a blue planet. *Nat Ecol Evol*. 2017 Nov;1(11):1625-1634. doi: 10.1038/s41559-017-0319-z.
- Nordén, E. Comparison between three landscape analysis tools to aid conservation efforts. Master degree thesis in Geomatics. Student thesis series INES nr 398. Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund University.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for Monitoring Biodiversity A Hierarchical Approach. *Conservation Biology*, 4, 355-364.
- Panario D, Gutierrez O, Achkar M, Bartesaghi L y Ceroni M (2015): Clasificación y mapeo de ambientes de Uruguay. En: Brazeiro A. (ed.). *Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación*. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 32-45 pp.
- Paruelo, J., E.G. Jobbagy y P. Laterra. 2014a. Bases conceptuales del ordenamiento territorial rural. En: *Ordenamiento Territorial: Conceptos, Métodos y Experiencias*. Paruelo J.M., E.G. Jobbágy, P. Laterra, H. Dieguez, M.A. García Collazo y A. Panizza (Eds.), FAO, MAGyP y FAUBA.

Paruelo, J; Laterra, P; Viglizzo, E. 2014b. Un plan operativo para incorporar los servicios ecosistémicos en el proceso de ordenamiento territorial. En: Ordenamiento Territorial: Conceptos, Métodos y Experiencias. Paruelo J.M., E.G. Jobbágy, P. Laterra, H. Dieguez, M.A. García Collazo y A. Panizza (Eds.), FAO, MAGyP y FAUBA.

Pascale-Medina, C., S. Papagno y C. Michel. 2014. Institucionalidad de las políticas territoriales en el ordenamiento territorial rural. En: Ordenamiento Territorial: Conceptos, Métodos y Experiencias. Paruelo J.M., E.G. Jobbágy, P. Laterra, H. Dieguez, M.A. García Collazo y A. Panizza (Eds.), FAO, MAGyP y FAUBA.

Pechanec, V., K. Pavková, Z. Dobešová. 2008. StraKa - GIS tools for the analysis of landscape structure. In: Petrova, A. (ed.) ÚSES – green backbone of the landscape, pp. 43-53.

Plummer, R., 2009. The adaptive co-management process: an initial synthesis of representative models and influential variables. *Ecology and Society* 14(2): 24. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art24/>

Potschin, M., and Haines-Young, R. 2017. “From nature to society”, en *Mapping Ecosystem Services*. Burkhard, B. y J. Maes (eds). 2017. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp.

Pulighe, G., F. Fava y F. Lupia. 2016. Insights and opportunities from mapping ecosystem services of urban green spaces and potentials in planning. *Ecosystem Services* 22 (2016) 1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.004>

Ramírez O. y S. Hernández. 2013. La conectividad ecológica en los espacios agrarios. Aportaciones desde los procesos de concentración parcelaria. *Ciudades, Dossier 1*. Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp 270-298.

Remolina, F. 2011. Figuras municipales de conservación ambiental en Colombia: ¿áreas protegidas, redes ecológicas o infraestructuras verdes?. *Revista nodo* N° 11, Vol. 6, Año 6: 65-76 Julio-Diciembre 2011.

Rempel, R.S., D. Kaukinen., and A.P. Carr. 2012. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario. [online: <http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/>]

Santos, L., P.M. Herrera, J.L. De las Rivas J.L. Lalana. Bases conceptuales en la planificación espacial de cara a la protección ambiental y paisajística. *Ciudades, Dossier 1*. Instituto Universitario de Urbanística. Universidad de Valladolid. Pp 113-137.

Sapena, M. y L.A. Ruiz. 2015. Descripción y cálculo de índices de fragmentación urbana: Herramienta *IndiFrag*. *Revista de teledetección* (2015) 43, 77-89. <http://dx.doi.org/10.4995/raet.2015.3476>

Scholz, M. y P. Grabowiecki. 2007. Review of permeable pavement systems. *Building and Environment*, Volume 42, Issue 11, 2007. Pages 3830-3836, ISSN 0360-1323. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.016>.

Shah, A., y A. Garg. 2017. Urban commons service generation, delivery, and management: A conceptual

framework. *Ecological Economics*, 135, 280-287. doi:10.1016/j.ecolecon.2016.12.017

Shah, V.B., y B. McRae. 2008. Circuitscape: A Tool for Landscape Ecology. Proceedings of the 7th Python in Science Conference: 62-66.

Shand, D. & Arnberg, M. 1996. Background Paper in Responsive Government: Service Quality Initiatives. *Organization for Economic Cooperation and Development*: 15–38.

Silva JP, Correia R, Alonso H, Martins RC, D'Amico M, Delgado A, Sampaio H, Godinho C, Moreira F. (2018) EU protected area network did not prevent a country wide population decline in a threatened grassland bird. PeerJ 6:e4284 <https://doi.org/10.7717/peerj.4284>

Sosa-Velásquez, M. 2012. ¿Cómo entender el territorio? Ed. Belinda Ramos Muñoz. Guatemala: URL; Editorial Cara Prens. 131 p. (Colección Documentos para el debate y la formación, N°4). ISBN:987-9929-54-002-6.

Soutullo, A., Bartesaghi, L., Achkar, M., Blum, A., Brazeiro, A., Ceroni, M., Gutiérrez, O., Panario, D., Rodríguez-Gallego, L., 2012. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos de Uruguay. MGAP/PPR – CIEDUR/Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay, Montevideo, Uruguay Disponible en: <http://vidasilvestre.org.uy/wp-content/uploads/2012/05/Servicios-ecosistemicos.pdf>

Spangenberg, J.H., C. von Haaren, J. Settele. 2014. The ecosystem service cascade: further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. *Ecol. Econ.* 104, 22–32

Steffen, W., W. Broadgate, L. Deutsch, O. Gaffney, and C. Ludwig. 2015. The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *Anthropocene Review*. 2:81-98. <http://dx.doi.org/10.1177/2053019614564785>

Taylor P. D.; Farhig, L. y With, K. A. (2006): "Landscape connectivity: a return to the basis", en Crooks, K. y Sanjayan, M. —eds.- *Connectivity conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 29-43.

Techera, J., R. Arriguetti y J. Sportuno. (2005). Mapa geológico y de recursos minerales del Departamento de Canelones a escala 1/100.000. Memoria Explicativa. Parte III. Recursos Minerales. Proyecto CONICYT 6019.

Texeira De Mello, F. 2007. "Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas lóticos de la cuenca baja del río Santa Lucía (Uruguay)". Tesis de maestría, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.

Tiscornia G., M. Achkar y A. Brazeiro. 2014. Efectos de la intensificación agrícola sobre la estructura y diversidad del paisaje en la región sojera de Uruguay. *Ecología Austral* 24: 212-219

Tiscornia, G. 2011. Análisis temporal del uso del suelo en el Departamento de Soriano y su incidencia en la biodiversidad. Tesis de maestría, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias, 2011.

Turner, M.G., R.H. Gardner y R.V. O'Neill. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. New York: Springer-Verlag. 401 pp.

Turner, M.G y R.H. Gardner. 2015. Landscape Ecology in Theory and Practice. Second Edition. New York: Springer-Verlag. 499 pp. DOI 10.1007/978-1-4939-2794-4

Tzoulas, K, Korpela, K, Venn, S, Yli-Pelkonen, V, Kazmierczak, A, Niemela, J and James, P 2007, 'Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review' , Landscape and Urban Planning, 81 (3) , pp. 167-178.

Vergara P.M., A- Rivera-Hutinel, A.A. Farías, H. Cofré, H. Samaniego e I.J. Hahn. 2014. ¿Cómo responden los animales del bosque a las perturbaciones antropogénicas?, Cap. 6 en: C. Donoso, M.E. González y A.Lara (eds.). Ecología Forestal. Bases para el manejo sustentable de los Bosques Nativos de Chile. Ediciones Universidad Austral de Chile.

Viglizzo, E., Carreño, L., Volante, J., & Moschiaro, M. (2011). Valuación de bienes y servicios ecosistémicos: ¿verdad objetiva o cuento de la buena pipa? Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ediciones INTA. 740pp.

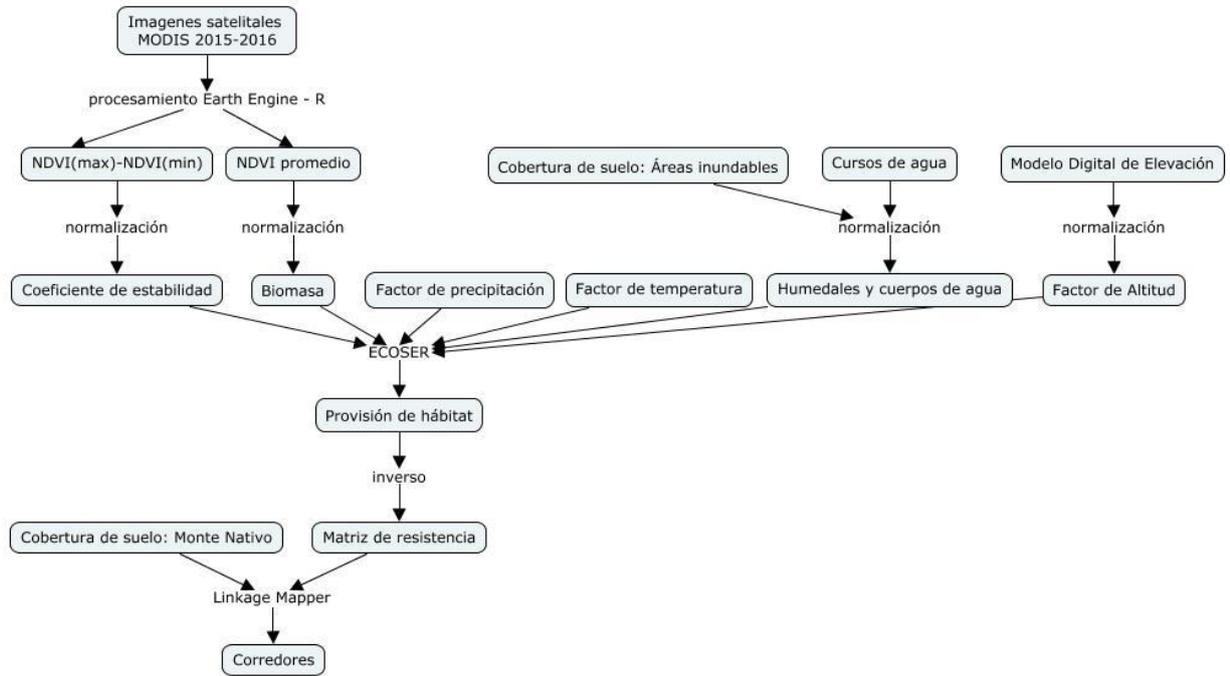
Vila, J., D. Varga, A. Llausàs y A. Rivas. 2008. Conceptos y métodos fundamentals en ecología del paisaje. Una interpretación desde la geografía. Doc. Anàl. Geogr. 48, 2006

Wang C. y Y. Meng. 2014. Green System Planning Based On The Green Infrastructural. *Applied Mechanics and Materials Vols 641-642 (2014) pp 537-543. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.641-642.537*

Wu, J. 2017. Thirty years of Landscape Ecology (1987–2017): retrospects and prospects. Landscape Ecol (2017) 32:2225–2239. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0594-8>.

8. Anexos

Anexo 1. Procedimiento metodológico de los objetivos específicos 3 y 4.



Anexo 2. Sistema de clasificación de la Coberturas de Suelo de Álvarez et al. (2015).

Tipos	17 Clases	46 Clases	
A11 Áreas Terrestres Cultivadas y Manejadas	1-Cultivos Regados > 4-5 ha	Cultivos Regados > 4-5 ha Caña Azúcar Plantación de Arroz > 4-5 ha Caña Azúcar o Arroz > 4-5 ha	[Color blocks for A11: Red, Orange, Yellow, Green, Purple]
	2-Cultivos de Secano > 4-5 ha	Cultivos de Secano > 4-5 ha	
	3-Cultivos Pequeños < 4-5ha	Cultivos de Secano < 4-5 ha Cultivos Regados < 4-5 ha	
	4-Plantación Forestal	Plantación Forestal > 5 ha Bosque Costero Plantado Plantación de Eucaliptus > 5 ha Plantación Forestal Pino > 5 ha	
		5-Frutales	
A12 Vegetación Natural y Semi-natural		6-Herbáceo Natural	Pradera Natural Herbáceo Psamófilo Pradera Natural con Palmares Dispersos (1-15 %) Pradera Natural con Afloramiento Rocoso
	7-Arbustos	Arbustos y Pradera Natural	
	8-Monte Nativo	Monte Nativo Serrano y de Quebrada Monte Nativo de Galería Monte Nativo Monte Nativo de Parque	
		9-Palmares	Palmares
	A24 Vegetación Natural y Semi-natural Acuática o Regularmente Inundada	10-Áreas Naturales Inundadas	Herbáceo Permanentemente Inundado (Pajonal) Herbáceo Estacionalmente Inundado
B15 Superficies Artificiales y Áreas Asociadas	11-Equipamiento urbano	Aeropuerto Aeródromo Instalaciones Deportivas Áreas Industriales Áreas Portuarias	[Color blocks for B15: Purple, Grey, Black]
	12-Área Urbana	Área Urbana Urbano Disperso y Cultivos	
	13-Áreas Urbanas Dispersas	Urbano Disperso y Pradera Natural Urbano Disperso y Plantación Forestal	
	14-Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto	Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto	
B16 Áreas Descubiertas o Desnudas	15-Áreas Desnudas	Arena de Playa Dunas Roca Consolidada Suelo Desnudo	[Color blocks for B16: Brown, Black]
B27 Cuerpos Artificiales de Agua, Nieve y Hielo	16-Aguas Artificiales	Canales Lagos, Embalses y Tajamares	[Color blocks for B27: Cyan]
B28 Cuerpos Naturales de Agua, Nieve y Hielo	17-Aguas Naturales	Lagunas Cursos de Agua Suelo Húmedo y Estacionalmente Inundado	[Color blocks for B28: Blue]

Anexo 3. Definiciones de las Cobertura de Suelo clasificadas en 17 Clases.

Cobertura	Descripción
Área Urbana	Áreas determinadas por la sustitución de la cobertura original semi-natural o superficie acuática, por una cobertura artificial de materiales impermeables, caracterizada por un largo período de duración. Son áreas construidas conformadas por estructuras impermeables adyacentes o conectadas por calles.
Equipamiento Urbano	Esta categoría describe áreas construidas donde la superficie terrestre está cubierta por construcciones artificiales no lineales de superficie impermeable, donde se incluyen objetos como 1) Aeropuertos; 2) Aeródromos; 3) Instalaciones deportivas; 4) Áreas industriales; y 5) Áreas portuarias.
Áreas Urbanas Dispersas	Áreas dispersas (15 al30%), con cultivos pequeños y grandes, plantaciones forestales y herbáceo natural.
Áreas Desnudas	Áreas constituidas por arenas finas a gruesas, dunas de origen eólico, afloramientos rocosos de las diferentes formaciones geológicas y superficies expuestas generalmente asociado a algún proceso natural o antrópico vinculado a prácticas inadecuadas, por ejemplo zanjas o cárcavas producidas por la erosión.
Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto	Sitios de extracción en los que la cobertura de la tierra, roca o materiales áridos son removidos por la actividad humana. Fueron considerados los emplazamientos donde se realiza actividad de extracción y preparación de minerales.
Aguas Artificiales	Esta categoría incluye embalses/tajamares (acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce) y canales de riego (construcciones que llevan el agua desde la captación hasta el campo donde es aplicada a los cultivos).
Aguas Naturales	Esta categoría reúne a todos los cuerpos de agua naturales del territorio nacional; lagos, lagunas, ríos, arroyos y áreas que corresponde a llanuras bajas ubicadas al borde de algunas lagunas y en la desembocadura de algunos arroyo, que permanecen inundadas durante varios meses del año.
Área Natural Inundada	Áreas inundables temporales o permanentes ubicadas en zonas de muy escasa o nula pendiente. Se distingue un gradiente de humedad creciente desde La tierra hasta el agua libre, determinando una secuencia de vegetación. Cuando la inundación es temporaria hay un pasaje paulatino a la pradera o pajonal, con inundación permanente se desarrollan pajonales o totorales. Cuando la profundidad y la luz lo permiten se instalan plantas acuáticas sumergidas o flotantes.
Monte Nativo	Vegetación dominada por árboles y otras formas vegetales nativas. Incluye el monte de galería, parque, serrano, y de quebrada. Los árboles pueden alcanzar alturas de 3 a 8 metros y la cobertura del suelo de 65 a 100%. La composición florística de este ecosistema varía según el tipo de monte y de las condiciones ambientales.
Herbáceo Natural	Vegetación herbácea natural compuesta principalmente por gramíneas de ciclo estival, con presencia de plantas leñosas (menor al 15%). Es la vegetación natural predominante del país. La cobertura del suelo puede ir desde el 20 al 100%. La composición botánica, productividad y estacionalidad de los pastizales es variable de acuerdo con el tipo de suelo.
Arbustos	Vegetación natural que cubre desde el 15-100% del suelo. Posee un estrato de menor altura dominado por vegetación herbácea natural. Puede corresponder a lo que en Uruguay se denomina “chirca”.
Cultivos Regados y de Secano < 4-5 has	Cultivo herbáceo en parcelas pequeñas, menores a 4-5 ha, con riego o secano. Se refiere principalmente a cultivos hortícolas: papa, tomate, morrón, frutilla, berenjena, melón, pepino, lechuga y otros. Se concentra fundamentalmente en la zona Litoral Norte (Artigas y Salto) y en la zona Sur (Canelones, Montevideo y San José).
Cultivos Regados > 4-5 has	Cultivo herbáceo extensivo en parcelas grandes, de tamaño mayor a 4-5 ha, con riego. Pueden ser cultivos de verano como: maíz, soja, girasol, sorgo, pasturas sembradas plurianuales de gramíneas y leguminosas, cultivos forrajeros anuales o papa. Asimismo dentro de esta categoría se encuentran los típicos cultivos regados de Uruguay, como son la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) y el arroz. Es una clase poco frecuente en Uruguay pues en general los cultivos extensivos y las pasturas sembradas se realizan en secano. No se incluye en esta categoría:

	frutales o cultivos hortícolas, que se describen en otras clases.
Cultivos de Secano > 4-5 has	Cultivo herbáceo de gramíneas o leguminosas en parcelas grandes de tamaño mayor a 4-5 h, en secano. Consisten principalmente de cultivos cerealeros u oleaginosos anuales de invierno: trigo, cebada y avena; o de verano: soja, maíz, girasol o sorgo (DIEA, 2010). También puede encontrarse en esta clase pasturas sembradas plurianuales de gramíneas y leguminosas en su primer o segundo año así como cultivos forrajeros anuales (avena, raigrás, etc.) para alimentación del ganado.
Frutales	Plantación de árboles o arbustos perennes: citrus, frutales de pepita y carozo, vid y olivos.
Plantación Forestal	Plantación de árboles, con cobertura de copa mayor a 30%, altura mínima de los árboles al momento de su madurez de al menos 3 m, que abarcan superficies continuas mayores a 5 ha. Incluye generalmente especies arbóreas como Eucaliptos (<i>Eucalyptus grandis</i> , <i>Eucalyptus saligna</i> , <i>Eucalyptus dunnii</i> , <i>Eucalyptus globulus</i>), Pinos (<i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus radiata</i> , <i>Pinus roxburghii</i> y <i>Pinus patula</i>) o Salicáceas. En general son bosques de rendimiento que tienen como fin la explotación de madera u otros productos forestales. También brindan abrigo y sombra al ganado. No solo representa la superficie ocupada por los árboles sino que también otras áreas destinadas a cortafuegos, caminos de saca, zonas sensibles, entre otras.

Anexo 4. Métricas de paisaje utilizadas

Abreviación (unidad)	Métrica de paisaje	Descripción
CA (m²)	Área de la clase	Calcula el área correspondiente al conjunto de fragmentos que constituyen una clase determinada.
NumP	Número de parches	Número de fragmentos totales y número de fragmentos de cada clase.
MPS (m²)	Tamaño promedio de parches	Relación entre el área ocupada por una clase y el número de fragmentos correspondientes a aquella clase.
PSSD (m²)	Desviación estándar de tamaño de parches	Medida de la variabilidad de tamaños de los fragmentos.
TE (m)	Borde total	Perímetro de los parches a nivel de clase o de paisaje. En aplicaciones que implican la comparación de paisajes de diferentes tamaños, este índice puede no ser tan útil como la densidad de los bordes (ver más abajo). Sin embargo, al comparar paisajes de tamaño idéntico, el borde total y la densidad del borde son completamente redundantes.
MPE (m/m²)	Borde promedio de parche	Calcula el promedio de borde por parche.
MSI	Índice de forma promedio	Calcula la forma media a nivel de clase y de paisaje, en base a la complejidad de la forma de los fragmentos en comparación con una forma estándar, como sería la circunferencia en el entorno vectorial o el píxel en el entorno ráster.
AWMSI	Índice de forma promedio pesado/área	AWMSI es igual a 1 cuando todos los parches son circulares (para polígonos) o cuadrados (para rasters (cuadrículas) y aumenta al aumentar la irregularidad de la forma del parche.

Anexo 5. Métricas de paisaje a nivel de polígono para la cobertura de suelo Monte Nativo del año 2011 y del escenario simulado “Monte nativo 2”.

Métricas de paisaje a nivel de polígono de la CS Monte Nativo 2011					
USLB_11	Perimeter	Area	SI	PAR	FD
MN	4367,95	251068,0	2,45911	0,0173975	1,34830
MN	2718,64	138811,0	2,05842	0,0195851	1,33569
MN	6922,79	477041,0	2,82748	0,0145120	1,35256
MN	2469,50	235626,0	1,43513	0,0104806	1,26302
MN	2458,64	114300,0	2,05148	0,0215104	1,34071
MN	5250,52	173438,0	3,55652	0,0302731	1,42016
MN	5818,65	313650,0	2,93085	0,0185514	1,36991
MN	3201,23	89816,4	3,01324	0,0356419	1,41533
MN	2069,50	73984,8	2,14629	0,0279719	1,36199
MN	32820,30	1981870,0	6,57657	0,0165602	1,43436
MN	4321,44	169544,0	2,96062	0,0254886	1,39049
MN	1242,43	39150,0	1,77133	0,0317350	1,34746
MN	21084,00	1060110,0	5,77662	0,0198886	1,43525
MN	1006,14	37177,9	1,47201	0,0270628	1,31399

Métricas de paisaje a nivel de polígono del Escenario simulado					
USLB_11	Perimeter	Area	SI	PAR	FD
MN	1343,050	58743,00000	1,56318	0,0228631	1,31186
MN	1842,510	62367,50000	2,08126	0,0295428	1,36202
MN	915,014	30371,70000	1,48111	0,0301272	1,32134
MN	2464,680	245637,00000	1,40284	0,0100338	1,25847
MN	485,663	14693,20000	1,13024	0,0330537	1,28930
MN	744,295	31697,20000	1,17932	0,0234814	1,27604
MN	1300,420	75839,20000	1,33208	0,0171470	1,27629
MN	502,851	15691,00000	1,13242	0,0320471	1,28773
MN	669,438	12697,00000	1,67593	0,0527241	1,37715
MN	221,423	3039,22000	1,13302	0,0728552	1,34676
MN	4367,950	251068,00000	2,45911	0,0173975	1,34830
MN	194,795	2223,05000	1,16546	0,0876251	1,36816
MN	1059,370	40852,20000	1,47855	0,0259319	1,31204
MN	2718,640	138811,00000	2,05842	0,0195851	1,33569
MN	790,755	23850,00000	1,44442	0,0331553	1,32407
MN	630,916	20065,90000	1,25643	0,0314422	1,30157
MN	2241,790	78284,40000	2,26022	0,0286364	1,36936
MN	11,193	2,79259	1,88953	4,0082500	2,00000
MN	1208,280	36497,20000	1,78416	0,0331061	1,35116
MN	657,582	30336,20000	1,06504	0,0216764	1,25746

MN	313,295	6061,03000	1,13521	0,0516901	1,31972
MN	1105,720	36975,60000	1,62212	0,0299040	1,33262
MN	966,247	33437,40000	1,49062	0,0288972	1,31960
MN	9390,230	564469,00000	3,52575	0,0166355	1,38141
MN	1059,360	47943,30000	1,36482	0,0220962	1,29255
MN	2954,580	267508,00000	1,61147	0,0110448	1,27889
MN	808,511	31859,00000	1,27781	0,0253778	1,29138
MN	1090,920	36112,70000	1,61941	0,0302087	1,33305
MN	660,992	24719,80000	1,18596	0,0267394	1,28394
MN	1398,410	60387,60000	1,60530	0,0231573	1,31590
MN	888,505	24061,50000	1,61582	0,0369265	1,34601
MN	668,727	26844,70000	1,15137	0,0249109	1,27584
MN	991,404	56484,90000	1,17674	0,0175517	1,26107
MN	488,491	9252,99000	1,43255	0,0527928	1,35586
MN	804,502	17727,60000	1,70450	0,0453813	1,36774
MN	2277,430	101137,00000	2,02016	0,0225183	1,34166
MN	2458,640	114300,00000	2,05148	0,0215104	1,34071
MN	840,308	30523,10000	1,35681	0,0275302	1,30421
MN	1224,480	73309,60000	1,27575	0,0167029	1,26941
MN	3768,820	128700,00000	2,96355	0,0292838	1,39980
MN	1125,010	18212,60000	2,35160	0,0617708	1,43234
MN	536,774	11029,50000	1,44182	0,0486673	1,35053
MN	5818,650	313650,00000	2,93085	0,0185514	1,36991
MN	728,671	27659,90000	1,23595	0,0263440	1,28889
MN	3302,620	228181,00000	1,95036	0,0144737	1,31343
MN	8132,560	482259,00000	3,30356	0,0168635	1,37605
MN	746,150	19376,50000	1,51211	0,0385080	1,34016
MN	3636,540	94164,50000	3,34303	0,0386191	1,43175
MN	525,524	17707,50000	1,11406	0,0296780	1,28083
MN	553,477	13206,00000	1,35866	0,0419112	1,33135
MN	400,172	9282,78000	1,17166	0,0431091	1,31172
MN	3201,230	89816,40000	3,01324	0,0356419	1,41533
MN	810,277	30535,10000	1,30806	0,0265359	1,29711
MN	593,133	21600,00000	1,13847	0,0274598	1,27959
MN	642,580	16247,40000	1,42210	0,0395497	1,33368
MN	2069,500	73984,80000	2,14629	0,0279719	1,36199
MN	32820,300	1981870,00000	6,57657	0,0165602	1,43436
MN	4321,440	169544,00000	2,96062	0,0254886	1,39049
MN	4513,490	308098,00000	2,29384	0,0146495	1,33165
MN	661,744	21890,50000	1,26170	0,0302297	1,29978
MN	758,431	26756,30000	1,30797	0,0283459	1,30094
MN	1242,430	39150,00000	1,77133	0,0317350	1,34746
MN	665,569	24231,20000	1,20615	0,0274674	1,28784

MN	680,447	23756,40000	1,24537	0,0286427	1,29476
MN	796,662	20918,10000	1,55385	0,0380849	1,34302
MN	1286,530	39541,80000	1,82510	0,0325360	1,35279
MN	635,729	14646,80000	1,48182	0,0434039	1,34587
MN	743,934	30837,40000	1,19506	0,0241244	1,27934
MN	1583,150	75123,30000	1,62940	0,0210740	1,31242
MN	1261,980	74851,50000	1,30121	0,0168598	1,27244
MN	409,661	10409,90000	1,13265	0,0393528	1,30054
MN	22107,300	1140030,00000	5,84082	0,0193919	1,43457
MN	1188,960	50066,20000	1,49896	0,0237478	1,30871
MN	832,917	36320,60000	1,23288	0,0229324	1,28092
MN	1763,370	80217,30000	1,75633	0,0219824	1,32389
MN	7534,190	594000,00000	2,75764	0,0126838	1,34298
MN	941,593	24710,90000	1,68972	0,0381044	1,35394
MN	936,204	43450,60000	1,26697	0,0215464	1,28132
MN	1509,570	57787,90000	1,77146	0,0261227	1,33514

Anexo 6. Descripción de la herramienta “hábitat para especies” detallada en el software *ECOSER 2.1*.

Este indicador forma parte de un modelo de estimación relativa de servicios ecosistémicos propuesto por Viglizzo y col. (2011) y Carreño y col. (2012). Este modelo considera principalmente la biomasa y disponibilidad de cursos y cuerpos de agua como factores claves para la provisión de servicios y también involucra otros factores de naturaleza física como la pendiente del terreno, la temperatura media, la capacidad de infiltración de los suelos, entre otros. ECOSER propone este indicador como alternativa para el mapeo de la función ecosistémica Hábitat para especies. Este indicador se calcula como $Hab = B \times (1 - VCB) \times H \times Ftemp \times (1 - Falt)$, donde se asume que la calidad de hábitat para sostener biodiversidad depende básicamente de la disponibilidad de biomasa y agua y también es favorecida por condiciones ambientales relacionadas a la temperatura y la altitud sobre el nivel del mar. Es decir, la provisión de hábitat para especies es baja cuando escasea la biomasa y el agua, la temperatura es baja y la altura es grande.

Biomasa [B]

Ingresar una capa ráster donde el valor del píxel sea la biomasa en unidades relativas (0-100). Esta capa puede generarse a través de imágenes satelitales usando como indicador de biomasa, por ejemplo, índices de vegetación como el NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada). Otra alternativa sería asignar a cada tipo de cobertura (mediante la clasificación de coberturas) un valor promedio de biomasa obtenido de literatura o datos locales.

Coefficiente de estabilidad [VCB]

Este coeficiente representa la variación estacional en la biomasa dentro de un año (0-1). Un cultivo que cubre el suelo sólo durante seis meses en el año contribuye menos al control de la erosión que un bosque siempre verde.

Humedales y cuerpos de agua [H]

Ingresar una capa ráster donde estén representados todos los humedales y cuerpos de agua. Los píxeles pertenecientes a un humedal o cuerpo de agua deberán tener asignado el valor de su superficie en una escala relativizada al máximo valor (0-100). Por ejemplo, los píxeles pertenecientes a la laguna más grande del área estudiada tendrán un valor de 100.

Factor de altitud [Falt]

Ingresar un capa ráster donde el valor del píxel indique la altura sobre el nivel del mar en una escala relativa (0-1).

Factor de precipitación [H]

Ingresar un capa ráster donde el valor del píxel indique la cantidad de precipitación en una escala relativa (0-1).

Factor de temperatura [Ftemp]

Ingresar un capa ráster donde el valor del píxel indique la temperatura en una escala relativa (0-1).

Provisión de hábitat [Hab]

Seleccionar la carpeta en donde se guardará el mapa generado. En este mapa los valores más altos indican aquellas áreas con mayor potencial de provisión de hábitat.

Anexo 7. Valores de la capa Humedales y cuerpos de agua

NOMBRE	Área (m²)	Valor relativizado	Valor ponderado
DE LAS PIEDRAS	246663	6,33289259	63,3289259
COLORADO CHICO	62153,4	1,59574321	15,9574321
COLORADO	245719	6,30865608	63,0865608
DEL COLORADO	67937,6	1,74424832	17,4424832
901	18634,9	0,47843746	4,78437464
DE SAN ISIDRO	27555,9	0,70747763	7,07477631
P-REZ	45821,9	1,17644386	11,7644386
DE LAS CONCHILLAS	112288	2,88291249	28,8291249
903	12266,2	0,31492574	3,14925737
902	7016,68	0,18014814	1,80148141
Humedal	3894950	100	100
nuevo2	156576	4,01997458	40,1997458
nuevo1	107115	2,75009949	27,5009949
904	5940,8	0,15252571	1,52525706

Anexo 8. Configuración de los pasos del proceso realizado en *Linkage Mapper*.

Process Steps

Step 1 - Identify Adjacent Core Areas

Step 2 - Construct a Network of Core Areas

Network Adjacency Method
Cost-Weighted & Euclidean

Core Area Distances Text File. Leave blank to generate (ArcInfo license only)

Step 3 - Calculate Cost-Weighted Distances and Least Cost Paths

Drop Corridors that Intersect Core Areas

Step 4 - Prune Network Using Options Below (optional)

Option A - Number of Connected Nearest Neighbors
2

Option B - Nearest Neighbor Measurement Unit
Cost-Weighted

Option C - Connect Neighboring Constellations

Step 5 - Calculate, Normalize and Mosaic Corridors

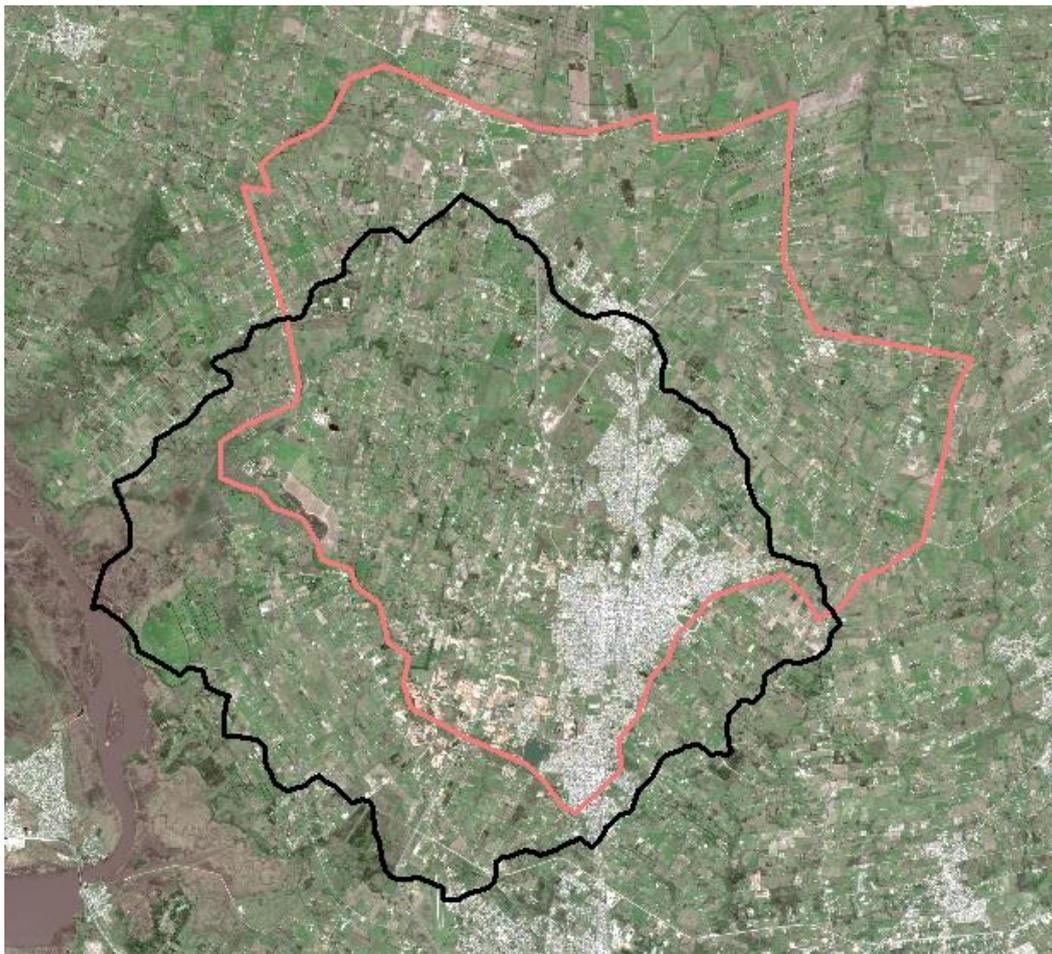
Additional Options

Bounding Circles Buffer Distance (optional)

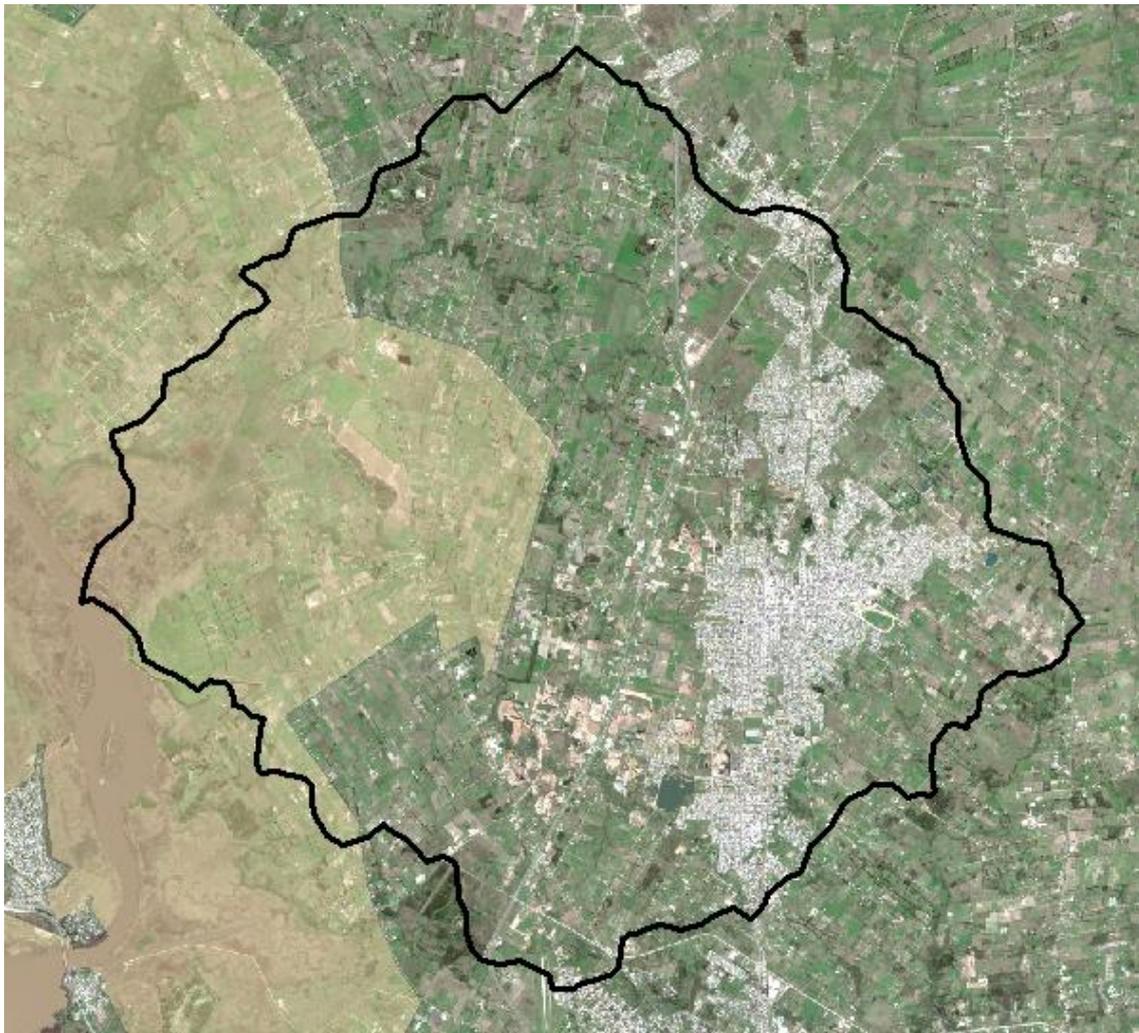
Maximum Cost-Weighted Corridor Distance (optional)

Maximum Euclidean Corridor Distance (optional)

Anexo 9. Intersección del área de estudio con el ámbito del PTM7.



Anexo 10. Intersección del área de estudio con el Área Protegida con Recursos Manejados Humedales de Santa Lucía.



Anexo 11. Fotos de áreas con problemas ambientales en la CAC



Foto 1: interfase urbano-extractiva-rural en el sur-oeste de la conurbación. Fuente: Google Earth.



Foto 2: Cantera en Barrio La Lucha. Fuente: Google Street View.

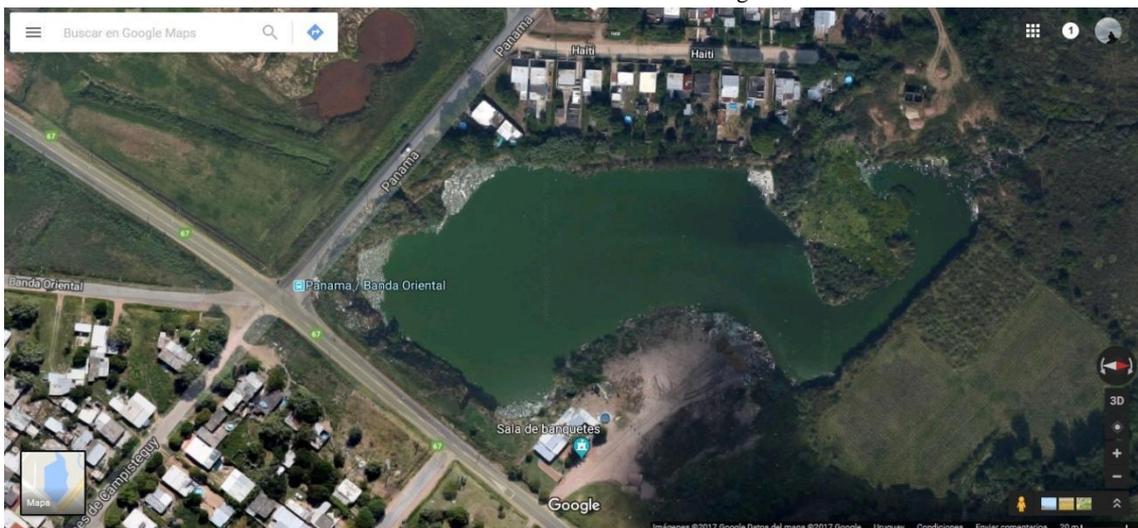


Foto 3: lago generado por cantera abandonada en medio de la ciudad de 18 de Mayo. Fuente: Google Earth.



Foto 4: lago generado por cantera abandonada en medio de la ciudad de 18 de Mayo. Fuente: Google Street View.



Foto 5: Arroyo Colorado en cruce La Paz. Fuente: Google Street View.

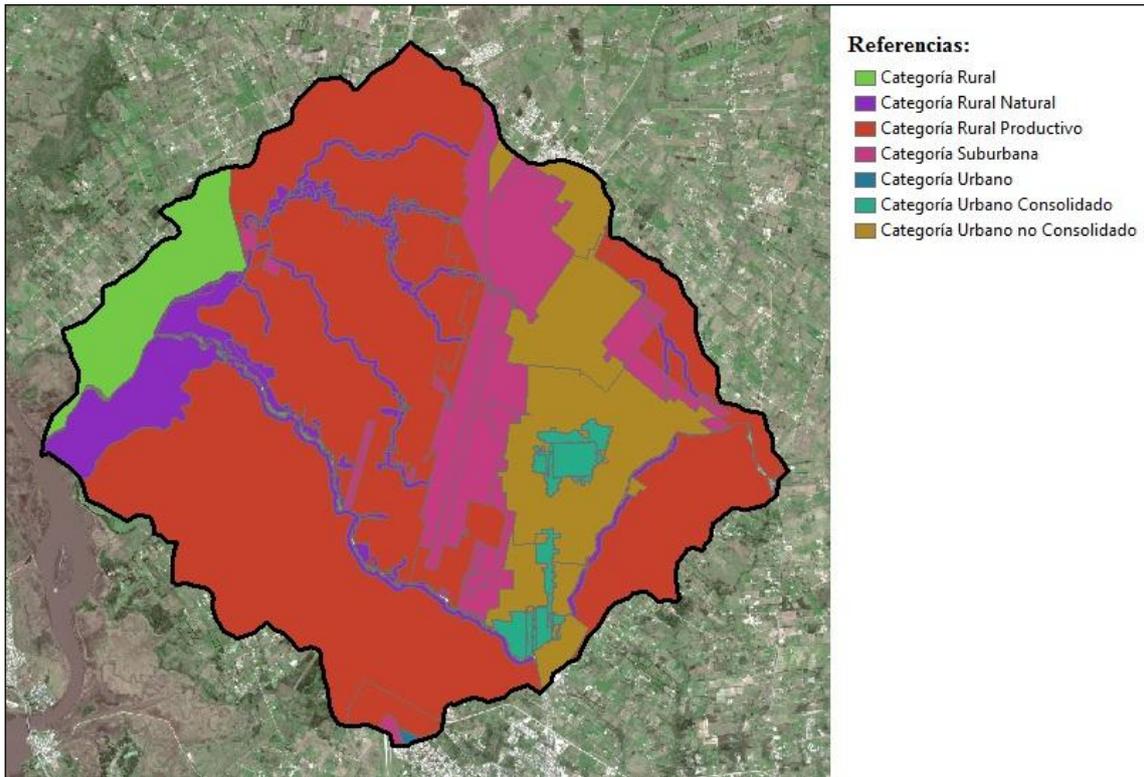


Foto 6: Arroyo Las Piedras en cruce Conrado Moller-Magalaona. Fuente: Google Street View.



Foto 7: Cañada afluente del Arroyo Colorado con márgenes desprotegidos. Fuente: Google Street View.

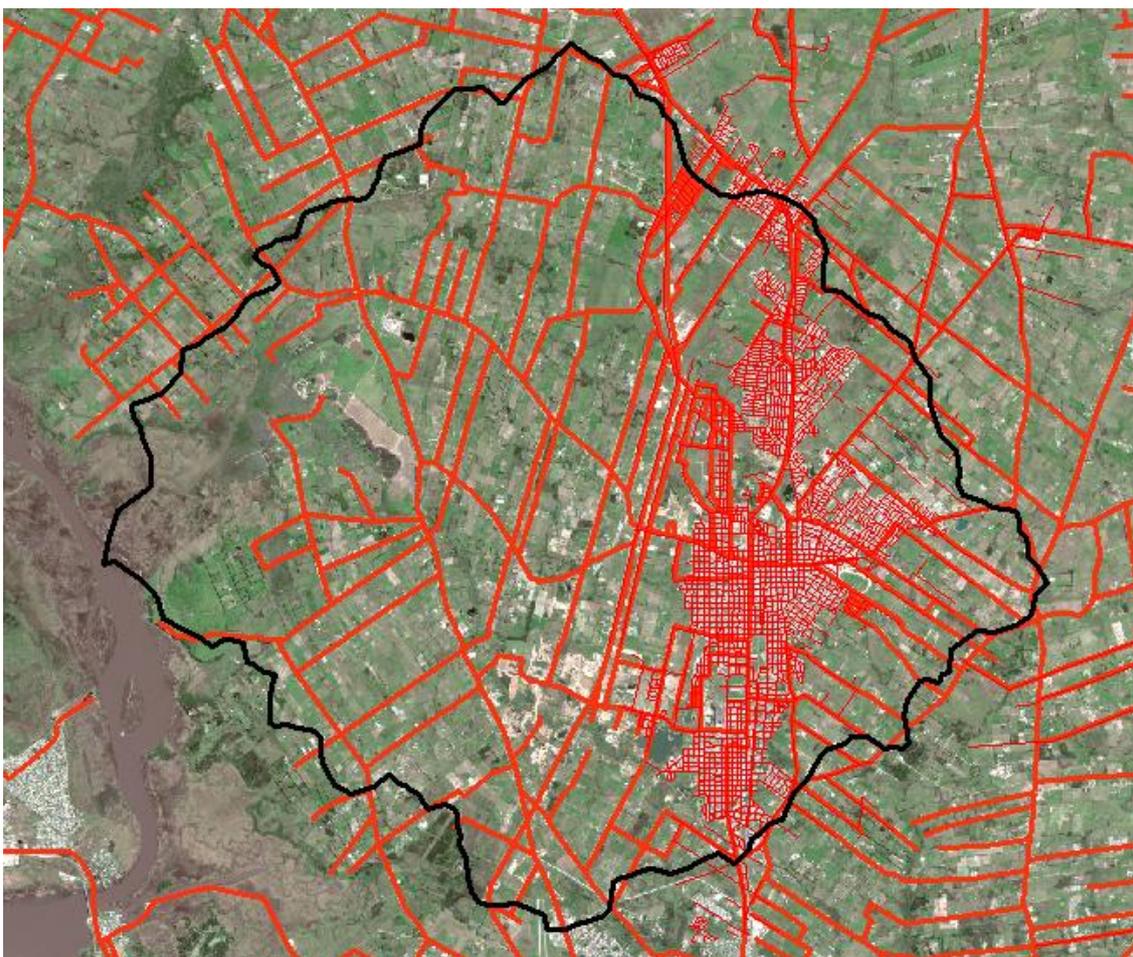
Anexo 12. Categorización de uso de suelo de acuerdo a los IOTs vigentes para la CAC.



Anexo 13. Área y porcentaje de ocupación de la CAC para las Categorías de suelo de los IOT.

Categoría de Suelo	Área (ha)	Área (%)
Categoría Rural	868,6	5,29
Categoría Rural Natural	1.428,10	8,70
Categoría Rural Productivo	9.482	57,73
Categoría Suburbana	2.049,70	12,48
Categoría Urbano	10,2	0,06
Categoría Urbano Consolidado	346,5	2,11
Categoría Urbano no Consolidado	2.239	13,63
Total	16.424,1	100,00

Anexo 14. Infraestructura vial de la CAC.



Anexo 15. Lista de especies para la celda K28: Los Cerrillos (Brazeiro et al., 2012).

Grupo	Especie	K:28 Los Cerrillos²⁸
Anfibios	<i>Argenteohyla siemersi</i> (Nativa)	0,5
Anfibios	<i>Ceratophrys ornata</i> (Nativa)	0,5
Anfibios	<i>Chthonerpeton indistinctum</i> (Nativa)	0,5
Anfibios	<i>Leptodactylus latrans</i> (Nativa)	1
Anfibios	<i>Melanophryniscus devincenzii</i> (Nativa)	0,5
Anfibios	<i>Physalaemus fernandezae</i> (Nativa)	0,5
Anfibios	<i>Physalaemus henselii</i> (Nativa)	0,5
Anfibios	<i>Pleurodema bibroni</i> (Nativa)	0,5
Anfibios	<i>Scinax aromothyella</i> (Nativa)	0,5
Aves	<i>Rhynchotus rufescens</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Nothura maculosa</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Anhinga anhinga</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Cygnus melancoryphus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Anas cyanoptera</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Heteronetta atricapilla</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Coragyps atratus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Circus cinereus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Geranotaeus melanoleucus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Buteo swainsoni</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Falco peregrinus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Aramus guarauna</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Nyctictrphes semicollaris</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Pluvialis dominica</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Coscoroba coscoroba</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Oreopholus ruficollis</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Limosa haemastica</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Bartraima longicauda</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Actitis macularia</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Calidris alba</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Calidris fuscicollis</i> (Nativa)	0,5
Aves	<i>Larus cirrocephalus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Gelochelidon nilotica</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Rhea americana</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Cinclodes fuscus</i> (Nativa)	1

²⁸ “a) Ambiente esencial para el ciclo de vida de la especie, ya que allí se reproduce, refugia o alimenta. Los ambientes esenciales se indican con un "1".

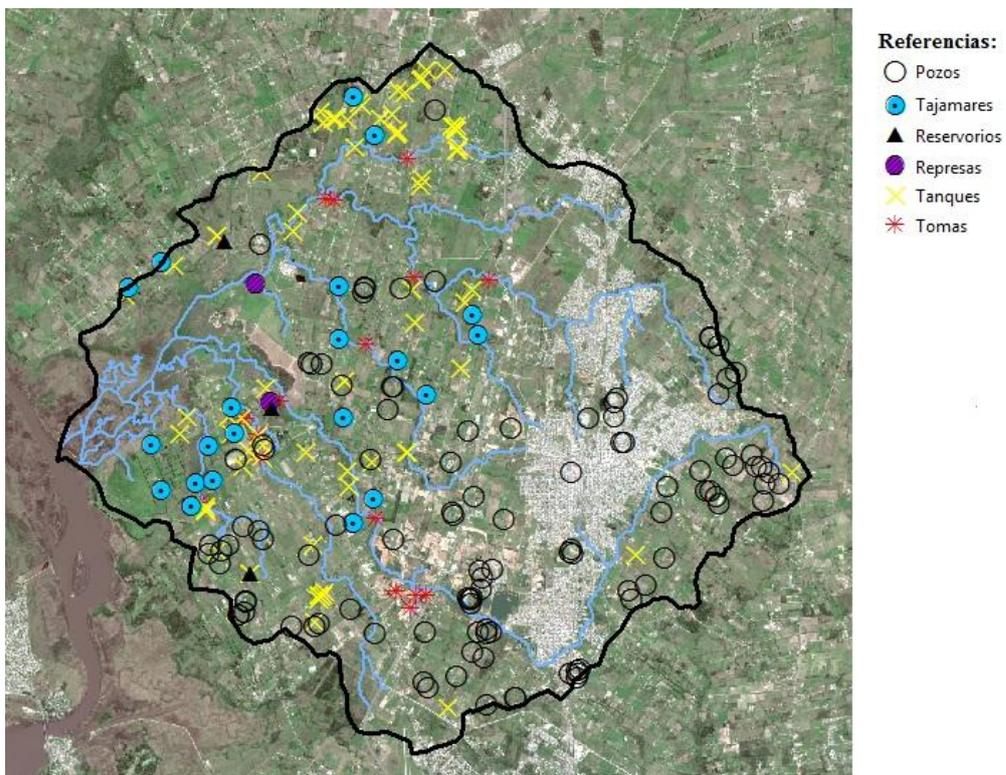
(b) Ambiente secundario, que se usa ocasionalmente ya sea para transitar, refugiarse o alimentarse. La supervivencia de la especie no depende fuertemente de estos ambientes. Los ambientes secundarios se indican con el valor "0,5".” (Brazeiro et al., 2012: 4).

Aves	<i>Limnornis curvirostris</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Spartonoica maluroides</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Limnocites rectirostris</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Cranioleuca sulphurifera</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Asthenes hudsoni</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Lochmias nematura</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Polysticus pectoralis</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Pseudocolopteryx sclateri</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Heteroxolmis dominicana</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Neoxolmis rufiventris</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Cistothorus platensis</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Donacospiza albifrons</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Volatinia jacarina</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Sporophila cinnamomea</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Sporophila collaris</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Gubernatrix cristata</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Coryphospingus cucullatus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Paroaria coronata</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Cyanocompsa brissoni</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Xanthopsar flavus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Sturnella defilippii</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Amblyramphus holosericeus</i> (Nativa)	1
Aves	<i>Gnorimopsar chopi</i> (Nativa)	1
Mamíferos	<i>Cerdocyon thous</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Lycalopex gymnocercus</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Leopardus braccatus</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Leopardus geoffroyi</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Lontra longicaudis</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Deltamys kempi</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Lundomys molitor</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Necomys obscurus</i> (Nativa)	1
Mamíferos	<i>Reithrodon typicus</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Scapteromys tumidus</i> (Nativa)	1
Mamíferos	<i>Myocastor coypus</i> (Nativa)	1
Mamíferos	<i>Ctenomys pearsoni</i> (Nativa)	0,5
Mamíferos	<i>Oligoryzomys flavescens</i> (Nativa)	1
Mamíferos	<i>Cryptonanus cf. chacoensis</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Pygocentrus nattereri</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Lycengraulis grossidens</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Platanichthys platana</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Ramnogaster melanostoma</i> (Nativa)	0,5

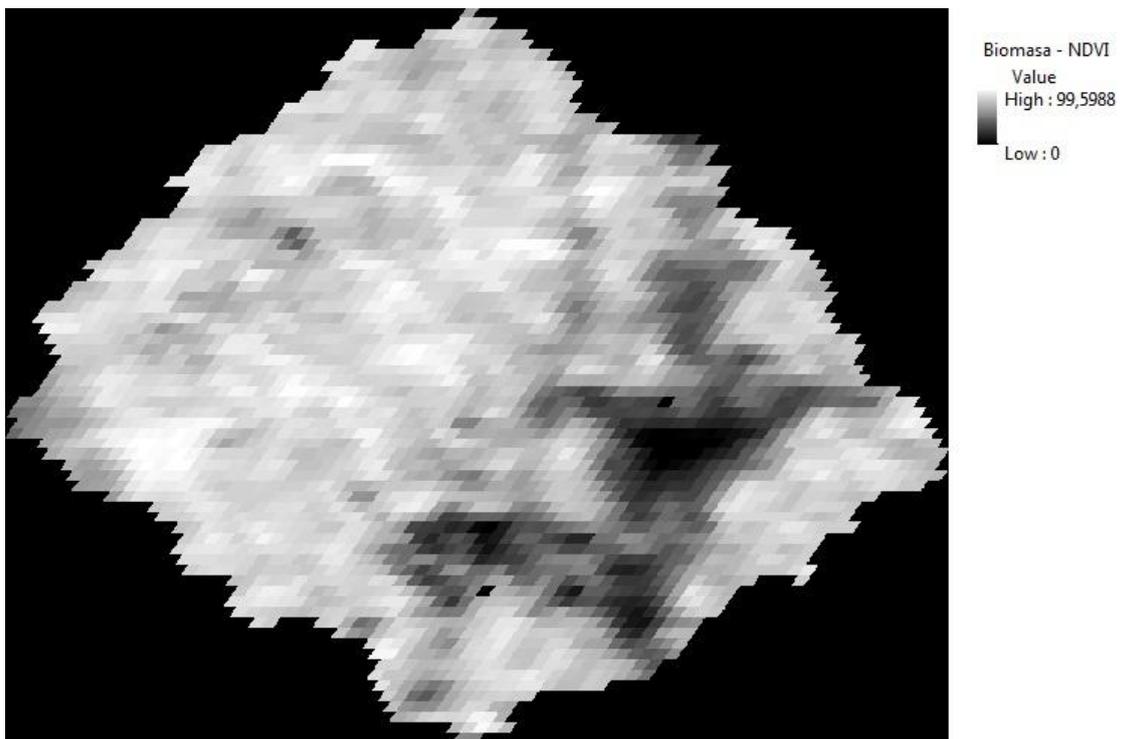
Peces	<i>Leporinus obtusidens</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Hoplias lacerdae</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Hoplias malabaricus</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Corydoras paleatus</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Hoplosternum littorale</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Otocinclus arnoldi</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Otocinclus vestitus</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Hisonotus armatus</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Hisonotus charrua</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Hisonotus nigricauda</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Hisonotus ringueleti</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Ricola macrops</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Paraloricaria vetula</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Rineloricaria lanceolata</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Rineloricaria longicauda</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Loricariichthys platymetopon</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Loricariichthys melanocheilus</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Loricariichthys anus</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Hypostomus laplatae</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Hypostomus commersoni</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Hypostomus aff. borelli</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Ancistrus sp</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Trachelyopterus lucenai</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Pimelodus maculatus</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Parapimelodus valenciennis</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Iheringichthys labrosus</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Rhamdia quelen</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Genidens barbatus</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Gymnotus omarorum</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Odontesthes bonariensis</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Odontesthes perugiae</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Synbranchus marmoratus</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Rineloricaria strigatta</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Gymnogeophagus gymnogenys</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Gymnogeophagus sp3 arcoiris</i> (Nativa)	1
Peces	<i>Scleronema spp.</i> (Nativa)	0,5
Peces	<i>Cyanocharax alburnus</i> (Nativa)	0,5
Reptiles	<i>Liolaemus wiegmannii</i> (Nativa)	0,5
Reptiles	<i>Anisolepis undulatus</i> (Nativa)	0,5
Reptiles	<i>Boiruna maculata</i> (Nativa)	0,5
Reptiles	<i>Rhinocerophis alternatus</i> (Nativa)	0,5
Reptiles	<i>Micrurus altirostris</i> (Nativa)	0,5

Reptiles	<i>Tupinambis merianae</i> (Nativa)	0,5
Vasculares	<i>Pavonia cymbalaria</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Chiropetalum intermedium</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Stipa pauciciliata</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Schlechtendalia luzulaefolia</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Solanum chacoense</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Solanum platense</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Stipa formicarum</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Tragia incana</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Bipinnula polysyca</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Vicia platensis</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Vicia stenophylla</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Cleome titubans</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Cucurbita maxima</i> ssp. <i>andrea</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Cucurbitella asperata</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Cyclopermun uruguayense</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Diposis saniculaefolia</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Trichocline heterophylla</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Calyculogygas uruguayensis</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Hordeum flexuosum</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Hypochoeris petiolaris</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Hypochoeris rosengurtii</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Malvella leprosa</i> (Nativa)	1
Vasculares	<i>Echinochloa polystachya</i> var. <i>spectabilis</i> (Nativa)	1

Anexo 16. Aprovechamientos de agua tramitados por DINAGUA en la CAC. Fuente: elaboración propia en base a MVOTMA (s/f).



Anexo 17. Mapa de la CAC del índice de vegetación de diferencia normalizada, generado para el mapeo del SE “hábitat para especies”.



Anexo 18. Mapa de la CAC del coeficiente de estabilidad del índice de vegetación de diferencia normalizada, generado para el mapeo del SE “hábitat para especies”.

