



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

Tesis de grado

# Cambios en los usos de suelos en la cuenca de la Laguna Garzón: aportes para la gestión desde una visión cuenca

**Rodolfo Reboulaz**

Tutores: Dr. Leandro Bergamino y Dr. Hugo Inda

Licenciatura en Gestión Ambiental  
Centro Universitario Regional Este-sede Rocha  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Rocha, 2022

# Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi familia que con su apoyo supo arroparme en los momentos difíciles de esta linda aventura: a Paula mi compañera de la vida y a mis hijos Alaia y Luca.

A continuación darles las gracias a mis tutores Leandro Bergamino y Hugo Inda por tanta dedicación y por sus invaluables aportes, gracias, fue muy lindo compartir este trabajo con ustedes. Asimismo, quiero darles las gracias a los integrantes del tribunal: Isabel Gadino y Lorena Rodríguez que junto con Leandro tuvieron la amabilidad de dedicar su tiempo a leer y corregir este trabajo. Y por supuesto a todo el equipo "Garzón": a Ximena Lagos, a Maira Ramos, a Germán Taveira y a toda la comunidad de pescadores de la laguna, sin todos ellos esto no hubiera sido posible.

Quiero resaltar que este trabajo de tesis fue posible gracias al apoyo de la CSIC, ya que la misma fue desarrollada en el marco del proyecto: "*Generando lineamientos para el desarrollo de un plan de gestión ambiental en la Laguna Garzón*", programa de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción, financiado por CSIC-UdelaR a través del proyecto VUSP 2019/N° 3.

Por último me gustaría agradecer a Ana Lia Noguera, por darme tantas facilidades para dedicarle tiempo a este trabajo, a todos los docentes de la LGA y a mis compañeros por su apoyo y por tantas horas de clases compartidas.

Esta tesis está dedicada a mi madre Aida, que tanto soñó y hoy es una realidad.

A todos MUCHAS GRACIAS!!

Agradecimientos	2
Resumen	4
Abstract	4
Introducción	5
Impactos ambientales generados por los cambios en los usos de suelo	5
Impactos ambientales de la transformación hacia suelos forestales en Uruguay	7
Marco teórico, la cuenca como unidad de gestión	11
Marco normativo forestal	12
Pregunta de investigación	14
Objetivos	14
Metodología	15
Área de estudio	15
Análisis de los usos de suelos actuales	17
Caracterización de la dinámica de los usos de suelo en la cuenca	17
Superficie de prioridad forestal	19
Resultados	19
Cobertura de suelo de la cuenca de la Laguna Garzón	19
Superficie de suelos de prioridad forestal para la cuenca de la Laguna Garzón	22
Dinámica de la forestación entre el año 2000 y 2021 para la cuenca de la Laguna Garzón	25
Superficie de forestación fuera de suelos de prioridad forestal	26
Discusión	28
Efectos de los cambios en los usos de suelo en el sistema cuenca	29
Implicancias de los suelos clasificados con prioridad forestal	31
Conclusiones y perspectivas	32
Recomendaciones para la gestión ambiental de la cuenca	33
Bibliografía	34
Anexos	44

# Resumen

Avanzar hacia el entendimiento de los efectos de las presiones antrópicas en los ecosistemas incluyendo cambios en los usos de suelo representa un paso fundamental para lograr medidas de manejo y conservación ecosistémicas efectivas. En este trabajo se caracterizaron los usos del suelo en la cuenca de la laguna Garzón y se identificaron cambios en la cobertura para el periodo comprendido entre el año 2000 y el año 2021. Con este fin se utilizaron capas de coberturas de suelo elaboradas por organismos oficiales mediante métodos de teledetección, las cuales fueron integradas y examinadas en un sistema de información geográfica. Los resultados mostraron un aumento en la superficie ocupada por la forestación y la agricultura en la cuenca para el período de estudio. La transformación hacia coberturas forestales se produce principalmente en la parte alta de la cuenca y en detrimento del campo natural y del monte nativo, asociado a cauces de agua de menor orden que desembocan en los principales tributarios de la laguna. Por otro lado, a partir del marco normativo y la definición de suelos de prioridad forestal se observó que la cuenca cuenta con un 50 % de su superficie clasificada como de prioridad forestal. Actualmente la cuenca presenta un 8.4 % de la superficie total forestada, que al ser analizada por microcuencas mostró que la microcuenca del arroyo Garzón es la que presenta un mayor desarrollo de las mismas. Asimismo se observó que existen 900 Ha de forestación por fuera de suelos de prioridad forestal. Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de adoptar estrategias de gestión para la laguna Garzón con escalas acorde a los procesos socio productivos de la cuenca. Este trabajo mostró una reducción de hábitats naturales a lo largo de los años, con una consecuente fragmentación de hábitats más significativamente sobre la cuenca alta de la Laguna Garzón, particularmente en la microcuenca del Arroyo Garzón.

Palabras claves: usos de suelo, cambios de cobertura, análisis en SIG, prioridad forestal

## Abstract

Advancing towards the understanding of ecosystem changes, including changes in land uses, represents a fundamental stage to achieve effective ecosystem management and conservation measures. In this study, land uses in the Laguna Garzón basin were

characterized and land cover changes were identified for the period between 2000 and 2021. For this purpose, soil cover layers prepared by official agencies were used by remote sensing methods, which were integrated and examined in a geographic information system. The results showed an increase in the area occupied by afforestation and agriculture in the basin for the studied period. The transformation towards forest soils occurs mainly in the upper part of the basin and to the detriment of the natural field and the native forest, associated with lower order water courses that flow into the lagoon. On the other hand, the normative framework and the bibliography show that the definition of forest priority soils does not prevent afforestation in other land units. In this sense, it was observed that despite the fact that the basin has 50% of the area classified as forestry priority according to the regulations, there are 900 Ha of afforestation outside these soils. The results obtained suggest the need to adopt management strategies for the Garzón lagoon with scales according to the socio-productive processes of the basin. This work shows a reduction of natural habitats over the years, with a consequent fragmentation of habitats more significantly on the upper basin of Laguna Garzón, particularly in the micro-basin of Arroyo Garzón.

Key words: land uses, land cover, analysis SIG, forestry property soil

## Introducción

### Impactos ambientales generados por los cambios en los usos de suelo

Las lagunas costeras son sistemas altamente complejos, dinámicos, con una alta productividad y biodiversidad asociada, y una gran potencialidad de proveer de distintos servicios ecosistémicos, lo que las convierte en sitios con un gran interés para la conservación ambiental (Newton et al. 2014). Sin embargo, las zonas costeras representan regiones muy amenazadas por diversas actividades humanas, como por ejemplo la ganadería, la agricultura o los avances de la urbanización (Esteves et al. 2008). La presión que ejercen dichas actividades amenazan la calidad del agua, favorecen la introducción de especies exóticas y alteran las dinámicas naturales de apertura de las barras arenosas que conectan las lagunas con los ambientes marinos. En especial, los cambios en la cobertura del suelo constituyen uno de los agentes más influyentes en las modificaciones de los

ecosistemas naturales y su funcionamiento, asociado principalmente a la expansión de la agricultura (Newbold et al. 2020). En este sentido, la fragmentación y pérdida de hábitat generados por los cambios en los usos de suelo son responsables de una importante reducción de la biodiversidad asociada a los ambientes naturales (Rodríguez-Echeverry et al. 2018). Varios autores coinciden en señalar la fragmentación y la pérdida de hábitat como dos de los factores principales que afectan la extinción de especies actualmente a nivel mundial (Groombridge, 1992). La pérdida de hábitat y la fragmentación ocurren frecuentemente juntos, resultando en la reducción de los tamaños poblacionales y consecuentemente aumentando la probabilidad de extinción de las especies por medio de estocasticidad demográfica o ambiental (Long et al 2010). La fragmentación sufrida a nivel de paisaje, podría afectar la movilidad de las especies entre los diferentes ambientes (Bartesaghi 2015). Con el fin de alcanzar y desarrollar estrategias productivas compatibles con la conservación enfocándose en la reducción de la pérdida de hábitat y de la fragmentación, resulta esencial caracterizar las actividades productivas para luego poder evaluar sus efectos sobre los diferentes componentes de la biodiversidad (Brazeiro, 2015)

Particularmente el desarrollo de la forestación utilizada para la fijación de terreno en zonas costeras, así como la reconversión de pastizales naturales en monocultivos forestales, es una actividad que lleva a la pérdida y fragmentación de hábitat. La actividad forestal con especies exóticas para la producción de madera, pulpa o combustible, es rubro en expansión que conduce a transformaciones importantes en áreas naturales o seminaturales, con consecuencias negativas tanto para la biota como para las comunidades que habitan los territorios forestales (FAO, 2019). En este contexto, se han documentado efectos negativos de la conversión de pastizales naturales en tierras destinadas a cultivos forestales, principalmente de monocultivos de *Eucalyptus sp.*, los cuales tienen una fuerte influencia en el ciclo hidrológico de la cuenca. Las plantaciones de *Eucalyptus* generan cambios en la hidrología de la cuenca de drenaje afectando los caudales de los arroyos en las zonas forestadas (Scott & Lesch, 2010). En este sentido se han observado reducciones en los caudales de escorrentías después de un evento de lluvia (Silveira et al. 2006), así como un aumento en las pérdidas de agua por evapotranspiración (Nosetto et al. 2005; Jobbágy et al. 2006), y la reducción de humedad de los suelos bajo cultivos forestales con respecto a los suelos bajo pasturas naturales (Nosetto et al. 2005; Delgado et al. 2006; Silveira et al. 2006). De igual modo, se han identificado cambios en la dinámica del ciclo de elementos como carbono y nitrógeno en los suelos bajo forestación, donde se produce un decaimiento en las cantidades almacenadas de los mismos cuando se pasa de una cobertura de gramíneas a una plantación forestal con *Eucalyptus* (Santos et al. 2020). Las cuencas que han sido forestadas presentan un proceso de acidificación del suelo y de los

arroyos, entre otros, producto de los cambios efectuados en la disponibilidad de elementos del suelo como calcio, potasio o magnesio (Jobbágy et al. 2006). Asimismo, las plantaciones forestales podrían tener efecto negativo sobre las tasas de descomposición de la materia orgánica de los arroyos (Ferreira et al. 2019)

Por otro lado, los cambios en la cobertura del suelo son responsables de impactos globales en el clima, contribuyendo a la desertificación, pérdida de bosques nativos y al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (CEPAL 2018), así como también de la contaminación de aguas subterráneas destinadas al consumo humano (Keeler & Polasky 2014). Por otra parte, se ha visto por ejemplo, que la expansión de la agricultura si bien representa mayores ganancias para el sector privado, también genera un bajo beneficio social con una consecuente pérdida de servicios ecosistémicos claves como el control de la erosión o el suministro de agua potable (Polasky et al. 2011), afectando de esa forma la calidad de vida de las comunidades locales que habitan las zonas rurales.

Las consecuencias de los impactos de las actividades humanas en los ecosistemas pueden no ser visibles en el corto plazo, en ocasiones los efectos pueden ser heredados como consecuencia de las actividades del pasado (Liu et al. 2007). De esta interacción surgen dinámicas complejas, que se retroalimentan, y que pueden generar pérdidas de resiliencia en los ecosistemas que las sustentan (Carpenter et al. 2006; Liu et al. 2007). El abordaje de estas problemáticas requiere adoptar medidas a distintas escalas, con políticas que no solo busquen cubrir las demandas inmediatas de una mayor producción, sino que consideren los impactos en el ambiente en el largo plazo y sus efectos globales (Foley et al. 2005)

## Impactos ambientales de la transformación hacia suelos forestales en Uruguay

La forestación es una de las actividades que ha incrementado la superficie cultivada en las últimas décadas en Uruguay. En este sentido, mientras que hacia finales de la década de 1990 había forestadas alrededor de 400.000 Ha (Martino et al. 1997), actualmente hay 1.087.000 Ha que se destinan a la forestación en Uruguay, lo que representa el 6.10 % del territorio, siendo las especies del género *Eucalyptus sp.* las más cultivadas (DGF 2021). Particularmente este sector productivo se vio estimulado con subsidios desde el Estado en forma de líneas de créditos, retornos parciales de costos, exoneraciones tributarias y

facilidades en la importación de insumos (Achkar et al. 2006), lo que propició las inversiones extranjeras en el sector junto a un proceso de extranjerización de la tierra. Este rubro, a su vez, se ve reforzado a partir de la instalación de dos plantas para la producción de celulosa en los años 2007, 2009 y con una tercera planta en construcción a inaugurarse a finales de 2022 (García 2022), lo que se traduce en una mayor demanda de materia prima para abastecer a las mismas. De esta forma se ha despertado un mayor interés en el desarrollo de la actividad forestal en diferentes zonas del país, principalmente aquellas donde no es tan viable la producción agrícola ganadera y que a su vez presenten buena comunicación y cercanía con las plantas para el traslado de la madera.

La intensificación de las actividades productivas que ha experimentado Uruguay en las últimas décadas ha incrementado la presión sobre los ecosistemas acuáticos de todas las cuencas hidrográficas de nivel 1 de Uruguay (Achkar et al. 2014; Gorgoglione et al. 2020; 2021; Bueno et al. 2021). La intensificación productiva de las cuencas, asociada a cambios en las coberturas del suelo, es señalada como una de las principales causas de la contaminación de los cursos de agua en nuestro país (Texeira de Mello, 2007; Rodríguez et al. 2010; Mazzeo et al. 2010; Delbene 2010; Bazzoni 2015; Achkar et. al. 2015; Levrini 2017; Griffiero et al. 2019; Kruk et al. 2021).

El aumento proyectado de la superficie forestal en Uruguay, con su consecuente transformación en la cobertura del suelo, surge como una fuerte amenaza a la biodiversidad, en tanto esta actividad genera fragmentación y pérdida de hábitats naturales que amenazan la distribución local de especies, afectando particularmente a grandes mamíferos y aves (Brazeiro et al. 2008; Brazeiro et al. 2018; Cravino & Brazeiro 2021). La reconversión de áreas con pasturas naturales (destinadas principalmente a la ganadería) en monocultivos forestales, afecta y altera ciertos elementos de la cuenca como por ejemplo la hidrología, la biodiversidad, los suelos, el clima o la calidad de vida de las poblaciones locales que habitan dichos territorios (Achkar et al. 2014). En este sentido, se han documentado cambios en la hidrología de la cuenca, donde se ha observado una reducción de la escorrentía superficial y de los caudales pico específicos asociados a eventos de tormentas (Silveira et al. 2006; Silveira & Alonso 2009; Céspedes et al. 2009). De igual forma, varios trabajos han señalado cambios en la mineralogía del suelo y en la disponibilidad de nutrientes esenciales (como calcio, magnesio y otros) los cuales conducen a una pérdida sostenida de productividad de los suelos bajo cultivos forestales, sumado a un proceso creciente de acidificación y concentración de sales en los suelos y en los arroyos de las cuencas forestadas, (Jobbágy et al. 2006; Delgado et al. 2006; Céspedes et al. 2012).

Por otro lado, la forestación además de competir con otros usos de suelo en las cuencas como la agricultura o el turismo, genera también interferencia con la conservación de los ambientes naturales, ocasionando preocupación por los impactos en los recursos hídricos (Rodríguez-Gallego et al. 2012). Al mismo tiempo la implantación de monocultivos forestales donde anteriormente había un pastizal genera cambios a nivel de paisaje que impactan en las costumbres, tradiciones y formas de vida de las comunidades que habitan dichos territorios, por ejemplo alterando o eliminando lugares de importancia para dichas comunidades (Selfa et al. 2021). En este mismo sentido, las localidades próximas a las plantaciones forestales en ocasiones se ven expuestas a la amenaza de los incendios forestales, como los originados en diciembre de 2021 en los departamentos de Río Negro y Paysandú, donde se quemaron unas 37 mil Ha y obligaron a la evacuación de algunas localidades (Bacchetta 2022). Los incendios forestales en esta región han llevado a que vecinos y productores rurales de otros rubros se movilizaran en reclamo de mayores controles en las plantaciones forestales (Mendez 2022).

Entre otras preocupaciones que aparecen asociadas a los cambios en los usos de suelo, se destaca el uso de agroquímicos que son aplicados en las distintas etapas de los cultivos forestales, principalmente el uso de productos fitosanitarios para el control de malezas en la etapa de laboreo y en etapas iniciales de las plántulas de *Eucalyptus* sp. en campo (Achinelli et al. 2014), o en el control de hormigas los primeros años del cultivo. La actividad forestal utiliza para el control de malezas herbicidas como por ejemplo Glifosato, el cual se aplica en cantidades que van desde los 2 hasta los 4 litros por hectárea y en ocasiones mezclado con otros productos como Sulfato de Amonio para potenciar su efecto (Da Ponte & Salas 2013). Algunos de estos agroquímicos utilizados en las actividades forestales y en la agricultura, constituyen una amenaza para los sistemas acuáticos y su diversidad asociada (Ríos 2012). Asimismo, estos compuestos pueden ser encontrados más allá de su sitio de aplicación y con una alta persistencia en el ambiente, tanto en suelos, sedimentos, agua, como en organismos vivos, resultando en una amenaza para la conservación de los sistemas naturales y para las poblaciones humanas. En este sentido, organizaciones sociales del departamento de Paysandú señalan su preocupación por el deterioro ambiental sufrido por un arroyo donde descarga sus efluentes un vivero forestal, apuntan al uso de agroquímicos como la causa probable del estado de contaminación que presenta el arroyo así como también de las afectaciones cutáneas y respiratorias sufridas por vecinos y trabajadores del vivero (Mendez 2021).

En muchos casos, el incremento de los aportes de nutrientes y otros productos químicos proveniente desde la cuenca y su carácter sostenido en el tiempo ha generado que los sistemas acuáticos hayan sido llevados más allá de su capacidad de resiliencia, provocando cambios repentinos de estado (Mazzeo et al. 2010; Carpenter & Cottingham 1997), generalmente por procesos de eutrofización de los sistemas. La complejidad de los procesos involucrados, la distancia entre la fuente y el problema, vuelven casi invisibles o intangibles estas problemáticas para los actores sociales y políticos. Asimismo, estas complejidades hacen que sea difícil para el conjunto de actores implicados en la gestión del recurso hídrico, identificar y dimensionar el alcance de la problemática ambiental (Mazzeo et al. 2010), principalmente aquellos actores ubicados en posiciones altas de la cuenca. Por lo tanto, es clave considerar la espacialidad de las actividades involucradas para su gestión.

Es imperativo considerar las escalas espaciales adecuadas a los procesos y fenómenos involucrados para poder entender y evaluar su impacto en los sistemas socioecológicos afectados. En lagunas costeras, donde el foco se pone demasiado a menudo en el espejo de agua, olvidando los aportes de la cuenca y, por lo tanto, los efectos diferidos en el espacio de las actividades realizadas en la misma, es posible que la gestión centrada en el espejo de agua no tenga el efecto esperado. Al respecto, organizaciones internacionales como la Agenda 21 de las Naciones Unidas, han mencionado explícitamente la importancia del manejo integrado de las zonas costeras incluyendo las cuencas hidrográficas. Sin embargo, la implementación de esta estrategia continúa siendo escasa y los ecosistemas son tomados en su mayoría con su tamaño mínimo y con una población residente que frecuentemente es ignorada. Para una aproximación integral es necesario obtener un conocimiento sólido de los distintos componentes del sistema y de los impactos causados por las actividades humanas (Mazzeo et al. 2019).

Particularmente en Uruguay existen algunos reconocimientos a la necesidad de una gestión integrada de cuencas para poder hacer frente a las problemáticas ambientales y compatibilizar los diferentes usos productivos con la conservación de dichos ambientes (Steffen e Inda, 2010). En este sentido Uruguay ha presentado avances normativos vinculados a la gestión de la cuenca y los recursos hídricos (Gadino et al. 2018). Uno de estos avances, fue la promulgación de la Ley Nacional N° 18.610 del 2 de octubre de 2009, Política Nacional de Aguas y su Decreto reglamentario N° 78/010 del 24 de febrero de 2010. Esta norma reconoce al sistema cuenca como la unidad para la planificación y la gestión de los recursos hídricos, poniendo énfasis en la sustentabilidad y en la participación de los diferentes actores sociales en la gestión del recurso y de la cuenca, creando para ello herramientas como las comisiones de cuencas y acuíferos. Dichas comisiones sirven de

ámbito para la participación de los actores sociales e institucionales en la búsqueda de resolución de los distintos conflictos surgidos en el ámbito de las cuencas en torno a los usos del recurso agua.

## Marco teórico, la cuenca como unidad de gestión

Por lo expuesto, este trabajo conjuga el análisis de la evolución de la actividad forestal para el período 2000 - 2021 con un abordaje centrado en la escala de la cuenca de la Laguna Garzón. La cuenca hidrográfica es una unidad integral, delimitada por un territorio definido y una divisoria de aguas, a través de la cual se recogen las precipitaciones caídas en su zona de influencia (Gaspari et al. 2013). En esta unidad geográfica se configura un complejo sistema, compuesto por subsistemas que se interrelacionan estableciendo vínculos de interdependencia (Dourojeanni et al. 2002). El sistema cuenca está conformado por distintas unidades ecológicas, las que incluyen interrelaciones bióticas y abióticas, así como, dentro de la esfera humana, diversas relaciones y mecanismos de interacción económica, social, e institucional que se dan en dicho territorio. En este sentido, poder entender la interrelación de los distintos componentes que forman parte de la cuenca, basada en el conocimiento de los distintos elementos, permitirá prevenir los riesgos asociados a la alteración de las funciones de la misma, tanto los inmediatos, como los diferidos en tiempo y espacio (Gaspari et al. 2013; Achkar et al. 2014). Consecuentemente, es crítico considerar estas interrelaciones en una escala regional-local adecuada, con un enfoque de gestión integral como una nueva prioridad para la conservación del ambiente (Pineda et al. 2015). Asimismo, avanzar hacia procesos de gobernanza que permitan una distribución equitativa de los costos y beneficios obtenidos del uso de bienes y servicios de la cuenca, contribuye al levantamiento de barreras socioeconómicas para dicha gestión (Kerr 2007). Algunos artículos han destacado la importancia de adoptar una estrategia de gestión integral de las problemáticas ambientales a pequeña escala (Rodríguez-Gallego et al. 2012; Alemu 2016; Griffero et al. 2019), resultando en un campo de la ciencia a explorar y en crecimiento.

Este trabajo analizó cómo se ha desarrollado la actividad forestal para los últimos 20 años en la cuenca de la Laguna Garzón. El foco se centró en las coberturas preexistentes reemplazadas por uso forestal, para comprender la dinámica de los procesos de cambio de usos del suelo. En forma complementaria se revisó la normativa forestal vigente,

procurando identificar cual es la superficie de suelos de prioridad forestal que tiene la cuenca. A continuación se evaluó la superficie forestal actual con los suelos de prioridad forestal, buscando identificar si existe forestación fuera de los suelos clasificados con tal condición. A partir de los insumos anteriores, se analizó la espacialidad de la forestación en la cuenca y se discuten las implicancias de la misma para la gestión socialmente equitativa y ambientalmente responsable de la cuenca.

## Marco normativo forestal

La actividad forestal en Uruguay se vio impulsada en el año 1987 a partir de la promulgación de la Ley Nacional N° 15939 del 28 de diciembre de 1987, Ley Forestal - Fondo Forestal - Recursos Naturales y su decreto reglamentario Decreto N° 452/988 y posteriores actualizaciones a la norma: Decretos N°26/993; N°191/06 y Decreto N°220/2010. Dichas normas establecen cuales son aquellos grupos de suelos CONEAT que son de prioridad forestal en el país e impulsan el desarrollo del sector. La Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra (CONEAT), creada en 1965 por la Ley N° 13695 (Art.67), fue la encargada de llevar adelante la clasificación productiva de los predios a nivel nacional, desarrollando en este sentido la clasificación de grupos CONEAT. Los grupos CONEAT, son una clasificación uniforme realizada en base a la productividad de los predios y no en base a las características particulares de cada suelo (MGAP). La productividad de los suelos en Uruguay se estableció en base a la producción por hectárea de carne bovina, ovina y lana en la década de 1960 (Ley N° 13695, Art. 65), y se presenta mediante un índice de productividad el cual toma como valor medio nacional el índice 100. Así mismo, la aptitud forestal de los suelos fue establecida sin considerar una unidad geográfica adecuada que integre otros aspectos fuera de los netamente productivos según la Ley forestal.

Al mismo tiempo la Ley Forestal encomienda a la Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), la tarea de realizar los registros de nuevas plantaciones y la inspección del cumplimiento de dicha Ley. Los suelos forestales (Tabla 1), son definidos en la presente Ley como aquellos que no sean aptos para otra explotación productiva, basado principalmente en la productividad del suelo y en la clasificación de suelos de los grupos CONEAT. La superficie que ocupan los grupos de suelo CONEAT clasificados de prioridad forestal que tiene potencialmente Uruguay es de

3.553.714 Ha, sumado a otras 651.685 Ha condicionadas para la forestación sujetos a la presentación de proyectos forestales que cumplan lo establecido en la normativa (MGAP<sup>1</sup>).

Tabla 1. Esta tabla muestra los grupos de suelos CONEAT que han sido definidos como de Prioridad Forestal según la normativa Forestal. Fuente MGAP <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/carta-suelos-prioridad-forestal>

<b>Grupos de suelo Coneat de prioridad forestal</b>	2.11 a; 2.12; 2.14; 5.01 C; 5.02 a; 7.1; 7.2; 7.31; 7.32; 7.33; 7.41; 7.42; 8.1; 8.02 a; 8.02 b; 8.3; 8.4; 8.5; 8.6; 8.7; 8.8; 8.10; 8.11; 8.12; 8.14; 8.15; 8.16; 9.1; 9.2; 9.3; 9.42; 9.7, 9.8; 9.9; 07.1; 09.2; 09.3; S 09.10;
<b>Grupos de suelo Coneat condicionados para la forestación</b>	2.11 b; 2.20; 4.2; 07.2; 8.9; 8.13; S 09.11

Para los grupos CONEAT que aparecen condicionados para el desarrollo de cultivos forestales, la normativa contempla que el proyecto presentado asegure la diversificación de las actividades forestales con las agrícolas ganaderas para los grupos 2.11 b; 2.20; 07.2; 8.9; 8.13 y S 09.11. Mientras que las actividades forestales emplazadas en suelos correspondientes al grupo CONEAT 4.2, deben presentar un plan de recuperación de cárcavas (Decreto N° 220/010).

Por otra parte, existe otra norma que tiene injerencia en la actividad forestal, esta es la Ley Nacional N° 16.466, de 14 de enero de 1994, Ley de Impacto Ambiental. Dicha Ley, y su Decreto reglamentario N° 349/005, establecen que las plantaciones forestales mayores a 100 hectáreas deben solicitar Autorización Ambiental Previa (AAP) como condición para la implementación del proyecto. Asimismo, la Resolución Ministerial N° 1355/2016 crea la Guía Pautas para la Gestión Ambiental Forestal, donde se establecen las medidas de gestión generales para las plantaciones sujetas a la presentación de AAP. Además esta guía establece que en las cuencas de nivel 2, las plantaciones forestales mayores a 5000 Ha que

<sup>1</sup> Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/suelos-prioridad-forestal>

pertenezcan a un mismo titular deberán presentar un Plan de Gestión Ambiental Forestal para realizar el monitoreo de las mismas.

Las medidas de gestión apuntan a:

- prevenir la contaminación, erosión y compactación del suelo
- prevenir la contaminación de los cursos de agua, principalmente por el uso de agroquímicos (para ello se define una zona de amortiguación mínima de 20 metros)
- prevenir la contaminación del aire de las poblaciones, asociado al tránsito de camiones por caminos que puedan generar material particulado que afecte la calidad del aire próximo a zonas pobladas
- prevenir la afectación de la biodiversidad, se establece la prohibición de afectar el monte nativo definiendo una distancia mínima de 20 metros entre estas formaciones y las plantaciones forestales
- prevenir la afectación sitios con interés histórico, prehistórico o paisajístico en el área de plantación

Por último el Decreto N° 405/021 del 10/12/2021, crea el registro y establece las condiciones ambientales para la instalación de cultivos forestales con una extensión de entre 40 y 100 ha.

## Pregunta de investigación

¿Cuál es el patrón espacial y temporal de la distribución de la actividad forestal en la cuenca de la Laguna Garzón y qué coberturas de suelos reemplaza ?

## Objetivos

**Objetivo general:** Identificar potenciales amenazas a la integridad del sistema socioecológico Cuenca de la Laguna Garzón ante cambios en el uso del suelo actuales y potenciales, con énfasis en la actividad forestal

### **Objetivos específicos:**

1- Identificar cuáles son los usos de suelo predominantes en la cuenca de la Laguna Garzón, con énfasis en la superficie destinada a cultivos forestales

- 2- Cuantificar la superficie de suelo con prioridad forestal en la cuenca de la Laguna Garzón según la normativa vigente
- 3- Analizar qué usos/coberturas de suelo son reemplazados por la actividad forestal en la cuenca de la Laguna Garzón
- 4- Identificar cuánta superficie hay de forestación en suelos que no son de prioridad forestal en la cuenca de la Laguna Garzón
- 5- Discutir los aportes de la visión cuenca en la gestión de la Laguna Garzón

## Metodología

### Área de estudio

La cuenca de la Laguna Garzón se ubica en el límite de los departamentos de Maldonado y Rocha en el sureste de Uruguay (Fig. 1), ocupando una superficie de 55589,9 Ha. Los principales usos y coberturas de suelo en esta cuenca son el campo natural (donde se desarrolla principalmente actividad ganadera), la agricultura de secano (principalmente pasturas mejoradas y en menor medida cultivos de oleaginosas como soja), la forestación con especies exóticas y los desarrollos urbanísticos asociados al sector turístico (Rodríguez-Gallego et al. 2017). Si bien la cuenca no cuenta con un número elevado de población residente, esta se ve incrementada en forma sustancial en los meses de verano dado su posición clave para el sector turístico (Capandeguy et al. 2016). El área de estudio presenta altos valores de biodiversidad asociado a los distintos mosaicos de ambientes que conforman la misma, entre los que destacan paisajes serranos con bosque nativo asociado, humedales, playas arenosas y lagunas costeras. Las proyecciones indican un escenario de aumento de la superficie destinada a las actividades agrícolas (entre ellas la forestación) hacia el año 2030 (Achkar et al. 2014), lo que aumentaría la presión sobre estos ecosistemas y genera potenciales conflictos con la conservación de los sistemas naturales (Rodríguez-Gallego et al. 2012).

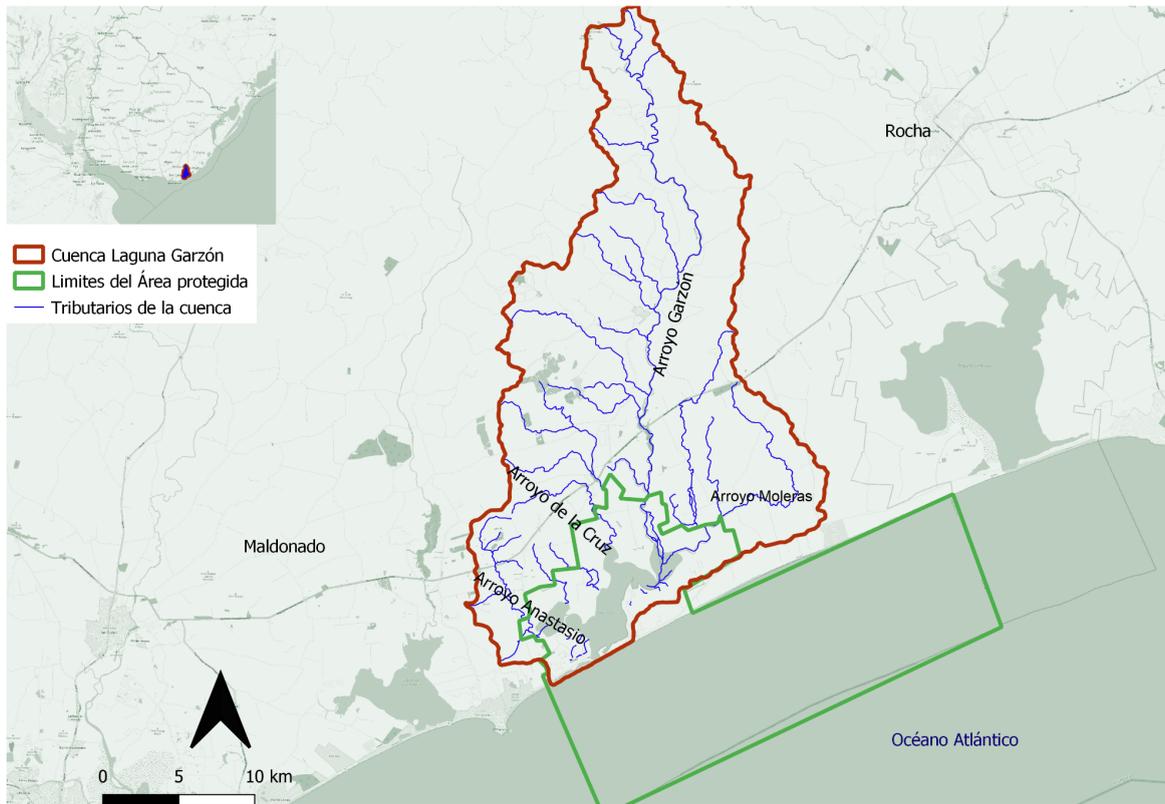


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, incluyendo los límites de la cuenca, los principales tributarios de la Laguna Garzón y los límites del Área Protegida.

En este sentido se destaca el rol que cumplen las lagunas costeras en la función hídrica de la cuenca, actuando como zonas de amortiguación de los volúmenes de aguas y sedimentos que son arrastrados desde las posiciones más altas en su camino hacia las aguas oceánicas (Newton et al. 2014). En algunas oportunidades la barra arenosa que conecta la laguna con el océano es manejada de manera artificial en función de las necesidades de las actividades humanas, alterando los procesos naturales de descarga, así como el tiempo de residencia de los nutrientes en el sistema acuático, consistiendo en un problema de gestión para el sistema (DINACEA 2021; Rodríguez-Gallego et al. 2017). Si bien una parte de la cuenca ha sido ingresada al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) desde el año 2014 a través del Decreto N° 341/014, no fue hasta el año 2019 que se instauró la Comisión Asesora Específica del área (CAE), la cual actualmente trabaja en un borrador de plan de manejo para la misma. Sin embargo, este borrador de plan de manejo no incluye a la cuenca de drenaje asociada ni las actividades que allí se desarrollan.

## Análisis de los usos de suelos actuales

Para identificar los usos y coberturas de suelo actuales en la cuenca de la Laguna Garzón y cuantificar la superficie correspondiente a cada categoría, se utilizó la capa de cobertura Cuenca Atlántica (2020-2021) elaborada por el Ministerio de Ambiente (M.A.) <https://www.ambiente.gub.uy/oan/listado-de-capas/>. Esta capa fue elaborada por la División de Información Ambiental del M.A., a partir del procesamiento de imágenes satelitales Sentinel 2 Nivel S2A correspondientes a agosto de 2020 y a enero de 2021. Dicha capa, esta dividida en 12 categorías (Tabla 2) de usos y coberturas de suelo que fueron validadas en campo por el M.A., resultando en una capa de cobertura con una escala de 1:15.000, con una resolución espacial próxima a 10m de pixel (M.A., 2021) [https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/USO\\_COBERTURA\\_DEL\\_SUELO\\_2020\\_2021\\_COA.pdf](https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/USO_COBERTURA_DEL_SUELO_2020_2021_COA.pdf)

## Caracterización de la dinámica de los usos de suelo en la cuenca

El análisis de la dinámica de los usos de suelo entre los años 2000 y 2021, se realizó a partir de la superposición de las capas: Cobertura del suelo 2000 y la capa cuenca Atlántica 2020-2021 del Ministerio de Ambiente antes mencionada. La capa de Cobertura del suelo 2000 (<https://www.ambiente.gub.uy/oan/listado-de-capas/>), corresponde a la cobertura de todo el territorio nacional, elaborada por el ex MVOTMA a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 5. Resultando una capa de cobertura a escala 1:100 000 con una clasificación de 14 categorías (Tabla 2) y una resolución espacial próxima a 30 m (Álvarez et al. 2015). Se es consciente de que existen diferencias en la resolución espacial entre ambas capas, lo que podría inducir al error en el análisis y cálculos de superficie efectuados (Shao & Wu 2008). Sin embargo, ambas capas fueron validadas en campo al momento de su elaboración por parte del ex. MVOTMA y el actual Ministerio de Ambiente. Asimismo, para minimizar posibles errores vinculados a la resolución de las capas utilizadas, el presente análisis se apoyó en información bibliográfica actual para la cuenca en estudio por ejemplo: Taveira et al. 2022, quienes realizan un análisis para el periodo 2000 - 2015. Las categorías de interés (cultivos, forestación, monte nativo y campo natural) fueron unificadas en ambas capas para lograr clases comparables tal como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías correspondientes a cada una de las capas de coberturas y categorías reclasificadas para compararlas

<b>Categorías cobertura 2000</b>	<b>Categorías cobertura Cuenca Atlántica 2020-2021</b>	<b>Categorías utilizadas para ver dinámicas</b>
Aguas artificiales	Cuerpos de agua	
Aguas naturales		
Áreas naturales inundables	Área inundable	
Área urbana	Área urbana	
Áreas urbanas dispersas	Vegetación arbórea en área urbana	
Equipamiento urbano	Vegetación herbácea en área urbana	
Áreas desnudas	Suelo desnudo	
Canteras, areneras, minas a cielo abierto	Acumulaciones de arena	
Cultivos de secano > 4-5 Ha	Cultivos de invierno	
	Cultivos de verano	
Herbáceo natural	Campo natural	Campo natural
Monte nativo	Monte nativo	Monte nativo
Arbustos		
Plantación forestal	Forestación	Forestación
Frutales		

## Superficie de prioridad forestal

Para identificar la superficie de suelos de prioridad forestal en la cuenca, se utilizó la capa Grupos de Suelos CONEAT de Prioridad Forestal (Formato Shape) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/carta-suelos-prioridad-forestal>, la normativa forestal y la descripción de suelos CONEAT. El marco normativo forestal fue revisado en: <https://www.impo.com.uy/> y en la Dirección General Forestal

[https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/field\\_tipo\\_de\\_norma\\_target\\_id=All&year=all&month=all&field\\_tematica\\_target\\_id=913&field\\_publico\\_target\\_id=All&page=0](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/field_tipo_de_norma_target_id=All&year=all&month=all&field_tematica_target_id=913&field_publico_target_id=All&page=0)

Para el análisis de la superficie forestal en la cuenca, se incluyó la capa de cobertura de forestación Cartografía de Bosque Plantado 2021 de la Dirección General Forestal (DGF). <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/monitoreo-bosques>

La información geográfica fue integrada en un SIG para su análisis, en software QGIS 3.16.8 "Hannover" donde se aplicaron distintos procesos para la cuantificación de superficies.

## Resultados

### Cobertura de suelo de la cuenca de la Laguna Garzón

La cuenca de la Laguna Garzón tiene una superficie de 55589,9 Ha de superficie (Tabla 3), con una cobertura de suelo predominante del campo natural, alcanzando un 66 % de la superficie total de la misma. La segunda categoría de cobertura que ocupa la mayor superficie es la de monte nativo, la cual ocupa una superficie de 5212.72 Ha, representando un 9.4 % de la extensión total de la cuenca. A continuación como tercera cobertura aparece la forestación ocupando una superficie de 4663.16 Ha, lo que significa un 8.4 % de la superficie total del sistema. Por último la superficie destinada a la agricultura tanto con

cultivos invernales como de verano, ocupa 4505.93 Ha, poco más del 8% de la superficie de la cuenca de la Laguna Garzón.

Tabla 3. Cobertura de suelo de la cuenca de la Laguna Garzón. Elaborada en base a capa de cobertura de suelo 2021 para la Cuenca Atlántica del Ministerio de Ambiente. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/geoportal/>

<b>Categorías</b>	<b>Superficie (Ha.)</b>	<b>% de la superficie de la cuenca</b>
Campo natural *	36760,55	66,1
Monte nativo	5212,72	9,4
Forestación	4663,16	8,4
Cultivos de invierno	4048,72	7,28
Cultivos de verano	457,21	0,82
Área inundable	2700,47	4,86
Cuerpos de agua	1529,09	2,75
Área urbana	70,4	0,12
Suelo desnudo	65,61	0,12
Acumulaciones de arena	32,44	0,06
Vegetación arbórea en área urbana	3,19	0,01
Vegetación herbácea en área urbana	46,34	0,08
Total	55589,9	100

\* En la capa cuenca Atlántica cobertura 2021 de <https://www.ambiente.gub.uy/oan/geoportal/> no incluye una categoría para árboles frutales (ej. olivos) como si lo hacen las capas de 2015 y anteriores. Se constató que la superficie correspondiente a esta categoría son aproximadamente 1200 Ha hacia el año 2015 (Taveira et al. 2022), en la capa del M.A se la incluyó dentro de la categoría campo natural lo que podría deberse al tamaño de píxel utilizado por el satélite.

En la Figura 2 se aprecia que la mayor parte de la superficie ocupada por cultivos forestales para el año 2021 se asocia principalmente a la parte alta de la cuenca, próximos a cauces de menor orden que desembocan en uno de los tributarios principales de la laguna como lo es el Arroyo Garzón. Asimismo es posible observar que en esa zona alta de la cuenca es donde se desarrolla la mayor área de bosque nativo, principalmente bosque serrano en zonas de sierras y bosque ribereño asociado a cauces de agua. La agricultura por su parte se desarrolla principalmente en la cuenca media y baja, próximo también a los cauces de los arroyos e incluso en las proximidades de los márgenes de la laguna en su sector norte.

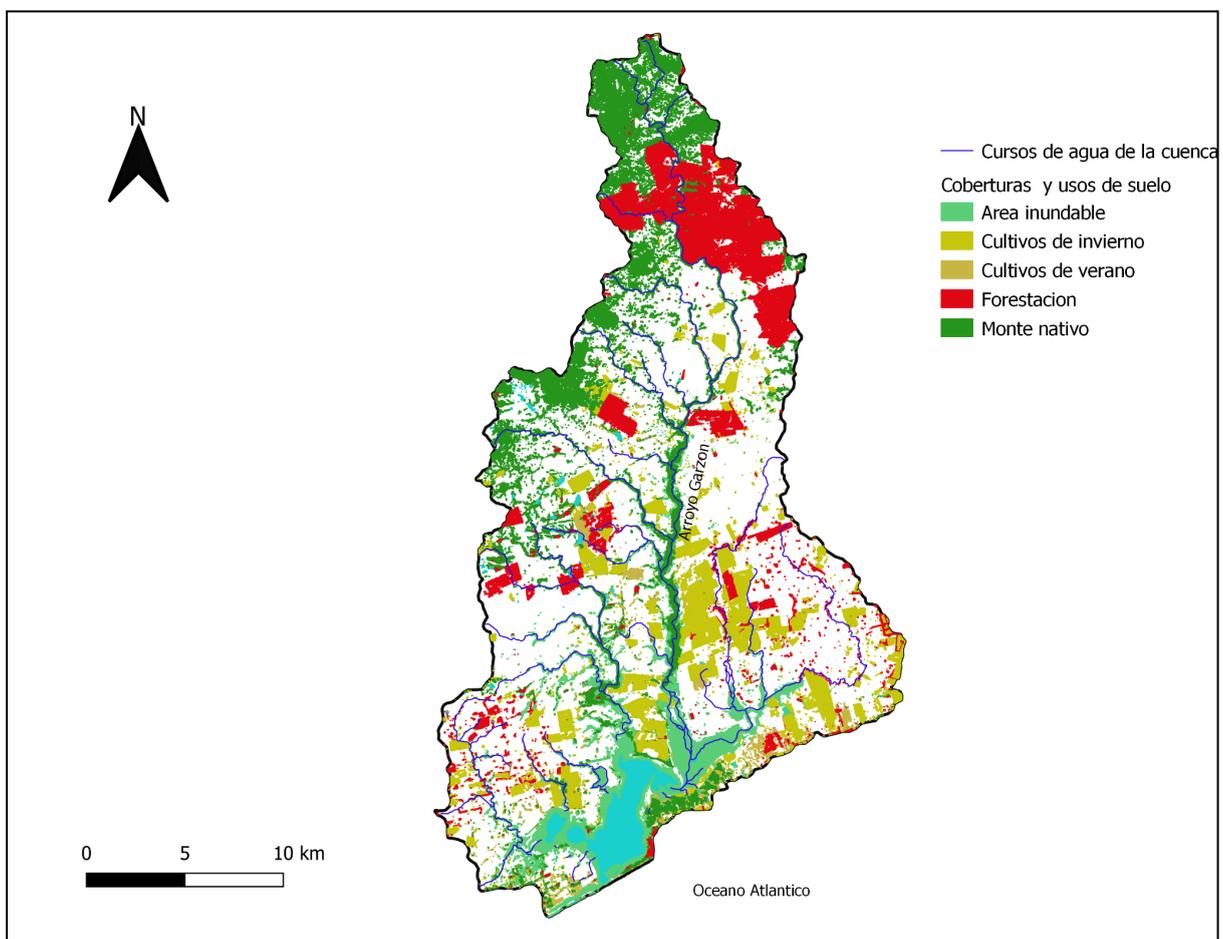


Fig. 2. Cobertura de suelo para la cuenca de la Laguna Garzón. Elaboración propia en base a la capa de cobertura de suelo 2021 para la Cuenca Atlántica del Ministerio de Ambiente. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/geoportal/>

Cuando el análisis de la distribución de los cultivos forestales se realiza a escala de microcuencas (ver Anexo 1), se ve que la microcuenca del arroyo Garzón cuenta con el 12.5 % de su superficie forestada, siendo la que presenta un mayor desarrollo de la

superficie destinada a dicho fin. Por otro lado, la microcuenca del arroyo Moleras tiene actualmente una superficie de forestación que alcanza el 4.8 % de su superficie, mientras que en la microcuenca de los arroyos Anastasio y de la Cruz la superficie de forestación alcanza el 3.8 % del total de la misma (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución de la superficie de forestación en cada una de las microcuencas que integran la cuenca de la Laguna Garzon.

Microcuenca	Superficie de la microcuenca (Ha)	Superficie de forestación en la microcuenca	% de microcuenca ocupada por forestación
Arroyo Garzón	28681	3581	12.5
Arroyos Anastasio y de la Cruz	15840	604	3.80
Arroyo Moleras	11068	530	4.80

## Superficie de suelos de prioridad forestal para la cuenca de la Laguna Garzón

La cuenca de la Laguna Garzón tiene una superficie de suelo de prioridad forestal de 26784 Ha, lo que representa alrededor del 50% de la superficie total de la misma (Tabla 5). La mayoría de la superficie categorizada de prioridad forestal según la normativa corresponde principalmente a zonas de serranías con pendientes superiores al 5% y una importante presencia de afloramientos rocosos (según la descripción de los grupos CONEAT) (Fig.3; Tabla 5), incluyendo grupos CONEAT 2.11a, 2.11b, y 2.12, los cuales sumados ocupan un 59 % de dicha superficie. Por otro lado, las colinas fuertemente onduladas, grupo CONEAT 4.2, representan el 35% de la superficie de suelo con prioridad forestal. Mientras que las áreas litorales marítimas y arenas no fijadas correspondientes a los grupos Coneat 07.1 y 07.2, suman entre ambos aproximadamente el 5% de la superficie clasificada como de prioridad forestal para la cuenca (Figura 3; Tabla 5).. El índice de productividad para los suelos de prioridad forestal de la cuenca, según la descripción de suelos CONEAT, del menos productivo al más productivo respectivamente, se ubican entre 0 (para suelos correspondientes al grupo CONEAT 07.2) y un índice de productividad de 83 (para suelos clasificados en grupo CONEAT 2.12).

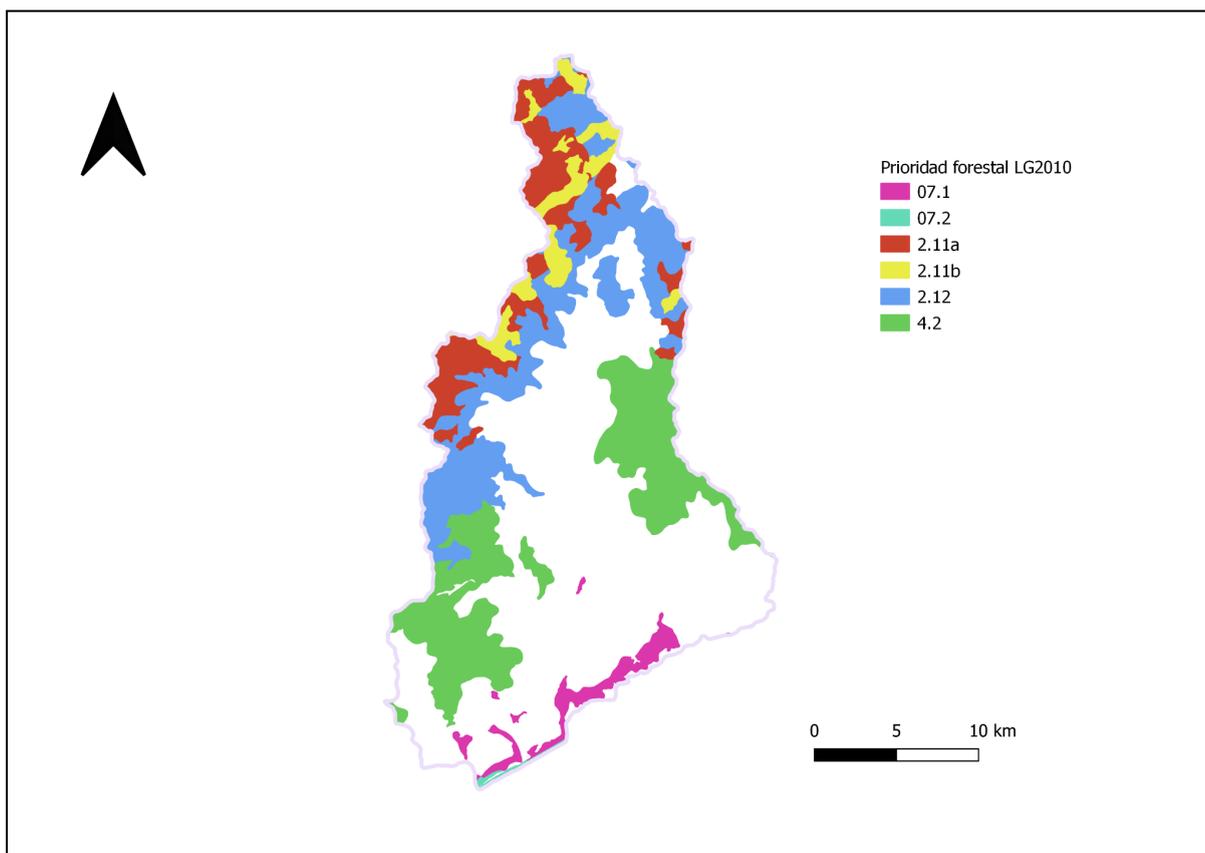


Fig. 3. La figura 2 muestra los grupos de suelo CONEAT que son clasificados como de prioridad forestal para la cuenca de la Laguna Garzón. Elaboración propia basado en la normativa forestal, incluyendo la actualización efectuada por el Decreto N° 220/010.

Tabla 5. Suelos de prioridad forestal y superficies para la cuenca de la Laguna Garzón. Elaboración propia en base a normativa forestal y descripción de grupos CONEAT.

Grupos CONEAT de prioridad forestal	Descripción	Superficie (Ha.)	%	Índice de productividad
4.2	Colinas del sur de los Dptos de Rocha y Maldonado. El relieve es fuertemente ondulado con 4-8% de pendiente con interfluvios convexos y laderas extendidas con afloramientos rocosos muy escasos	9458,74	35,3	61
2.12	Sierras no rocosas de relieve ondulado y ondulado fuerte, con afloramientos en general menores de 5% y pendientes variables entre 5 y 15%	8693,06	32,46	83

<b>2.11a</b>	Sierras rocosas con paisaje ondulado fuerte y pendientes entre 5 y 20%	4898,13	18,3	53
<b>2.11b</b>	Sierras rocosas con paisaje ondulado fuerte y pendientes mayores al 20%	2330,49	8,7	26
<b>07.1</b>	Comprende áreas litorales marítimas o continentales recubiertas con espesores variables de arenas, fijadas por vegetación psamófila	1289,86	4,82	4
<b>07.2</b>	arenas no fijadas por vegetación o con vegetación psamófila poco densa	113,74	0,42	0
Total		26784,02	100	

El análisis de la distribución de los suelos de prioridad forestal a escala de microcuencas mostró que la microcuenca del arroyo Garzón cuenta con el 56.4 % del total de su superficie categorizada de prioridad forestal. Mientras que la microcuenca del arroyo Anastasio y de la Cruz presenta el 46.9 % de la superficie destinada a tal condición, y la microcuenca del arroyo Moleras el 28.6 % (Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de los suelos de prioridad forestal en cada una de las microcuencas que integran el sistema de la cuenca de la Laguna Garzón.

Microcuencas	Superficie de la microcuenca (Ha)	Superficie de suelo prioridad forestal en la microcuenca	% de la microcuenca categorizada de prioridad forestal
Arroyo Garzón	28681	16180	56.4
Arroyos Anastasio y de la Cruz	15840	7436	46.9
Arroyo Moleras	11068	3168	28.6

## Dinámica de la forestación entre el año 2000 y 2021 para la cuenca de la Laguna Garzón

Las coberturas de cultivos y forestación han experimentado un fuerte aumento en la superficie entre los años 2000 y 2021 (Tabla 7). En el caso de los cultivos el aumento de superficie experimentado en el periodo de análisis fue de 4207 Ha, representando un aumento de 1407 % con respecto a la cobertura del año 2000. Mientras que la forestación, tuvo un aumento de 3010 Ha para el período, significando un aumento de 182 % . Por su parte, se identifica una fuerte reducción de la cobertura de monte nativo en 5130 Ha, la cual simboliza una pérdida del 49.6 % de la superficie del mismo con respecto a la cobertura del año 2000. La superficie del campo natural en cambio, muestra una reducción de 841 Ha con respecto al inicio del periodo de estudio, lo cual representa un decrecimiento del 3 % de la superficie en dicha categoría.

Tabla 7. Cambio en la superficie de las principales coberturas de la cuenca entre los años 2000 y 2021. Elaboración propia en base a capas de *Cobertura del suelo 2000* y *Cuenca Atlántica (2021)* Clasificación de usos/coberturas del suelo <https://www.ambiente.gub.uy/oan/listado-de-capas/>

Cobertura	Superficie en año 2000 (Ha)	Superficie en año 2021 (Ha)	Diferencia entre años (HA)	% cambio
Monte nativo	10342,78	5212,72	- 5130,06	- 49,6 %
Campo natural	37601,74	36760,55 *	- 841,19	- 3 %
Cultivos	298,97	4.505,93	+ 4.206,96	+ 1407 %
Forestación	1652,93	4663,16	+ 3.010,23	+ 182 %

\* Esta superficie es aún menor si se considera que esta capa incluye en la categoría campo natural la superficie destinada a cultivos de olivos en la cuenca según identifican Taveira et al. (2022).

Al analizar la espacialidad de los cambios en la cuenca (Figura 4), se puede ver que el avance de la forestación se produce mayormente en detrimento del campo natural, que es quien experimenta un mayor impacto en la transformación hacia cultivos forestales. Asimismo, es posible ver que en la cuenca alta el monte nativo, es otra de las categorías que absorbe en buena medida la transformación hacia plantación forestales, principalmente en zonas de serranías.

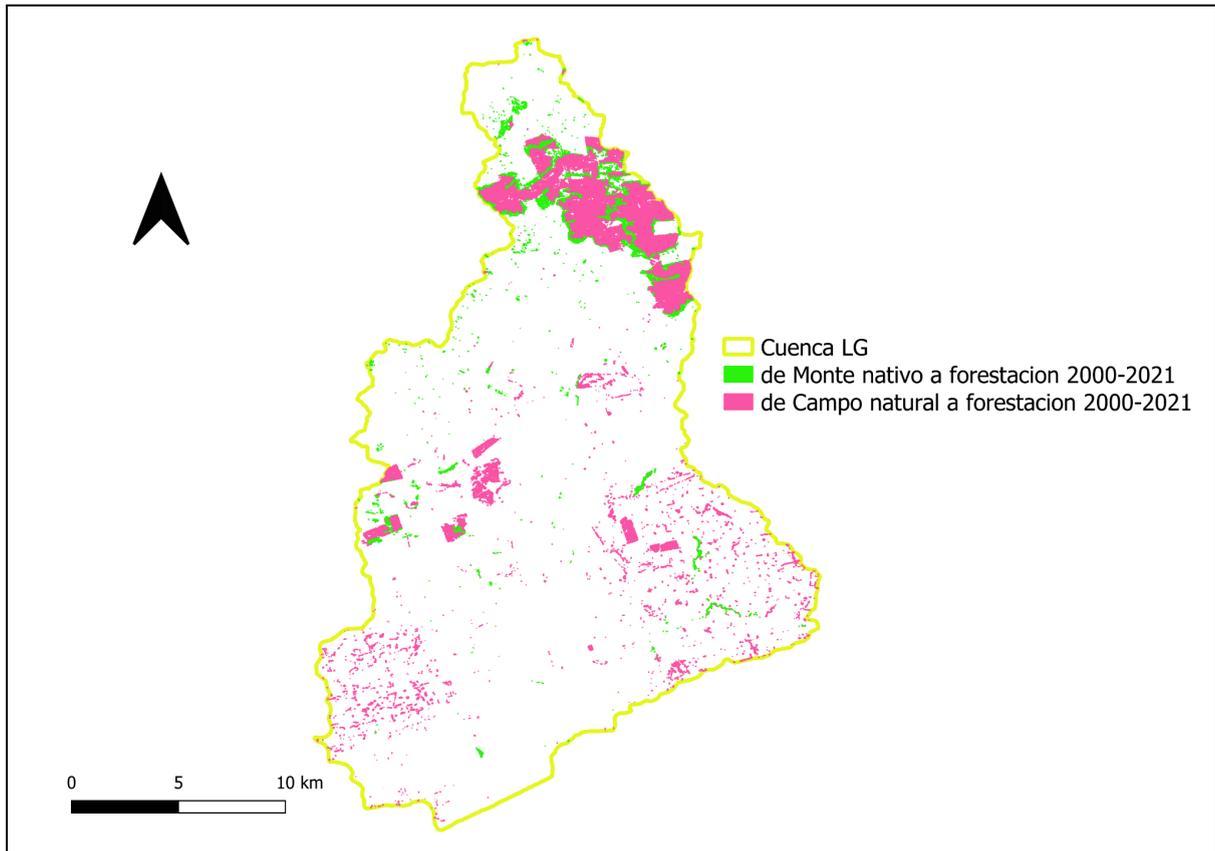


Fig. 4. Coberturas reemplazadas por el avance de la forestación entre los años 2000 y 2021 para la cuenca Laguna Garzón. Elaboración propia en base a capas de *Cobertura del suelo 2000* y *Cuenca Atlántica (2021) Clasificación de usos/coberturas del suelo* <https://www.ambiente.gub.uy/oan/listado-de-capas/>

## Superficie de forestación fuera de suelos de prioridad forestal

La cuenca de la laguna Garzón tiene forestadas 905,83 Ha (Fig.5) fuera de los suelos que son de prioridad forestal según la normativa forestal vigente. La mayoría de esta superficie (Tabla 8), está forestada con especies del género *Eucalyptus sp.* correspondiente a 656 Ha, en menor medida aparecen zonas forestadas con *Pinus sp.* y mezcla de especies

aproximadamente 29,83 Ha entre ambas. Mientras que los bosques de abrigo alcanzan las 220 Ha forestadas en suelos que no son categorizados para tal condición.

Tabla 8. Detalle de las especies plantadas fuera de suelos de prioridad forestal. Elaboración propia en base a capa de Especies Plantadas 2021 de DGF. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/monitoreo-bosques>

Especies plantadas en suelos de No Prioridad Forestal	Superficie plantada (Ha)
Eucalyptus sp.	656
Montes de abrigo	220
Pinus sp. y otros	29,83
Total	905,83

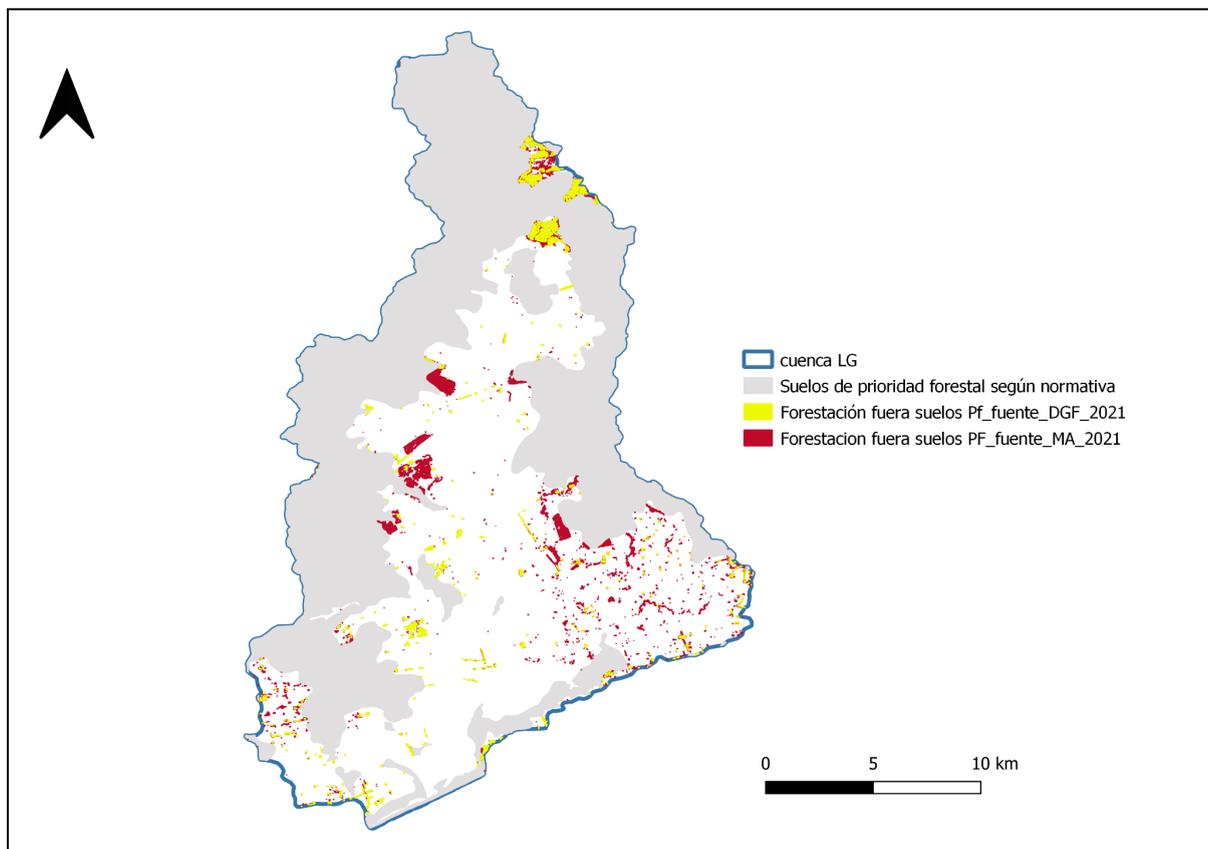


Fig. 5. Forestación en la cuenca de la Laguna Garzón que se encuentra por fuera de suelos de prioridad forestal (PF). Elaboración propia en base a capas vectoriales de la Dirección General Forestal (DGF) y el Ministerio de Ambiente (MA).

## Discusión

Este trabajo muestra que el análisis de información geográfica a partir de sensores remotos, puede ser utilizado de forma exitosa para estudiar los principales usos de suelo y sus dinámicas espaciales y temporales. El uso de esta herramienta permitió identificar cambios en las categorías de los usos de suelo y evidenciar la evolución de las actividades antrópicas en el área de estudio. La escala de análisis de este trabajo fue la cuenca de la Laguna Garzón. Los resultados para un período de 20 años evidenciaron el aumento de áreas antropizadas incluyendo las categorías de cultivos y forestación. El avance de la forestación en el área de estudio se produce en detrimento de la superficie de monte nativo y del campo natural. Las formaciones de monte nativo en la cuenca han visto reducida su superficie en un 49 % para el período estudiado.

La dinámica de cambios en la cobertura de campo natural y monte nativo hacia suelos forestales en la cuenca de la Laguna Garzón para el periodo de análisis son concordantes con los resultados obtenidos por Taveira et al. (2022) para el periodo 2000 a 2015 en la misma cuenca en estudio. Sin embargo se presentan algunas diferencias con el trabajo de Rodríguez-Gallego (2010) para el periodo 1974 a 2005, principalmente en la superficie de monte nativo reportado por dicha investigación. Estas diferencias podrían deberse en gran medida a la resolución espacial de las imágenes satelitales utilizadas (Shao & Wu 2008). En este sentido el presente trabajo se basa en capas oficiales elaboradas en base a imágenes Landsat 5 con un tamaño de píxel de 30 metros de lado para la capa cobertura 2000 y Sentinel 2 con una resolución espacial de 10 metros para la capa cobertura 2021, mientras que el trabajo de Rodríguez-Gallego (2010) se basa en imágenes Landsat con resolución espacial de 70 y 30 metros de lado. Es posible que las capas más antiguas elaboradas a partir de Landsat y Sentinel 1 pudieran haber sobrestimado algunas superficies (Sabo et al. 2017), sumado a que existen diferencias en la superficie de arbustos que una capa incluye (unas 700 Ha) y la otra no. Asimismo, es importante señalar que la reducción del monte nativo no solamente es explicado por el avance de la forestación en la cuenca, sino que ha existido una reconversión de esta categoría hacia cultivos, frutales y hacia campo natural

(Taveira et al. 2022), lo que explicaría también en cierta medida la menor reducción del campo natural identificado en este trabajo con respecto al monte nativo.

## Efectos de los cambios en los usos de suelo en el sistema cuenca

La drástica transformación de un ambiente natural en un monocultivo forestal genera pérdida y reducción de hábitats naturales, pudiendo generar la extinción local de algunas especies. Los cambios en la cobertura del suelo que implican transformación de pastizales y reducción de la superficie de bosque nativo han sido señalados como una de las causas principales de la reducción de la biodiversidad en los sistemas naturales (Brazeiro et al. 2008; Rodríguez-Echeverry et al. 2018). La sustitución del campo natural y del bosque nativo por las actividades humanas como la agricultura y la forestación generan fragmentación y pérdida de hábitats naturales para algunas especies de mamíferos y aves (Brazeiro et al. 2018; Cravino & Brazeiro 2021). En esta misma línea, las plantaciones forestales favorecen la introducción de especies exóticas que desplazan a los organismos nativos, resultando en una ruta de acceso de las especies invasoras que finalmente termina conquistando otros ambientes como los pastizales contiguos a las plantaciones (Jobbágy et al. 2006), este es el caso de especies exóticas invasoras como el *Ligustrum sp.* o *Gleditsia triacanthos*. Al mismo tiempo, con las modificaciones en los usos de suelo se genera fragmentación del paisaje (Taveira et al. 2022), pudiendo afectar la movilidad de especies y la comunicación entre los distintos ambientes (Bartésaghi 2015).

Además de las consecuencias señaladas sobre la biodiversidad, la modificación de las coberturas naturales por cultivos forestales genera cambios en la dinámica del ciclo hidrológico de la cuenca (Silveira et al. 2006; Silveira & Alonso 2009; Céspedes et al. 2009), donde se ha reportado un descenso en la cantidad de agua captada por las cuencas (Scott & Lesch, 2010), y un aumento de la evapotranspiración en comparación con una cobertura de campo natural (Nosetto et al. 2005). En este sentido se ha señalado que a pesar de que las plantaciones forestales podrían tener un efecto positivo en el secuestro de carbono atmosférico, asociado a las grandes biomásas que alcanzan los árboles y su rápido crecimiento, esto generalmente va acompañado de un aumento en la evapotranspiración de los árboles producto de la mayor productividad, y de una consecuente disminución del

rendimiento hidrológico de las cuencas (Jobbágy et al. 2006). De igual forma, se han reportado reducciones de hasta un 50 % en las escorrentías superficiales en las cuencas que han sido forestadas. Siguiendo esta línea, Silveira & Alonso (2009), señalan que una cuenca forestada en un 30 % de su superficie con especies de *Eucalyptus sp.*, implica una reducción promedio en 100 mm anuales sobre el total de las precipitaciones que se registran en la cuenca, con un impacto directo en el caudal de los arroyos de la misma. Este dato es importante de tener en cuenta si se considera que la microcuenca del Arroyo Garzón es la que concentra la mayor superficie de cultivos forestales, contando actualmente con un 12.5 % de su superficie forestada, siendo este cauce uno de los principales tributarios de la laguna. Además se debe considerar que dicha microcuenca es la que cuenta con una mayor superficie de suelo de prioridad forestal dentro de la cuenca de la Laguna Garzón, principalmente se debería prestar especial atención en aquellos años donde las precipitaciones registradas se encuentren por debajo de mínimos históricos.

Por otra parte, la instalación de cultivos forestales en detrimento de las pasturas naturales genera una fuerte interferencia con la disponibilidad y el ciclo de nutrientes en el suelo, con una consecuente pérdida de fertilidad y un proceso creciente de acidificación del suelo y de los arroyos en las cuencas forestadas (Delgado et al. 2006; Jobbágy et al. 2006; Céspedes et al. 2012). La pérdida de nutrientes del suelo, como por ejemplo el calcio o potasio, es esperable que se incremente con los distintos ciclos de cosecha que se dan generalmente en las plantaciones, perdiéndose del sistema a través de la madera cosechada (Delgado et al. 2006). De igual forma, cabe señalar que si bien las plantaciones forestales podrían contribuir favorablemente al almacenamiento de carbono en forma de biomasa, esto se ve contrarrestado por los tiempos de cosecha manejados (entre 8 y 10 años) que en ocasiones son cortos y con una tendencia a reducirse producto de la introducción de nuevas especies de rápido crecimiento.

Del mismo modo, la dependencia de los cultivos forestales de los agroquímicos, como herbicidas e insecticidas en etapas iniciales de los cultivos (Da Ponte & Salas 2013; Achinelli et al. 2014) aumenta la presión sobre distintos organismos vivos como algunos grupos de peces o abejas (Ríos 2012). En este mismo sentido, la intensificación en las actividades productivas en la cuenca de drenaje, (asociado con el uso de agroquímicos para aumentar las producciones o combatir organismos no deseados para la producción), es señalada como una de las principales causas de la contaminación de los cursos de agua en nuestro país (Texeira de Mello, 2007; Rodríguez et al. 2010; Mazzeo et al. 2010; Delbene 2010; Bazzoni 2015; Achkar et. al. 2015; Levrini 2017; Griffero et al. 2019; Kruk et al. 2021). Debido a que estos compuestos muchas veces son transportados más allá de su lugar de

aplicación, generan dificultades en la gestión de las problemáticas ambientales al no ser tan intuitiva la identificación de la fuente de contaminación (Inda e Indarte, 2010), resultando imprescindible considerar para su gestión una unidad acorde a estos procesos.

El presente trabajo también identifica que la forestación en la cuenca aparece asociada a cursos de agua de menor orden que desembocan en el arroyo Garzón, uno de los tributarios principales de la laguna. Recientemente se ha reportado una posible incidencia de las plantaciones de *Eucalyptus sp.* en las comunidades de macroinvertebrados y fauna microbiana de la cabecera de los arroyos, generando cambios en las tasas de descomposición de la materia orgánica aportada por los árboles, posiblemente vinculado a mayores periodos en que los cauces se secan producto de la forestación o a la propia composición química de la hojarasca que llega al cauce proveniente del monocultivo (Ferreira et al. 2019). En este sentido, la proximidad de las plantaciones de Eucalyptus con los márgenes de los cursos de agua debería ser un punto a profundizar en su estudio en la cuenca.

Los cambios en la cobertura de suelo además de generar cambios sustanciales en el ambiente natural con consecuencias negativas para los ecosistemas, también generan cambios y tiene consecuencias sociales y económicas en las poblaciones que habitan los territorios modificados. En cuanto a los impactos sociales descritos frente al avance de las plantaciones forestales, se han señalado un proceso de concentración y extranjerización de la tierra (Achkar et al. 2006), principalmente favorecido por los incentivos a la actividad a partir de la promulgación de la Ley Forestal N° 15939. Por otro lado, las poblaciones locales perciben como los cambios en la cobertura del suelo asociados a la actividad forestal, genera modificaciones en el paisaje, en la cultura y en la matriz económica de las mismas (Selfa et al. 2021).

## Implicancias de los suelos clasificados con prioridad forestal

Los resultados de este trabajo resaltan que más de 900 Ha de forestación están fuera de los suelos de prioridad forestal que se identifican en este trabajo en la cuenca de la Laguna Garzón. Asimismo, se debe tener presente que la cuenca de la laguna Garzón es potencialmente forestable en un 50 % según la normativa, lo que sugiere un aumento en la presión sobre las zonas naturales, en particular teniendo en cuenta los escenarios de aumento en la superficie forestal en los próximos años (Achkar et al. 2014).

En este contexto, la normativa forestal vigente no especifica características locales sitio específicos para la definición de los suelos de prioridad forestal, sino que basa fundamentalmente dicha categorización en la clasificación de los grupos de suelos CONEAT. Como se ha comentado anteriormente, la definición de los grupos CONEAT se basó en criterios netamente productivos. Por lo tanto, la utilización de los grupos CONEAT como base para la definición de la prioridad forestal de los suelos, tal como señalan Achkar et al. (2006), constituye en un error técnico debido a que no considera otros atributos de los suelos y no necesariamente fue creado para ordenar las actividades forestales. En este sentido resulta importante avanzar en entender el funcionamiento de los distintos elementos que constituyen la cuenca ( por ejemplo: suelos, hidrología, biodiversidad, etc), con el fin de poder establecer clasificaciones certeras para ordenar las distintas actividades dentro de la misma, con criterios específicos para cada región y basadas en un sólido conocimiento del sistema. Si bien Uruguay ha presentado en los últimos años avances normativos para la gestión de las nuevas áreas forestadas (Decreto N° 405/021), (por ejemplo creando un registro y definiendo pautas generales para los monitoreos), la normativa es relativamente nueva para evaluar su eficacia en dicha materia. Al mismo tiempo, surge la necesidad desde organizaciones sociales y de vecinos próximos a zonas forestadas de mayores controles y monitoreos sobre los efectos de las actividades forestales en el ambiente.

## Conclusiones y perspectivas

Este trabajo brinda información acerca de la pérdida de hábitat natural durante el periodo de estudio 2000-2021 en la cuenca de la Laguna Garzon, mientras que áreas asociadas a la antropización incluyendo el cultivo y la forestación aumentaron significativamente. Se evidenció una importante reducción del monte nativo en la cuenca, por el contrario la actividad forestal ha presentado un fuerte incremento en términos de superficie. El análisis por microcuencas mostró que la microcuenca del arroyo Garzón es la que presenta actualmente un mayor desarrollo de los cultivos forestales. De igual modo, se evidencia que la mitad de la superficie de la cuenca de la Laguna Garzón es potencialmente forestable según la definición actual de suelos de prioridad forestal. Dado lo expuesto con anterioridad en la tesis, si se concretara un escenario de avance de la forestación sobre la superficie destinada a tal condición en la cuenca, los efectos en la hidrología, los suelos y la biodiversidad podrían ser fatales para el funcionamiento ecológico y social de la misma.

El presente análisis mostró que analizar los procesos productivos con un enfoque de cuenca permite integrar las distintas dimensiones de las problemáticas ambientales (Mazzeo et al. 2019), sobre el ambiente y sobre las comunidades que allí habitan. La unidad de estudio cuenca tiene la capacidad de integrar las distintas aristas de las problemáticas ambientales, debido a que es una unidad espacial conformada por la interacción de procesos geológicos que le dan un sentido evolutivo como unidad independiente (Steffen e Inda 2010). El agua en la cuenca es transversal a todas las actividades productivas que se desarrollan en su territorio, y es el cuerpo de la laguna el punto donde confluye toda esa agua al final. Poder incorporar a la cuenca en la gestión del cuerpo de agua de la laguna y particularmente en el manejo de la barra arenosa, permitirá adelantarse a las problemáticas que puedan afectar la calidad del agua. Existen algunos ejemplos como el de Laguna del Sauce donde se debió adoptar medidas de manejo en una escala de cuenca para hacer frente a la problemática recurrente de deterioro de la calidad de agua asociado a las actividades humanas. Uruguay cuenta actualmente con herramientas como las Comisiones de Cuenca, ámbitos que permiten la participación de los distintos actores vinculados al recurso. Adoptar enfoques participativos posibilita generar aprendizajes y conocimientos sobre el sistema con el fin de predecir eventos adversos, promoviendo sistemas de monitoreo que permitan evaluar tanto el estado de los recursos, así como la efectividad de las medidas implementadas, algo que resulta crucial como insumo para la gestión y planificación ambiental del territorio (Mazzeo et al. 2019).

## Recomendaciones para la gestión ambiental de la cuenca

- Adoptar a la microcuenca como la unidad de monitoreo de los procesos productivos dentro del sistema cuenca de la Laguna Garzón
- Monitorear el estado de conservación del monte nativo asociado a zonas forestadas, principalmente en la microcuenca del arroyo Garzón.
- Incluir métricas de fragmentación de hábitats en el monitoreo de los ambientes naturales en el área de estudio
- Equipar al centro de monitoreo con elementos tecnológicos capaces de hacer frente a los requerimientos de microcuenca, por ejemplo con el uso de drones para realizar

los relevamientos de la dinámica de los usos de suelo y evitar así las diferencias en resolución espacial existentes entre las distintas capas oficiales disponibles

- Monitorear el avance de la forestación sobre aquellos suelos no clasificados para tal condición
- Avanzar en el conocimiento de la capacidad de carga ambiental de la cuenca la Laguna Garzón para sostener plantaciones forestales, con el fin de poder definir una superficie máxima de forestación para la cuenca
- Avanzar en el conocimiento de los efectos de las actividades forestales sobre la biodiversidad en la cuenca de la Laguna Garzon. En este sentido es imprescindible promover las investigaciones científicas en el área, así como fomentar la participación de los actores sociales locales en la mismas

## Bibliografía

Álvarez, A., Blum, A. y Gallego, F., 2015. Atlas de cobertura del suelo del Uruguay: cobertura del suelo y detección de cambios 2000-2011. Land cover classification System. Montevideo: MVOTMA. ISBN 9789253087112. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i4372s/i4372s.pdf>

Achinelli, F., Martinez, G., Frangi, J. (2014). Manejo de malezas en bosques nativos y plantaciones forestales. En: Malezas e invasoras de la Argentina : ecología y manejo; edición literaria a cargo de Osvaldo A. Fernández ; Eduardo S. Leguizamón ; Horacio A. Acciaresi. - 1a ed. - Bahía Blanca : Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Edions, 2014. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/47717/>

Achkar, M.; Domínguez, A. y Pesce, F. (2006) "Principales transformaciones territoriales en el Uruguay rural contemporáneo". Pampa. Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales, año 2, n° 2, Santa Fe, Argentina, UNL (pp. 219-242)

Achkar, M., Domínguez, A. y Pesce, F. (2014). Cuencas hidrográficas del Uruguay. Situación y perspectivas ambientales y territoriales. Montevideo: Redes Amigos de la Tierra, Uruguay sustentable

Alemu, M. (2016) Integrated Watershed Management and Sedimentation. Journal of Environmental Protection, 7, 490-494. doi: [10.4236/jep.2016.74043](https://doi.org/10.4236/jep.2016.74043).

Bartesaghi, M. (2015). 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. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/8382>

Bazzoni B. 2015. 'Evaluación del estado trófico de cursos de agua en cuencas de usos agrícola mediante un índice biótico'. Tesis de grado, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/6380/1/uy24-17519.pdf>

Bueno, C., Alves, F., Pinheiro, L., Perez, L., Agostini, V., Fernandes, E., Möller, O., Weschenfelder, J., Pinho, G., Wallner-Kersanach, M., Moura, R., Durán, J., Etchevers, I., Costa, L., Werlang, C., Bortolin, E., Machado, E., Figueira, R., Ferreira, P., Andrade, C., Fornaro, L., García-Rodríguez, F. (2021). The effect of agricultural intensification and water-locking on the world's largest coastal lagoonal system, Science of The Total Environment. Volume 801, 2021, 149664, ISSN 0048-9697, Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149664>

Brazeiro, A. (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

Brazeiro, A., Achkar, M., Toranza, C., Barthesagui, L. (2008). Potenciales impactos del cambio de uso de suelo sobre la biodiversidad terrestre de Uruguay. En: Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad. Editores Alejandra Vanina Volpedo Lucas Fernández Reyes. CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo 2008.

Brazeiro, A., Cravino, A., Fernández, P., y Haretche, F. 2018. Forestación en pastizales de Uruguay: Efectos sobre la diversidad de aves y mamíferos a escala de rodal y del paisaje.

Ecosistemas 27(3):48-59. Doi.: 10.7818/ECOS.1508.  
<http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1508>

Bacchetta, V. (2022). Incendios forestales inéditos fueron agravados por la falta de previsión. *Sudestada*.  
[https://www.sudestada.com.uy/articleId\\_1b05b517-f78b-41ff-8f8c-29953de156d2/10893/](https://www.sudestada.com.uy/articleId_1b05b517-f78b-41ff-8f8c-29953de156d2/10893/)

Capandeguy D., Bernardi R., Gastambide F., Delgado M. (2016). Uruguay Costa Atlántica Revisión sintética de formaciones territoriales y apertura de acciones urbanísticas de intervención ambientalmente sostenibles. Informe Final - Diciembre 2016. Disponible en [http://www.fadu.edu.uy/investigacion/files/2017/10/v17\\_181216\\_UYcostaatlantica\\_final\\_v17.pdf](http://www.fadu.edu.uy/investigacion/files/2017/10/v17_181216_UYcostaatlantica_final_v17.pdf)

Carpenter S. & Cottingham K. (1997). Resilience and restoration of lakes. *Conservation Ecology* [online]1(1): 2. Disponible en <https://www.ecologyandsociety.org/vol1/iss1/art2/>

Carpenter S., Bennett E. & Peterson G.(2006). Scenarios for ecosystem services: an overview. *Ecology and Society* 11(1): 29. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art29/>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe (LC/FDS.2/3/Rev.1), Santiago, 2018.

Céspedes-Payret, C., Piñeiro, G., Achkar, M., Gutierrez, O., Panario, D. 2009. The irruption of new agro-industrial technologies in Uruguay and their environmental impacts on soil, water supply and biodiversity: A review. *International Journal of Environment and Health* 3(2), pp. 175-197. Disponible en <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJEnvH.2009.024877>

Céspedes, C., Piñeiro, G., Gutiérrez, O., Panario, D. (2012). Land use change in a temperate grassland soil: Afforestation effects on chemical properties and their ecological and mineralogical implications. *Science of The Total Environment*. Volume 438, 2012, Pages 549-557, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.075>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712011667>)

Cravino, A. & Brazeiro, A. (2021). Grassland afforestation in South America: Local scale impacts of eucalyptus plantations on Uruguayan mammals. *Forest Ecology and Management*. Volume 484, 15 March 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118937>

Da Ponte Canova, E., & Salas, P. (2013). Control de malezas en plantaciones forestales con el uso de Glyphosato y sulfato de Amonio. *Investigación Agraria*, 11(1), 54–59. Recuperado a partir de <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/41>

Delgado, S., Alliaume, F., García Préchac, F., Hernández, J. (2006). Efecto de las plantaciones de Eucalyptus Sp. sobre el recurso suelo en Uruguay. *Agrociencia*. (2006) Vol. X N° 2 pág. 95 - 107

DINACEA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2021). Evaluación Ambiental de las Lagunas Costeras (José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos) y de sus principales tributarios (2017 - 2020). Informe Técnico. MMA-DINACEA. Montevideo. 200 pg. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCA-Informe-lagunas-FINAL-2017-2020.pdf>

Dirección General Forestal, (2021). Cartografía Nacional Forestal 2021. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Ejecutada por la División Evaluación e Información (DEI) de la Dirección General Forestal (DGF). Marco: Convenio DGF – Corporación Nacional para el Desarrollo (CND)

Dourojeanni, A., Jouravlev, A., Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. División de Recursos Naturales e Infraestructura de CEPAL. Santiago de Chile, 2002. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/640711/S028593\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/640711/S028593_es.pdf)

Esteves, F., Caliman, A., Santangelo, J., Guariento, R., Farjalla, V., Bozelli, R. (2008). Neotropical coastal lagoons: An appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. *Braz. J. Biol.*, 68(4, Suppl.): 967-981, 2008. Disponible en <https://www.scielo.br/j/bjb/a/4KrZLMJ8CRs7p3BqXfSftpv/?format=pdf&lang=en>

FAO. 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp. (<http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>)

Ferreira, V., Boyero, L., Calvo, C. *et al.* A Global Assessment of the Effects of Eucalyptus Plantations on Stream Ecosystem Functioning. *Ecosystems* 22, 629–642 (2019). <https://doi-org.proxy.timbo.org.uy/10.1007/s10021-018-0292-7>

Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, A., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, F., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, I., Ramankutty, N. y Snyder, P. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science* Vol:309. pp 570-574. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1111772>

Gadino, I., Barindeli, N., Goñi, A. (2018). Ordenamiento y planificación territorial en el contexto de la gestión integrada de cuencas. En *Avances, desafíos y oportunidades en el actual sistema de gobernanza*. En P. Bianchi, G. Taveira, H. Inda, & M. Steffen, eds. Aportes para la rehabilitación de la Laguna del Sauce y el ordenamiento territorial de su cuenca. Maldonado: Instituto SARAS: 81 - 97.

Gaspari, F., Rodríguez A., Senisterra G., Delgado M., Besteiro S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2013. Disponible en <https://digital.cic.qba.gob.ar/handle/11746/5798>

García M.(2021). Entrevista a Gerente de comunicaciones UPM. <https://rurales.elpais.com.uy/forestacion/planta-upm-2-estara-ya-operativa-en-el-segundo-semestre-del-ano-2022>

Gorgoglione, A., Gregorio, J., Ríos, A., Alonso, J., Chreties, C., Fossati, M. (2020). Influence of Land Use/Land Cover on Surface-Water Quality of Santa Lucía River, Uruguay. *Sustainability*, Volume 12, 2020, Numero 11, Article-Number 4692. Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4692#cite>

Gorgoglione, A., Castro, A., Rodríguez Núñez, R. y otros. Evaluación temporal y espacial del impacto del cambio de cobertura del suelo sobre la calidad del agua : Cuenca del río Santa Lucía como cuenca piloto [en línea]. Montevideo : Udelar. FI. IMFIA : INCO, 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/28348>

Groombridge, B. (1992). *Global biodiversity: State of the earth's living resources*. London: Chapman and Hall. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-2282-5>

Inda, H. e Indarte, E. 2010. Informe de situación sobre fuentes de contaminación difusa en la Cuenca del Río Santa Lucía. JET/DINAMA 2010

Jobbágy, E., Vasallo, M., Farley, K., Piñeiro, G., Garbulsky, M., Noretto, M., Jackson, R.; Paruelo, J. (2006). Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *Agrociencia*. (2006) Vol. X N° 2 pág. 109 - 124

Keeler B. & Polasky S. (2014). Land-use change and costs to rural households: a case study in groundwater nitrate contamination. *Environ. Res. Lett.* 9 (2014) 074002 (10pp). Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/7/074002/meta>

Kerr J. (2007). Watershed Management: Lessons from Common Property Theory. *International Journal of the Commons*. Vol 1, no 1 October 2007, pp. 89-109

Liu J., Dietz T., Carpenter S., Alberti M, Folke C., Moran E., Pell A., Deadman P., Kratz T., Lubchenco J., Ostrom E., Ouyang Z., Provencher W., Redman C., Schneider S. and Taylor W. (2007). Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science* 317 (5844), 1513-1516. Disponible en <http://wjsmith.faculty.unlv.edu/smithtest/LiuEtAlCoupledComplexity.pdf>

Long, J. A., Nelson, T. A., & Wulder, M. A. (2010). Characterizing forest fragmentation: Distinguishing change in composition from configuration. *Applied Geography*, 30, 426–435. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.12.002>

Martino D., Bennadji Z., Fossati A., Pagliano D., van Hoff E. (1997). LA FORESTACIÓN CON EUCALIPTOS EN URUGUAY: su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente. Serie Técnica N° 88. INIA

Mazzeo N., Rodriguez A., Fort H., Scheffer M. (2010). Eutrofización de lagos o reservorios poco profundos. Bases técnicas para el manejo integrado de Laguna del Sauce y cuenca asociada. Steffen M. & Inda H. (eds). 19-29

Mazzeo N., Zurbriggen C., Steffen M., Barquin J., Gadino I., Diaz I., Ciganda A., Goyenola G., Trimble M. (2019). Combinando Estrategias. Descentralización y Centralización en la Gestión del Agua en Uruguay. En: Descentralización en Uruguay Propuestas para Avanzar en la Agenda. Cardarello A. y Ferla P. (Coordinadores)

Mendez, C. (2021). Vecinos de Guichón denuncian contaminación del arroyo Santana por efluentes del vivero de UPM. La Diaria Ambiente. <https://ladiaria.com.uy/ambiente/articulo/2021/12/>

Méndez, C. (2022). La Diaria Ambiente. A seis meses de los incendios forestales de Río Negro y Paysandú, vecinos y productores afectados se proponen prevenir situaciones similares a futuro. <https://ladiaria.com.uy/ambiente/articulo/2022/6/>

Newbold, T., Bentley, L.F., Hill, S.L., Edgar, M.J., Horton, M., Su, G., S, ekercioǵlu, C.H., Collen, B., Purvis, A., 2020. Global effects of land use on biodiversity differ among functional groups. *Funct. Ecol.* 34, 684–693. Disponible en <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2435.13500?src=getftr>

Alice Newton, A. John Icely, Sónia Cristina, Ana Brito, Ana Cristina Cardoso, Franciscus Colijn f , Simona Dalla Riva, Flemming Gertz, Jens Würgler Hansen i, Marianne Holmer , Kateryna Ivanova, Erkki Leppäkoski, Donata Melaku Canu, Chiara Mocenni, Stephen Mudge, Nicholas Murray, Morten Pejrup, Arturas Razinkovas, Sofia Reizopoulou, Angel Pérez-Ruzafa, Gerard Schernewski, Hendrik Schubertt , Laishalla Carr, Cosimo Solidoro, Pierluigi Viaroli, José-Manuel Zaldívar (2014). An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 140, 2014, Pages 95-122. Disponible en <https://www-sciencedirect-com.proxy.timbo.org.uy/science/article/pii/S0272771413002461?via%3Dihub>

Nosetto, M., Jobbágy, E., Paruelo, J. (2005). Land-use change and water losses: the case of grassland afforestation across a soil textural gradient in central Argentina. *Global Change Biology* (2005) 11, 1101–1117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00975.x>

Pineda R., Hernandez J., Tobar R. (2015). Retos para la Conservación del Patrimonio Natural desde la Gestión Integrada de Cuencas. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Digital Ciencia@Uaqro. Disponible en [https://www.uaq.mx/investigacion/revista\\_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v8-n2/14-CN.pdf](https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v8-n2/14-CN.pdf)

Polasky, S., Nelson, E., Pennington, D. et al. The Impact of Land-Use Change on Ecosystem Services, Biodiversity and Returns to Landowners: A Case Study in the State of Minnesota. *Environ Resource Econ* 48, 219–242 (2011). <https://doi-org.proxy.timbo.org.uy/10.1007/s10640-010-9407-0>

Ríos, M. (2012). Evaluación participativa de impactos de los plaguicidas utilizados en soja y forestación en un área protegida y su cuenca. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/3977/1/uy24-15946.pdf>

Rodríguez A., Méndez G., Kausas S., Clemente J., Kröger A. & Mazzeo N. (2010). Importancia de la carga externa e interna de nutrientes en el estado trófico de Laguna del Sauce. Bases técnicas para el manejo integrado de Laguna del Sauce y cuenca asociada. Steffen M. & Inda H. (eds). 53-61

Rodríguez-Echeverry, J., Echeverría, C., Oyarzún, C. et al. Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forests. *Landscape Ecol* 33, 439–453 (2018). <https://doi-org.proxy.timbo.org.uy/10.1007/s10980-018-0612-5>

Rodriguez-Gallego, L., Achkar, M. & Conde, D. 2012. Land Suitability Assessment in the Catchment Area of Four Southwestern Atlantic Coastal Lagoons: Multicriteria and Optimization Modeling. *Environmental Management* 50, 140–152 (2012). <https://doi-org.proxy.timbo.org.uy/10.1007/s00267-012-9843-4>

Rodríguez-Gallego, L., Achkar, M., Defeo, O., Vidal, L., Meerhoff, E., Conde, D. (2017). Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 188. 2017, P. 116-126. ISSN 0272-7714. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.02.010>

Sabo F., Corbane C., Ferri S. Inter-sensor comparison of built-up derived from Landsat, Sentinel-1, Sentinel-2 and SPOT5/SPOT6 over selected cities. EUR 28520 EN, doi:10.2760/385820.

Santos, R., Oliveira, C., Ferreira, G., Ferreira, M., Araújo, E., Silva, I. (2020). Carbon and nitrogen dynamics in soil organic matter fractions following eucalypt afforestation in southern Brazilian grasslands (Pampas). *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Volume 301. 2020. 106979. ISSN 0167-8809. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106979> .

Selfa, T., V. Marini, and J. B. Abrams. 2021. Place attachment and perceptions of land-use change: cultural ecosystem services impacts of eucalyptus plantation expansion in Ubajay, Entre Ríos, Argentina. *Ecology and Society* 26(4):44. <https://doi.org/10.5751/ES-12870-260444>

Silveira, L., Alonso, J. y Martínez, L. (2006). Los efectos de la forestación en los recursos hídricos de Uruguay. *Agrociencia Uruguay* , 10 (2), 75- 93. <https://doi.org/10.31285/AGRO.10.931>

Silveira, L., & Alonso, J. (2009). Runoff modifications due to the conversion of natural grasslands to forests in a large basin in Uruguay. *Hydrological Processes: An International Journal*, 23(2), 320-329.

Shao, G., Wu, J. (2008). On the accuracy of landscape pattern analysis using remote sensing data. *Landscape Ecol* (2008) 23:505–511. DOI 10.1007/s10980-008-9215-x

Steffen, M., e Inda, H. (2010). Bases técnicas para el manejo integrado de Laguna del Sauce y cuenca asociada. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República y Saras Institute. <http://saras-institute.org/es/publicaciones/>

Steffen, M., Inda, H., Bianchi, P., Puente, R., Taveira, G., Franco, T. de M., Goyenola, G., Méndez, G., Lagomarsino, J.J., Clemente, J., Nin, M. & Mazzeo, N. (2018). Avances, desafíos y oportunidades en el actual sistema de gobernanza. En P. Bianchi, G. Taveira, H. Inda, & M. Steffen, eds. *Aportes para la rehabilitación de la Laguna del Sauce y el ordenamiento territorial de su cuenca*. Maldonado: Instituto SARAS: 111-127

Taveira, G., Reboulaz, R., Ramos, M., Lagos, X., Bergamino, L., & Inda, H. (2022). Evaluación de la fragmentación del paisaje en la cuenca de la laguna costera Garzón, Uruguay. *INNOTEC*, (23 ene-jun), e593. <https://doi.org/10.26461/23.04>

## **Leyes y Decretos**

Uruguay. Ley N° 13695 de 1968. Ministerio de Hacienda. Disponible en <https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/13695-1968#:~:text=%2D%20Cr%C3%A9a se%20un%20impuesto%20anual%20a,predios%20no%20sean%20efectivamente%20explotados.>

Uruguay. Ley Nacional N° 15939 de 1987. Ley Forestal - Fondo Forestal - Recursos Naturales. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15939-1987>

Uruguay. Ley N° 16466. Ley de Evaluación del Impacto Ambiental (1994). Disponible en <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16466-1994>

Uruguay. Ley N° 18610. Política Nacional de Aguas. Principios Rectores (2009). Disponible en <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18610-2009>

Uruguay. Decreto N° 26/993 de 1993. Amplíase las áreas forestales propuestas por la Dirección Forestal al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-originales/26-1993>

Uruguay. Decreto N° 349/005 de 2005. Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental y Autorizaciones Ambientales. Disponible en <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-reglamento/349-2005>

Uruguay. Decreto N° 191/006 de 2006. Forestación. Recursos Naturales Renovables. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/191-2006/1>

Uruguay. Decreto N° 220/010 de 2010. Forestación. Declaración de Terrenos Forestales. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/220-2010>

Uruguay Decreto N° 341/014 de 2014. Incorporación de "Laguna Garzón" al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/341-2014>

Uruguay Decreto N° 78/010 de 2010. Reglamentación de la Ley n° 18.610 sobre Política Nacional de Aguas. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/78-2010>

Uruguay Decreto N° 405/021 de 2021. Creación del Registro Ambiental de Plantaciones Forestales, a cargo de la DINACEA. Disponible en <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/405-2021>

# Anexos

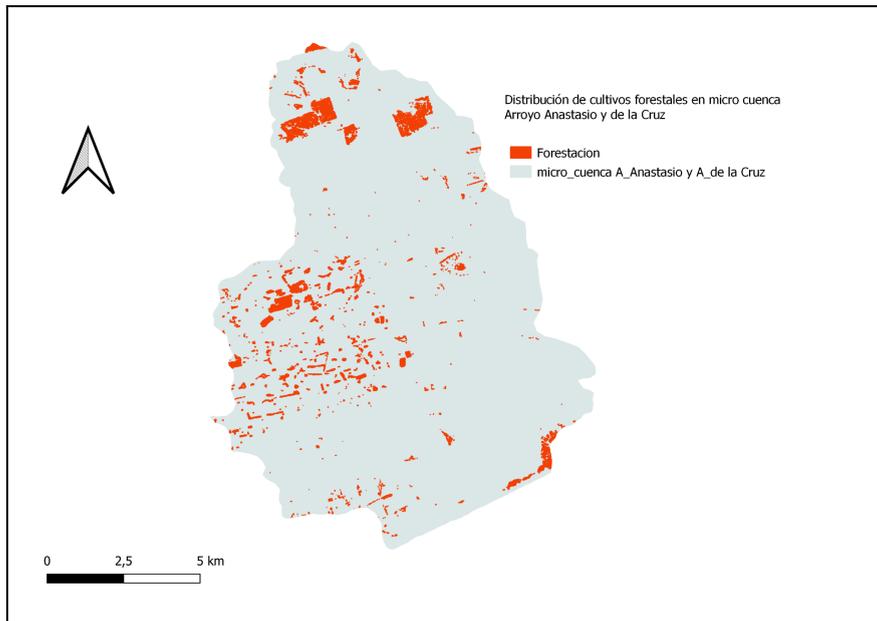


Figura 6. Distribución espacial de la forestación en la microcuenca de los arroyos Anastasio y de la Cruz.

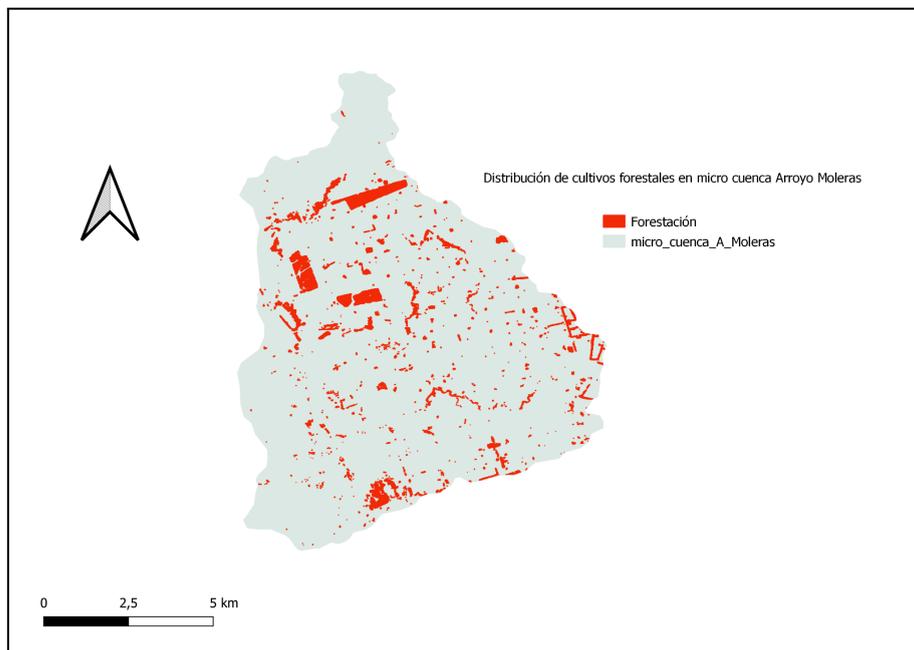


Figura 7. Distribución espacial de la forestación en la microcuenca del arroyo Moleras

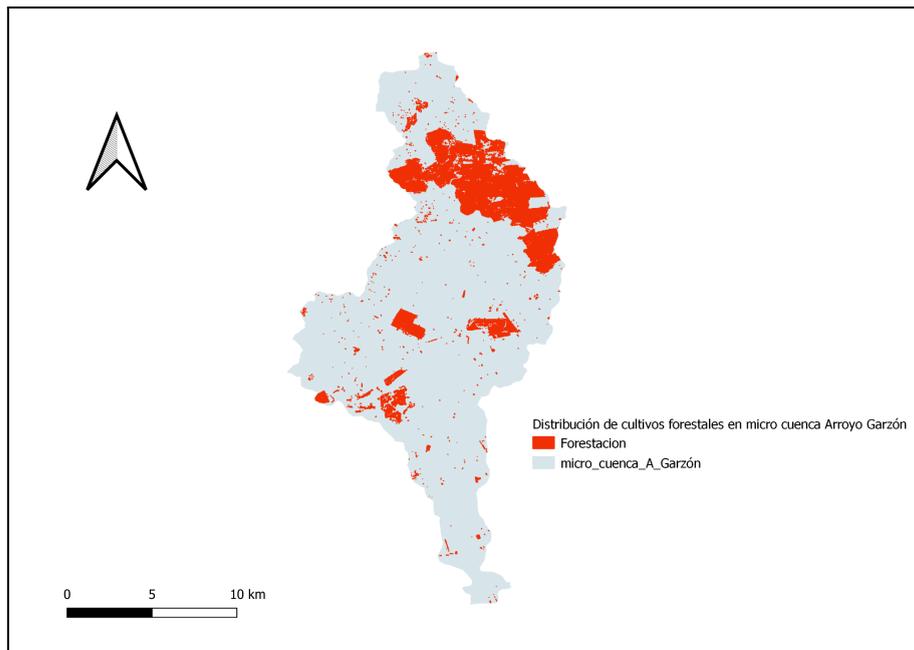


Figura 8. Distribución espacial de la forestación en la microcuenca del arroyo Garzón.

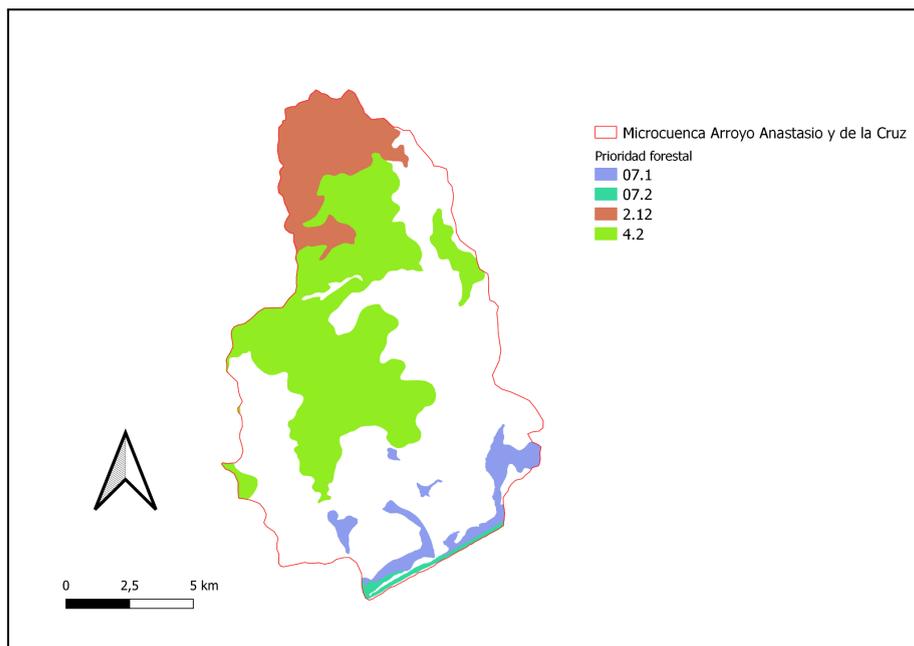


Figura 9. Distribución de los suelos de prioridad forestal en la microcuenca del arroyo Anastasio y de la Cruz

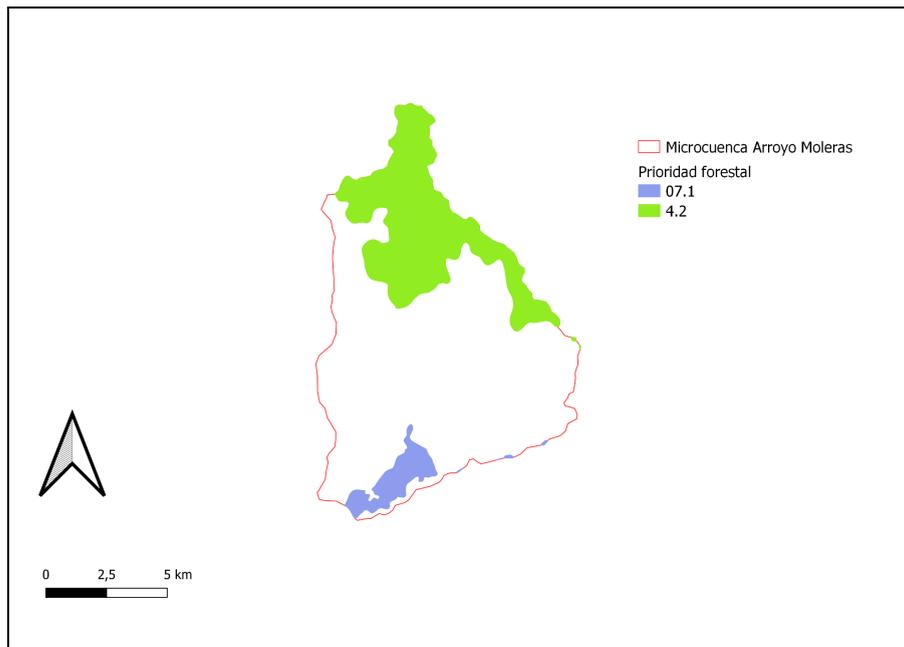


Figura 10. Distribución de los suelos de prioridad forestal en la microcuenca del arroyo Moleras

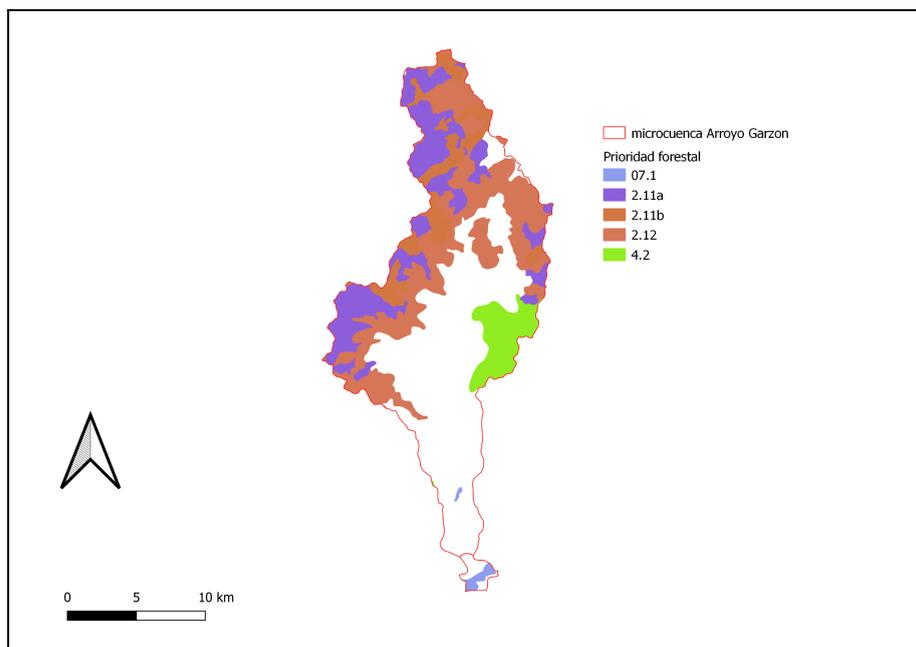


Figura 11. Distribución de los suelos de prioridad forestal en la microcuenca del arroyo Garzón