



**UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY**



**FACULTAD DE
CIENCIAS**

UDELAR | fcien.edu.uy

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS**

**Trabajo Final de Grado presentado para optar por el título de Licenciado
en Geografía**

**FUTURO DESARROLLO DEL SECTOR FORESTAL EN
URUGUAY:
FACTORES POTENCIALES Y SU POSIBLE ALCANCE EN EL
TERRITORIO.**

Autor: Gonzalo Panizza Lopez

Tutor: Dr. Carlos Céspedes-Payret

**Montevideo, Uruguay
2026**

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a mi tutor Dr. Carlos Céspedes-Payret, quién ante las dificultades y complicaciones de la vida, decidió de todas maneras orientarme en esta travesía mágica. Muchas gracias por todo el conocimiento brindado y las extensas charlas que hemos tenido, que siga así por muchos años más. En esta misma línea, quiero agradecer y valorar el apoyo dedicado por parte de la Mag. Patricia Gallardo en las primeras etapas y borradores del trabajo, ayudando a plasmar las ideas desde una mirada distinta.

Mi agradecimiento a mis compañeros de trabajo y de carrera que se interesaron en el tema, escuchándome durante largas horas en el último año. Especial abrazo a Sebastián, Juan, Horacio y Tiago por las largas horas de catarsis.

A mi familia, especialmente a mis padres Gerardo y Jacqueline por enseñarme desde chico a estudiar siempre y a no rendirme, que con esfuerzo todo se logra. A mi hermano Gastón, por tener un amor fraternal y un apoyo incondicional importante para mi vida.

A mi pareja Romina, por ser un pilar emocional importante en mi vida, sin ella no hubiera tenido un camino iluminado para encarar fuertemente este trabajo. Te amo.

Agradecer a la educación pública, vital para la formación de muchísima gente, donde me incluyo.

Y finalmente, dedico este trabajo final a todas aquellas personas que me apoyaron y que hoy ya no están en este plano, especialmente mis abuelos y mi madre. Los voy a llevar siempre en mi corazón.

Tabla de contenido	
AGRADECIMIENTOS	2
Lista de Tablas y Figuras	6
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Contexto global de la expansión forestal	11
1.2 Mercados de carbono y reconfiguración en la tenencia de la tierra.....	12
1.3 Impactos territoriales y ecosistémicos del modelo productivo forestal	13
1.4 Transición energética y demanda de biomasa forestal	15
1.5 La región este como nueva frontera de expansión agroforestal.....	17
2. ANTECEDENTES	19
2.1 Globalización de la industria forestal nórdica	19
2.2 Expansión transnacional forestal y mercados de carbono	20
2.3 Dinámica espacial de la forestación en el Cono Sur.....	22
2.4 Evolución espacio-temporal y actualidad del sector forestal en Uruguay	25
3. OBJETIVOS	29
3.1 Objetivo General:.....	29
3.2 Objetivos específicos:	29
4. ÁREA DE ESTUDIO	30
4.1 Delimitación espacial y temporal de la cuenca.....	30
4.2 Gradiente geomorfológico regional y Suelos de Prioridad Forestal.....	30
4.3 Dinámica hídrica y áreas de recarga en la Cuchilla Grande	31
4.4 Aptitud climática y tendencias pluviométricas del área	32
4.5 Configuración de la red fluvial superficial y vinculación con áreas de protección ambiental	32

4.6 Reconfiguración del paisaje y actores sociales en la gobernanza hídrica local..	35
5. MATERIALES Y MÉTODOS	36
5.1 Análisis y sistematización de normativa:	36
5.2 Cuantificación espacial y análisis temporal de uso del suelo:	38
5.3 Identificación de transiciones forestales	40
5.4 Modelado de factibilidad a la expansión forestal	40
6. RESULTADOS	42
6.1 Marco Jurídico Nacional.....	42
6.1.1 Ley Forestal – Fondo Forestal – Recursos Naturales	42
6.1.2 Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible	43
6.2 Análisis del marco regulatorio departamental	45
6.2.1 Cerro Largo.....	46
6.2.2 Lavalleja	47
6.2.3 Maldonado	48
6.2.4 Rocha	49
6.2.5 Treinta y Tres.....	50
6.2.6 Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial de la Región Este	51
6.3 Expansión del sector forestal en la región este	52
6.3.1 Expansión de las plantaciones forestales para el período 2004-2014.....	52
6.3.2 Expansión de las plantaciones forestales para el período 2014-2024.....	52
6.3.3 Comparación por Unidades Paisajísticas 2004 – 2024.....	58
6.4 Transiciones de uso de suelo hacia el sector forestal.....	65
6.4.1 Transiciones durante el período 2004 – 2014.....	65
6.4.2 Transiciones durante el período 2014 – 2024.....	68
6.5 Modelado de zonas factibles a reconversión forestal	70
6.5.1 Escenario actual	70

6.5.2 Escenario proyectado forestal.....	72
7. DISCUSIÓN	75
7.1 La geopolítica de las demandas internacionales y la transición energética.....	75
7.2 Infraestructura, logística y la transformación del paisaje	76
7.3 Vulnerabilidad hídrica de La Cuchilla Grande y área de influencia.....	77
8. CONCLUSIÓN	79
9. BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXO	93

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

<i>Figura 1: Emisiones de gases de efecto invernadero para el período 1990-2023 Fuente: Extraído de Emissions Gap Report. (PNUMA, 2024). Se observa como las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado considerablemente en los últimos 30 años. LULUCF es “Land Use, Land-Use Change and Forestry”</i>	25
<i>Figura 2: Áreas de influencia de las industrias forestales en el país. Fuente: Elaboración Propia. Considera el área de influencia en base a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón. La Cuenca de la Laguna Merín se mantiene por fuera del área de influencia.</i>	28
<i>Figura 3: Sistema Nacional de Áreas Protegidas [SNAP]. Ministerio de Ambiente (2026). Extraído de https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/es-snap</i>	33
<i>Figura 4: Cuenca de la Laguna Merín - Lagoa Dos Patos Fuente: Ministerio de Ambiente. (2023).</i>	34
<i>Figura 5: Características de satélites utilizados para el análisis. Se observan las especificaciones de cada uno de los satélites.</i>	38
<i>Figura 6: Distribución espacial de Suelos Rurales Naturales sobre Suelos de Prioridad Forestal en la Cuenca de la Laguna Merín. Se observa la mínima espacialidad de los suelos protegidos con respecto al área total y su solapamiento escalar con suelos de prioridad forestal.</i>	44
<i>Figura 7: Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2014). Se observa un crecimiento pronunciado en el sector norte de la Cuenca de la Laguna Merín. Fuente: Elaboración propia en base a datos de MapBiomias Uruguay Colección 3.</i>	55
<i>Figura 8: Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2014-2024). Se observa una desaceleración en cuanto al crecimiento forestal en la cuenca, pero con un aumento relevante durante este período.</i>	57
<i>Figura 9: Distribución espacial y cambios netos de plantaciones forestales y pastizales por unidad paisajística (2004- 2024). Las Sierras del Este destacan como el área con el mayor crecimiento de plantaciones de eucaliptos, mientras que las plantaciones de pino.</i>	60
<i>Figura 10: Distribución de la actividad forestal por unidad paisajística en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2024). Se destacan las planicies como el área de menor cantidad de actividad forestal, pero la que proporcionalmente tiene más áreas plantadas en zonas fuera de prioridad forestal.</i>	62
<i>Figura 11: Distribución de la actividad forestal por Departamentos en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2024).</i>	64
<i>Figura 12: Uso de suelo y transición a tipo de actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2014). La gran mayoría de las transiciones hacia la actividad forestal, tienen su origen predominantemente desde áreas de pastizales.</i>	66
<i>Figura 13: Transiciones de usos de suelo hacia actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2004 – 2014). La gran mayoría de las áreas transformadas a plantaciones forestales eran pastizales.</i>	67

<i>Figura 14: Uso de suelo y transición a tipo de actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2014-2024). En este período se observan como pastizales y áreas de plantaciones jóvenes fueron identificadas como plantaciones de eucaliptos.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 15: Transiciones de usos de suelo hacia actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2014 – 2024). Nuevamente se aprecia la transformación sistemática del pastizal hacia plantaciones forestales.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 16: Variables elegidas para modelar factibilidad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín. Se observan los cursos navegables, la caminería principal del área de estudio y vías férreas activas.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 17: Suelos de Prioridad Forestal Disponibles y factibilidad actual de transformación en la Cuenca de la Laguna Merín</i>	<i>71</i>
<i>Figura 18: Distribución total en hectáreas por Categoría de factibilidad Forestal en escenario actual.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 19: Suelos de Prioridad Forestal Disponibles y factibilidad de transformación en la Cuenca de la Laguna Merín (escenario proyectado)</i>	<i>73</i>
<i>Figura 20: Distribución total en hectáreas por Categoría de factibilidad Forestal en escenario proyectado. En comparación al escenario actual, el aumento es muy significativo considerando estos resultados en base a las variables proyectadas.....</i>	<i>74</i>

<i>Tabla 1: Superposición espacial entre Suelos Rurales Naturales y Suelos de Prioridad Forestal por departamento en la Cuenca de la Laguna Merín. Fuente: Elaboración Propia</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 2: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Cerro Largo</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 3: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Lavalleja</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Maldonado</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 5: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Rocha</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 6: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Treinta y Tres</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 7: Matriz reguladora Forestal de la Región Este.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 8: Variación absoluta y porcentual de las coberturas de uso de suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2014)</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 9: Variación absoluta y porcentual de las coberturas de uso de suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2014-2024)</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 10: Distribución Espacial de coberturas por unidades paisajísticas (Año 2004).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 11: Distribución Espacial de silvicultura y pastizales por unidades paisajísticas (Año 2024)</i>	<i>59</i>

RESUMEN

El aumento de la demanda energética global ha posicionado al sector forestal de rápido crecimiento como una actividad estratégica para la transición energética mundial. Esta dinámica, amparada en narrativas de neutralidad climática promovida por la gobernanza internacional, incorpora la transformación del uso del suelo en países periféricos para la reconversión de tierras bajo la figura de sumideros de carbono. Este fenómeno genera la creación de mercados instituidos que se vinculan con las normativas a escala nacional, regional y local, viabilizando la expansión extractiva a expensas de ecosistemas altamente vulnerables, como el pastizal pampeano en Uruguay. A partir de la proyección de nuevos corredores logísticos para exportaciones y las proyecciones de rutas marítimas a través de Laguna Merín hacia puertos brasileños, esta investigación analizó los factores potenciales y las tendencias territoriales de la expansión forestal en la Cuenca de la Laguna Merín durante el período 2004-2024. El abordaje metodológico integró Sistemas de Información Geográfica (SIG), series temporales de datos satelitales (MapBiomass Uruguay Colección 3) y análisis espacial temporal. Se evaluaron las normativas territoriales vigentes, las transiciones en el uso del suelo y se desarrolló un modelo proyectivo de áreas factibles a ser forestadas. Los resultados demuestran un incremento sustancial de la superficie forestada la cuál aumentó de unas 42.000 hectáreas en 2004 a casi 190.000 hectáreas en 2024. El 82,8% de este incremento ocurrió sobre el bioma de pastizal, lo que confirma una sustitución sistemática y acelerada de este ecosistema. Asimismo, el modelo de simulación indicó que la instalación de infraestructura logística e industrial proyectada incrementaría el potencial de transformación del suelo en una relación de 5:1 respecto al escenario actual. El avance de estos monocultivos forestales sobre las zonas altas de recarga hídrica supone una amenaza directa para el ciclo hidrológico, dadas sus elevadas tasas de evapotranspiración. En conclusión, se constata que la aptitud productiva del territorio uruguayo y los marcos regulatorios vigentes han quedado subordinados a los requerimientos de demandas económicas del mercado internacional. Ante la disponibilidad de recursos hídricos, bajo valor relativo del suelo y la posibilidad de reducir drásticamente el costo de transporte a través de rutas marítimas proyectadas, la cuenca de la Laguna Merín se consolida como un enclave estratégico extractivo para la transición energética global.

Palabras Clave: Forestación, Expansión forestal, Cambios de uso de suelo, Transición energética global, Impacto ambiental

ABSTRACT

The rise in global energy demand has positioned the fast-growing forestry sector as a strategic activity for the global energy transition. This dynamic, supported by climate neutrality narratives promoted by international governance, drives land-use transformation in peripheral countries to convert land into carbon sinks. This phenomenon leads to the creation of institutionalized markets linked to national, regional, and local regulations, thereby enabling an extractive expansion at the expense of highly vulnerable ecosystems, such as the Pampas grasslands in Uruguay. Based on the planning of new export logistical corridors and the projection of maritime routes through the Merín Lagoon towards Brazilian ports, this research analyzed the driving factors and territorial trends of forestry expansion in the Merín Lagoon Basin during the 2004–2024 period. The methodological approach integrated Geographic Information Systems (GIS), satellite data time series (MapBiomass Uruguay Collection 3), and spatio-temporal analysis. Current territorial regulations and land-use transitions were evaluated, and a predictive model of feasible areas for afforestation was developed. The results demonstrate a substantial increase in the forested area, which grew from approximately 42,000 hectares in 2004 to nearly 190,000 hectares in 2024. Notably, 82.8% of this increase occurred over the grassland biome, confirming a systematic and accelerated replacement of this ecosystem. Furthermore, the simulation model indicated that the projected installation of logistical and industrial infrastructure would increase the land transformation potential by a 5:1 ratio compared to the current scenario. The advancement of these forest monocultures onto high-recharge areas poses a direct threat to the hydrological cycle, due to their high evapotranspiration rates. In conclusion, it is evident that the productive aptitude of the Uruguayan territory and the current regulatory frameworks have been subordinated to the economic demands of the international market. Given the availability of water resources, the relatively low land value, and the potential to drastically reduce transport costs through projected maritime routes, the Merín Lagoon Basin is consolidated as a strategic extractive enclave for the global energy transition.

Keywords: Afforestation, Forestry expansion, Land-use changes, Global energy transition, Environmental impact.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto global de la expansión forestal

La actual configuración del sector forestal en el Uruguay es consecuencia de una reestructuración productiva a escala global, impulsada por las políticas internacionales de cambio climático. Dicho proceso responde, fundamentalmente, a las limitaciones eco-fisiológicas de los bosques boreales de los países nórdicos, cuyos prolongados ciclos de rotación y el déficit sostenido en su inventario promovieron la relocalización del sector forestal hacia regiones de rápido crecimiento, como el Cono Sur. Es en este marco de reestructuración espacial donde corporaciones forestales transnacionales de origen escandinavo como la sueco-finlandesa Stora Enso (fusionada en 1999) y la finlandesa UPM-Kymmene Corporation, inician un proceso de traslado a la región sur para el abastecimiento de materia prima ante geografías que ofrecen condiciones biofísicas e institucionalmente favorables.

La expansión territorial de capitales forestales transnacionales se enmarca en los lineamientos institucionales definidos a partir del Informe Brundtland (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987), el Protocolo de Kyoto (Naciones Unidas, 1997), el Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015, en el marco de la COP 21) y el reciente “Pacto Verde Europeo” (Comisión Europea, 2019) aprobado en 2020 (en inglés, “*European Green Deal*”). Dichos acuerdos establecen metas de neutralidad climática (cero emisiones netas de gases de efecto invernadero para el año 2050) cuya consecución depende, en gran medida, de importar biomasa y del establecimiento de sumideros de carbono en regiones como el Cono Sur. Esta relocalización responde a estrategias de corporaciones transnacionales que capitalizan condiciones biofísicas que garantizan ciclos de crecimientos acelerados, amparados por marcos regulatorios y fiscales permisivos. En el contexto de la transición energética hacia economías descarbonizadas, la actividad forestal se reposiciona como una actividad económica estratégica, orientándose hacia geografías que ofrecen condiciones biofísicas óptimas y marcos regulatorios favorables. Consecuentemente, el sector forestal, mediante el uso de especies arbóreas de rápido crecimiento (*Eucalyptus* spp. y *Pinus* spp.) en regiones favorables, logra diversificar sus fines productivos tradicionales para incorporar la generación de bioenergía y combustibles sintéticos, configurando nuevas fronteras de expansión agroforestal liderada por estructuras transnacionales que actualmente abarcan extensas áreas del territorio uruguayo.

1.2 Mercados de carbono y reconfiguración en la tenencia de la tierra

La expansión del sector forestal en el territorio uruguayo responde a dinámicas globales del sistema centro-periferia formulado por Prebisch en el año 1949. En la actualidad, los compromisos internacionales para la reducción de emisiones netas impulsan a diversas naciones de economías centrales a transferir la presión sobre el uso de suelo hacia geografías con mayor disponibilidad de tierras. Como resultado, las áreas receptoras experimentan una intensificación en la explotación de sus recursos naturales, consolidando un patrón de exportación de biomasa que acarrea alteraciones ambientales a escala local (Gudynas, 2015; Prebisch, 1981; Svampa, 2019). Estas dinámicas espaciales fuerzan la transformación del ordenamiento territorial y la adaptación de los marcos regulatorios de uso y apropiación del suelo para la absorción de dichas demandas externas (Harvey, 2019; Piñeiro, 2012).

Frente a la coyuntura global, Uruguay se ha posicionado como un área geográfica estratégica para la radicación de capitales vinculados al sector forestal, principalmente de origen europeo. Esta viabilidad territorial se sustenta en variables específicas descritas por Kröger (2014), tales como el precio relativo del suelo, los marcos jurídicos de promoción de la actividad y una menor conflictividad social en la ocupación del espacio. La implantación a gran escala de especies como *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp. se lleva a cabo mediante grupos financieros conocidos como “*Timberland Investment Management Organizations*” (Organizaciones de Gestión de Inversiones Forestales, o por sus siglas en inglés, TIMO). Estas organizaciones funcionan como intermediarios que adquieren y gestionan tierras forestales a largo plazo, operando una financiarización de la tierra al transformarla en activo de inversión.

El esquema productivo de grupos como las TIMO sostiene una extracción de biomasa de alta intensidad que capitaliza la capacidad de captura de gases de efecto invernadero (GEI) a través de los Mercados Voluntarios de Carbono. Mediante este mecanismo, las áreas forestadas son certificadas como sumideros de carbono, incrementando la rentabilidad económica. No obstante, estas transiciones en la cobertura terrestre generan alteraciones en la matriz productiva tradicional, desplazando sistemas agropecuarios preexistentes y modificando la tenencia y la escala de gestión territorial (Oyhantçabal y Narbondo, 2013). Tal como señala Paruelo *et al.* (2010), Uruguay ha experimentado una sustitución significativa de sus tierras de uso tradicional por plantaciones forestales. Esta expansión se ve acelerada por los incentivos inherentes a los mercados de carbono (Vassallo *et al.*, 2013), un mecanismo derivado de

acuerdos climáticos internacionales como el Protocolo de Kioto (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC], 1997) y el Acuerdo de París (CMNUCC, 2015). En consecuencia, el flujo de capitales hacia proyectos de mitigación climática transforma la organización espacial del territorio nacional. A nivel institucional, este proceso se apoya en herramientas financieras como los Bonos Indexados a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) emitidos por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y en marcos regulatorios que otorgan beneficios impositivos al sector forestal (Ehrnström-Fuentes y Kröger, 2018).

1.3 Impactos territoriales y ecosistémicos del modelo productivo forestal

Los modelos de evaluación de rentabilidad del sector forestal subestiman las alteraciones ecosistémicas inherentes a las áreas implantadas. Los ciclos cortos en las plantaciones de *Eucalyptus* spp. alteran variables críticas del suelo, como la densidad aparente y su capacidad de infiltración hídrica (Céspedes-Payret *et al.*, 2009), lo que se asocia a una pérdida de diversidad biológica por fragmentación (Panario y Gutiérrez, 2007). Adicionalmente, se registran impactos sobre la disponibilidad de los recursos hídricos (Alonso *et al.*, 2024) y alteraciones en la matriz productiva que derivan en el desplazamiento de sistemas de producción locales (Brazeiro *et al.*, 2015). Esta alteración hidrológica se ha evidenciado en cuencas forestales tradicionales como algunas áreas de Tacuarembó, donde la introducción de monocultivos de *Pinus* spp. ha reducido el rendimiento hídrico local tras las primeras etapas de implantación (Chescheir *et al.*, 2008; Chescheir *et al.*, 2025). En este contexto, cuantificar el cambio de cobertura y uso del suelo resulta fundamental para dimensionar dichas alteraciones, advirtiendo como esta expansión modifica el balance y la disponibilidad de carbono (Huang *et al.*, 2024).

Paralelamente, la promoción de la forestación como mecanismo de mitigación climática puede inducir una disminución neta del carbono orgánico del suelo (COS) y del rendimiento hidrológico (Nosetto *et al.*, 2012; Vassallo *et al.*, 2013). Si bien los monocultivos forestales capturan carbono atmosférico, este secuestro resulta transitorio, limitándose al ciclo previo a su exportación. En consecuencia, la remoción de biomasa durante la cosecha genera una pérdida neta de nutrientes y de carbono orgánico acumulado a lo largo de milenios (Berthrong *et al.*, 2009), modificando además su perfil de distribución en el suelo (Jobbágy y Jackson, 2004).

La forestación con fines comerciales representa una disrupción en las dinámicas ecosistémicas. A nivel hidrológico, altera la disponibilidad y la escurriencia hídrica (Nosetto, 2007; Nosetto *et al.*, 2012), aumentando la evapotranspiración en comparación a otros usos del suelo (Santarosa *et al.*, 2025). Desde el punto de vista biofísico, modifica el albedo y el balance de energía del sistema (Baeza y Paruelo, 2020; Baldi y Paruelo, 2008). Adicionalmente, altera en los patrones de cobertura vegetal mediante mecanismos alelopáticos (Carvalho *et al.*, 2015; May y Ash, 1990) e induce la acidificación del suelo junto con la alteración de su densidad aparente (Céspedes-Payret *et al.*, 2016), lo que resulta en la degradación de las propiedades hidrofísicas y la capacidad de regulación hídrica (Gutiérrez, O. *et al.*, 1993; Nosetto *et al.*, 2005).

El avance de estos monocultivos forestales sobre las zonas altas de recarga hídrica supone una amenaza directa para el ciclo hidrológico, dadas sus elevadas tasas de evapotranspiración. Este impacto se agrava debido a la marcada diferencia en la profundidad de enraizamiento y el origen del recurso hídrico consumido por ambos ecosistemas: mientras que la pradera nativa depende casi exclusivamente de la humedad en los horizontes superficiales del suelo, las plantaciones forestales desarrollan sistemas radiculares profundos capaces de alcanzar y extraer agua directamente de las napas freáticas y acuíferos (Jobbágy *et al.*, 2012; Nosetto *et al.*, 2005).

A nivel ecosistémico, este contraste estructural se traduce en una brecha drástica de consumo hídrico anual acumulado, donde la combinación de intercepción y transpiración profunda del árbol supera exponencialmente a la de la pradera para un mismo nivel de precipitación (Zhang *et al.*, 2001). A este balance de consumo subsuperficial se le añade una alteración física drástica en la superficie: la deposición de hojarasca y compuestos orgánicos de los eucaliptos induce un estado severo de repelencia al agua del suelo (soil water repellency), reduciendo la infiltración en los primeros centímetros del perfil mineral (González-Torres *et al.*, 2024). Este fenómeno desregula de forma crítica el régimen hídrico y el estiaje de los ríos; al perderse la capacidad de almacenamiento en el suelo, el agua de lluvia no alimenta las reservas que sostienen los caudales mínimos en épocas secas, sino que es derivada rápidamente hacia la red de drenaje, generando crecientes inesperadas y repentinas ante eventos de precipitación (Farley *et al.*, 2005; Silveira *et al.*, 2023).

Como consecuencia de la infiltración superficial impedida y la demanda profunda ininterrumpida, se interviene negativamente en la dinámica de las aguas subterráneas,

reduciendo de forma drástica el caudal base de las cuencas y la recarga hídrica profunda en comparación con la cobertura original de pastizal.

1.4 Transición energética y demanda de biomasa forestal

Uruguay destaca como uno de los países con mayores transformaciones en la cobertura del suelo en la región sudamericana, un proceso mediante el cual sus coberturas históricas han sido sustituidas por diferentes usos del suelo en las últimas décadas (Baeza y Paruelo, 2020). Desde una perspectiva fitogeográfica, el ecosistema uruguayo está dominado por pastizales. En ese sentido, Chebataroff (1960, como se citó en Grela, 2004) caracteriza al territorio como una zona de transición ecosistémica templada-subtropical denominada “Provincia Pampeana” o, como plantean otros autores, concretamente como “Distrito Uruguayense” (Morrone, 2006). En la literatura contemporánea, esta provincia es descrita como un bioma de pastizales templados húmedos y subhúmedos, constituyendo una de las matrices de pastizales más extensas y productivas a nivel global (Baeza *et al.*, 2022; Paruelo y Altesor, 2023).

Subordinados históricamente al uso agrícola-ganadero tradicional, los pastizales uruguayos experimentan una reconfiguración territorial al integrarse como activos estratégicos para el sector forestal, consolidando un patrón de concentración del suelo impulsado por capitales transnacionales (Achkar *et al.*, 2006; Gutiérrez y Panario, 2014). Esta dinámica de cambio de uso de suelo, enmarcada en los compromisos globales de mitigación climática, responde a presiones de mercado que transforman las dinámicas locales (Ehrnström-Fuentes y Kröger, 2018). La integración del Uruguay en el esquema forestal contemporáneo trasciende la exportación tradicional de materias primas. En la actualidad, la industria forestal avanza hacia modelos energéticos integrados, que también son impulsados por los mercados globales. Estos modelos integrados, incorporan el dióxido de carbono proveniente de quema de residuos orgánicos, en tanto incorporan el hidrógeno que forma la molécula de agua para la producción de energías como hidrógeno verde (Terradas-Cobas *et al.*, 2025) permitiendo transformarlo en un producto transportable. A nivel territorial, se produce una superposición multiescalar entre las plantaciones de rápido crecimiento y la demanda hídrica requerida para la transición energética de emisiones neutras, lo que fuerza una reestructuración espacial para satisfacer las nuevas demandas internacionales de biomasa (Baeza *et al.*, 2022; Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [REN21], 2025).

Ante la creciente demanda de energías proveniente de fuentes renovables y emisiones neutras que sustituyan los combustibles fósiles, adquieren un alto valor estratégico la biomasa y los residuos forestales. En el contexto regional, las plantaciones de *Eucalyptus* spp., bajo ciclos de rotación cortos de tres a cuatro años, alcanzan rendimientos proyectados entre 30 y 50 toneladas de biomasa por hectárea (Moya *et al.*, 2019). Adicionalmente, la valorización de estos residuos lignocelulósicos no solo abarca la producción de electricidad y energía térmica, sino que se distingue por su potencial para obtener bioaceites y biocombustibles avanzados (Ayala-Mendivil y Sandoval, 2018) incluyendo la reciente integración de cultivos de rotación con fines de producción bioenergética como *Brassica carinata* (UPM, 2017). La generación de bioelectricidad a partir de residuos forestales y subproductos agrícolas (como la cáscara de arroz o la caña de azúcar), constituye una de las tecnologías de mayor expansión en América Latina que se introduce a nivel regional y nacional (Laverde-Albaracín *et al.*, 2026) ante las demandas internacionales por estos productos. No obstante, Reid *et al.* (2020) advierten que los proyectos bioenergéticos requieren extensas superficies y que, en el corto y mediano plazo, pueden generar emisiones netas equivalentes o superiores a las de las matrices fósiles convencionales.

Frente a las alteraciones espaciales descritas sobre el ecosistema de pastizal y el avance de nuevas formas de producción energética definidas a nivel internacional sobre el territorio nacional, resulta indispensable examinar los mecanismos institucionales que regulan al sector. En este contexto, la presente investigación plantea las siguientes interrogantes: ¿De qué manera se aborda, regula y ordena el territorio ante la reconfiguración del uso del suelo derivada de la intensificación forestal?, ¿cuál ha sido la magnitud espacio-temporal de los cambios de cobertura en los últimos años?, ¿cuáles son las trayectorias futuras de dichas transiciones? Las metas globales de emisiones neutras y los mecanismos de financiamiento asociados tienen una expresión concreta en Uruguay. En la actualidad, un gran volumen de la densidad de cobertura forestal se concentra en departamentos del norte y el litoral oeste (Dirección General Forestal, 2024), marcando especializaciones industriales diferentes. Departamentos como Rivera y Tacuarembó se orientaron a la producción de madera sólida (*Pinus* spp.), el litoral oeste (como Río Negro o Paysandú) se consolidó como un nodo logístico-industrial diseñado para la cadena celulósica a través de plantaciones de rápido crecimiento (*Eucalyptus* spp.). Ante la progresiva saturación de estas áreas tradicionales, la presión territorial forestal comienza a desplazarse hacia regiones menos influenciadas, configurando así una nueva frontera de expansión forestal.

1.5 La región este como nueva frontera de expansión agroforestal

La frontera de expansión forestal y cultivos invernales como *Brassica carinata* tenderían a avanzar hacia la región este del país, abarcando el área geomorfológica de Cuchilla Grande y los departamentos de Cerro Largo, Lavalleja, Treinta y Tres y Rocha. De este modo, el área podría proyectarse como un potencial nodo de localización para industrias vinculadas al sector. Esta reestructuración territorial estaría siendo impulsada por una variedad de factores económicos, logísticos y biofísicos estrechamente ligados a las lógicas adaptativas del capital transnacional.

En primer lugar, se destaca la dinámica de tierras. Según la Oficina de Estadísticas Agropecuarias (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Oficina de Estadísticas Agropecuarias [MGAP-DIEA], 2026) el precio promedio nacional del suelo alcanzó los 4.178 USD/ha, mientras que los departamentos de la región este del país, presentan valores significativamente inferiores, convirtiendo a esta zona en un espacio altamente competitivo para la expansión forestal, el desarrollo de proyectos bioenergéticos e hidrógeno verde.

En segundo lugar, la posición estratégica de la región respecto a las vías de exportación. La proximidad al Océano Atlántico y la futura consolidación de la hidrovía Laguna Merín – Lagoa dos Patos acortarían drásticamente las distancias de traslado para los futuros nodos industriales. Esta reducción en los costos de transporte resultaría un factor decisivo para viabilizar la rentabilidad del sector en el marco de la nueva demanda mundial.

En tercer lugar, el territorio de la región este ofrece oportunidades únicas para integración de rubros económicos. Ante la volatilidad de los mercados globales y las eventuales caídas en el precio internacional de la celulosa (Uruguay XXI, 2026), las corporaciones transnacionales forestales optarían estrategias de diversificación financiera. La reconversión productiva y territorial se ampara a través de narrativas de sustentabilidad y de mecanismos de “greenwashing” validados por las políticas climáticas mundiales.

El escenario de diversificación encontraría en la región Este, condiciones óptimas para la sinergia de materias primas y las actividades productivas. La matriz actual, fuertemente vinculada al sector arrocero, proporciona la capacidad de adoptar rotaciones verano-invierno con *Brassica carinata* para la elaboración de biocombustibles de aviación. A su vez, la disponibilidad hídrica local resulta un recurso crítico para la demanda de agua dulce requerida ante la posibilidad emergente de producción de hidrógeno verde.

El plan de industria de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA] de 1985 evaluó la viabilidad manufacturera y los costos de infraestructura para un complejo de pasta de papel, mientras que el plan de plantación de 1987 se enfocó en la selección de especies y delimitación de suelos aptos, sirviendo de base científica para la Ley Forestal N.º 15.939. Esta secuencia muestra cómo la necesidad de materia prima impulsó la transición de la evaluación industrial a la producción primaria y zonificación agraria, señalan los informes de la JICA (1985, 1987). Tal como se desarrollará en el apartado de Antecedentes, dichos modelos de planificación han recobrado vigencia; la apertura de este territorio resulta fundamental para garantizar la generación masiva de biomasa y residuos forestales a escala nacional. Estos recursos constituyen la materia prima crítica junto a la disponibilidad hídrica para abastecer la creciente demanda de los nuevos mercados bioenergéticos.

En síntesis, las actuales dinámicas de cambio de uso del suelo sobre el ecosistema del pastizal uruguayo están estrechamente vinculadas a la reestructuración productiva de las principales potencias multinacionales forestales. El límite eco-fisiológico de sus inventarios y las políticas internacionales vinculadas al cambio climático han impulsado una reterritorialización de la industria forestal hacia América del Sur, proceso que será analizado en profundidad en el siguiente capítulo.

2. ANTECEDENTES

2.1 Globalización de la industria forestal nórdica

Históricamente, la actividad forestal ha estado vinculada a las naciones escandinavas, cuyas condiciones climáticas determinan el desarrollo de ecosistemas boreales caracterizados por un crecimiento vegetativo lento. Esta particularidad biofísica permitió a dichas naciones consolidar una alta especialización técnica en el manejo silvicultural. Durante décadas, los países nórdicos constituyeron los principales proveedores de materia prima forestal para los mercados europeos¹. Sin embargo, la alta intensidad de aprovechamiento redujo significativamente el volumen de las masas boscosas autóctonas, alterando la cobertura original, derivando en un déficit estructural condicionado por ciclos de rotación biológica que, en estas latitudes, superan los cincuenta años (Sedjo, 1999). Hacia mediados del siglo XX, la región escandinava institucionalizó sistemas de evaluación de su cobertura forestal, estableciendo marcos regulatorios orientados a garantizar un manejo sostenido frente a las normativas ambientales de la época. Las limitaciones impuestas por la dinámica de recuperación del bioma boreal impulsaron en consecuencia la relocalización espacial de las industrias hacia regiones de rápido crecimiento (Kröger, 2014).

Continuando en el siglo XX, en el marco de la industrialización y el incremento global en la demanda de celulosa, surgió en el hemisferio norte una creciente revisión sobre los impactos biofísicos derivados en la explotación forestal intensiva. Tal como documenta Lehtinen (2002), corporaciones escandinavas como la finlandesa Enso expandieron sus operaciones hacia los bosques de Canadá durante la década de 1960. No obstante, dichos proyectos fueron desarticulados a principios de los años noventa debido a la conflictividad local generada por la alteración de los ecosistemas nativos mediante esquemas de tala rasa. Frente a estas limitaciones territoriales y normativas, la industria experimentó un proceso de reestructuración mediante fusiones empresariales a gran escala (Stora Enso, empresa sueco-finlandesa), modificando tanto sus estrategias de rendimiento económico como sus estándares ambientales (*greenwashing*).

¹ Información leída en una publicación de la *British Broadcasting Corporation* (BBC) para el año 2015. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151104_vert_earth_finde_bosques_noruega_yv

2.2 Expansión transnacional forestal y mercados de carbono

Las políticas de protección ambiental en Europa se orientan a la preservación de bosques primarios y antiguos de la región, con el objetivo de garantizar la biodiversidad a largo plazo. Sotirov et al. (2025) señalan que este tipo de políticas derivaron en un déficit de suministro regional, lo que incrementa la dependencia de importaciones de biomasa desde economías orientadas a la exportación primaria, como las de América del Sur. Simultáneamente, las estrategias de mitigación climática en regiones con matrices económicas dependientes de hidrocarburos se han estructurado mediante instrumentos como el “Pacto Verde Europeo” (*European Green Deal*, 2020) y su paquete normativo “*Fit for 55*”. A través de estos, se establecen metas vinculantes de neutralidad climática impulsadas por flujo de capital público-privado y viabilizadas mediante mecanismos de compensación en el mercado de carbono (Feffer y Lander, 2024).

Ante los escenarios planteados, la expansión e implementación efectiva de la matriz energética europea requiere de la adquisición de grandes volúmenes de materias primas. Feffer y Lander (2024) plantean que los “pactos verdes” europeos, perpetúan elevados niveles de consumo energético y material, cuya extracción genera presiones biofísicas directas sobre los territorios proveedores. Este fenómeno consolida patrones espaciales asimétricos, donde las alteraciones ambientales derivadas de la extracción de recursos se concentran en los países exportadores de recursos (Svampa, 2019). En la actualidad, las naciones que lideran el desarrollo tecnológico para la transición energética avanzan en la ocupación de áreas que ofrecen marcos regulatorios favorables y ventajas comparativas, tales como la aptitud de suelos e hídrica. Este proceso de concentración sobre los recursos naturales es conceptualizado en la literatura como “*Green grabbing*” o “apropiación verde”, una dinámica que prolonga la especialización primario-exportadora de los territorios afectados (Fairhead *et al.*, 2012). Simultáneamente, eventos de disrupción global como los conflictos bélicos, direccionan una reconfiguración espacial de las cadenas productivas, promoviendo modelos de integración macro-regional que concentran los flujos de materiales entre un número reducido de actores (Dietz, 2024; Sotirov *et al.*, 2025).

Las transformaciones territoriales se encuentran amparadas por los compromisos ratificados en acuerdos climáticos internacionales. El Protocolo de Kyoto (CMNUCC, 1997), por ejemplo, diferencia las obligaciones entre las partes del «Anexo I» (industrializados) y las

del «No Anexo I» (en vías de desarrollo). Este marco normativo permite a las naciones del primer grupo compensar sus emisiones canalizando inversiones hacia proyectos de mitigación en otros territorios mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Dichos proyectos operan bajo la figura de sumideros de carbono, cuantificando las toneladas métricas de gases de efecto invernadero (GEI) absorbidas, especialmente en plantaciones forestales. Posteriormente, el Acuerdo de París (2015) consolida la necesidad de una gobernanza climática internacional para la reducción de GEI bajo el paradigma del desarrollo sostenible (Ávila Akerberg, 2020). No obstante, al carecer de mecanismos de sanción vinculantes, diversos autores señalan que el acuerdo facilita la incorporación de la crisis climática a los mercados de inversión globales, priorizando las lógicas financieras de rentabilidad sobre la reducción efectiva de emisiones (Di Pietro, 2019).

El Acuerdo de París institucionalizó programas como REDD + (Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación de los bosques), los cuales permiten a las economías centrales financiar proyectos de captura de dióxido de carbono en terceros países. Esta lógica se inscribe en un modelo que valoriza económicamente los servicios ecosistémicos (McAfee, 1999), reduciendo la complejidad funcional de los biomas a una unidad métrica comercializable, como la tonelada de dióxido de carbono equivalente. En consecuencia, se consolida una estructura financiera que promueve la expansión territorial de las plantaciones forestales debido a su capacidad fotosintética. Para validar estas compensaciones, los países inversores adquieren bonos de carbono o certificaciones como las del “*Forest Stewardship Council*” (FSC), lo que les permite sostener sus propios niveles de emisión. Esto introduce procesos de reestructuración espacial en los países «No Anexo I», adaptando sus matrices productivas a los requerimientos del mercado. Así, las plantaciones de ciclo corto se posicionan como actividades estratégicas para la comercialización de bonos verdes (Ibarra y Escobar, 2008), contrastando con la dinámica forestal de los países nórdicos, donde los ciclos de crecimiento de las especies nativas oscilan entre 30 y 45 años (AL-INVEST, 2024).

En el contexto internacional, Bauhus, *et al* (2010) plantea sobre las modificaciones estructurales del paisaje derivadas de la implementación a gran escala de especies exóticas. Este modelo espacial sustenta la expansión de monocultivos de *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp., géneros caracterizados por sus ciclos biológicos cortos y su alta adaptación ante diversos tipos de suelo (Martins *et al.*, 2022), optimizadas para una producción intensiva de biomasa (Martins *et al.*, 2014). La configuración actual del sector evidencia un ciclo de extracción acelerado,

donde esquemas como la tala rasa de eucaliptos cada 10 a 12 años (Uruguay XXI, 2026) difieren temporal y espacialmente de la capacidad de retención prolongada que presentan los bosques boreales. Esta aceleración en la producción permite externalizar las presiones territoriales derivadas de las metas climáticas de las naciones industrializadas.

El avance de la frontera agroforestal estabiliza un patrón asimétrico en la organización del espacio. Las exigencias de materias primas para el mercado energético reemplazan ecosistemas nativos, como los pastizales naturales. Esta dinámica territorial se materializa mediante el financiamiento del uso del suelo. Las plantaciones forestales se integran a instrumentos bursátiles como los Fideicomisos Financieros Forestales (CARE Calificadora de Riesgo, 2025), transformando los ciclos biológicos en activos de inversión. Autores como Sassen (2015) y Borras Jr. *et al.* (2016) describen cómo estas prácticas imponen lógicas de cultivos flexibles (*flex crops*), donde el uso de la tierra se adapta rápidamente a la demanda y rentabilidad internacional. Por otro lado, esta modalidad de ocupación del espacio favorece formas de gestión territorial transnacional, subordinando la infraestructura, los recursos hídricos y el ordenamiento territorial local a las demandas logísticas de las cadenas globales de valor (Bacchetta *et al.*, 2019; Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales [WRM], 2000).

2.3 Dinámica espacial de la forestación en el Cono Sur

Históricamente, el Cono Sur ha desempeñado un rol centrado en la provisión de materias primas dentro del mercado global. En este marco de reestructuración productiva, las corporaciones forestales transnacionales se han establecido en diversas áreas de la región, amparadas por marcos regulatorios que facilitan la consolidación de modelos agroforestales a gran escala. Esta dinámica espacial frecuentemente deriva en el desplazamiento de los sistemas de producción locales (Segrelles Serrano, 2001) y agudiza procesos de concentración de la tenencia de la tierra. Además, organismos como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) han promovido la implantación de especies de rápido crecimiento a nivel latinoamericano.

Las dinámicas regionales tienen su correlato institucional en Uruguay. Desde 1951, organismos como el Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) emitieron recomendaciones para el desarrollo de un

modelo forestal exportador, sentando las bases para la posterior legislación nacional (WRM, 2004; Gutiérrez y Panario, 2014). Un precedente de planificación territorial clave se consolida en la década de 1960 con los diagnósticos de la Comisión de Inversiones y Desarrollo Económico (CIDE) la cual identifica a la forestación como un área a desarrollar (Panario y Gutiérrez, 2007). Este proceso se reforzó con la creación de la Dirección Forestal en 1966 y la posterior promulgación de la Ley N.º 13.723 “Interés Nacional. Recursos y Economía Forestal” (Poder Legislativo, 1968), donde se formalizó el interés nacional, el valor económico de la actividad y su cadena industrial. En este mismo marco temporal se aprueba la Ley N.º 13695 “Impuestos a las Herencias y Actos Asimilados” (Poder Legislativo, 1968), que instituyó la creación de la “Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra” (CONEAT), a través de la cual se instaure un indicador para la determinación de la capacidad productiva de los inmuebles. Dicho indicador, diseñado para evaluar la capacidad productiva del suelo rural en función de los rendimientos de carne, lana y cuero, se estableció como estándar técnico de valoración de la tierra a nivel nacional, a pesar de no contemplar las variables específicas de aptitud forestal.

Posteriormente, a finales de 1987, se promulgó la Ley N.º 15939 “Ley Forestal – Fondo Forestal – Recursos Naturales” (derogando la Ley N.º 13695 a través del artículo 75), conocida como la segunda ley forestal. Este instrumento jurídico consolidó el fomento a la agroindustria mediante un régimen de exoneraciones impositivas a las plantaciones y beneficios arancelarios para la importación de bienes de capital. De este modo, la legislación operó como un mecanismo de ordenamiento, impulsando la transformación de tierras de baja rentabilidad ganadera en áreas óptimas para la cadena industrial forestal mediante la categorización de Suelos de Prioridad Forestal. Este concepto fue diseñado mediante la utilización de un indicador como el Índice CONEAT, diseñado originalmente para medir la capacidad de un suelo para producir carne y lana por hectárea, donde las tierras con puntajes muy bajos se definieron como aptas para el crecimiento de árboles. En este contexto, el Estado uruguayo actuó como un facilitador para la inserción territorial del modelo forestal global (Ehrnström-Fuentes y Kröger, 2018). Durante la década de 1990, el país profundizó su apertura económica y financiera, un proceso reforzado por la integración en bloques comerciales como el MERCOSUR (Ferro Clérico, 2006; Tsakok, 2022). A nivel espacial, esta apertura incidió directamente en el mercado de tierras, registrándose una tendencia al alza a partir de mediados de la década debido a la presión ejercida por el sector. El valor de la parcela rural experimentó incrementos de entre tres y siete

veces su valor original (Piñeiro, 2011), lo que incentivó el cambio de uso del suelo mediante la evaluación del costo de oportunidad y aceleró la expansión de los monocultivos sobre el ecosistema de pastizales nativos.

Desde una perspectiva ecosistémica, la sustitución del bioma pastizal altera profundamente el funcionamiento del ecosistema y los flujos biogeoquímicos, contrastando drásticamente en el uso de energía y agua (Jobbágy et al., 2006). Esta transformación en la cobertura induce procesos de translocación y redistribución vertical de nutrientes (Jobbágy y Jackson, 2004), mecanismo que culmina con el secuestro de dichos elementos en la biomasa aérea (Hong et al., 2023). En la práctica, estas alteraciones biofísicas suelen ser subestimadas en las evaluaciones de impacto de los proyectos. Al no contabilizar adecuadamente la alteración del reservorio de carbono orgánico del suelo, se omite que dicho componente no se conserva en el sitio, sino que es removido del ecosistema local tras la cosecha para su integración en la cadena industrial.

En adición a las alteraciones del carbono orgánico del suelo, el sector proyecta la síntesis de fertilizantes nitrogenados (amoníaco y urea) a partir de hidrógeno verde, que como plantea Rivas (2024) utiliza la captura de dióxido de carbono biogénico de la propia industria forestal para descarbonizar el sector agrícola. No obstante, independientemente de su origen “verde”, la aplicación de estos fertilizantes puede derivar en la emisión de grandes proporciones de N_2O (Bonansea et al., 2021, 2023), un potente gas de efecto invernadero que contribuye a la acidificación del suelo mediante procesos de intercambio iónico, habiéndose comprobado que este impacto es particularmente agudo en ecosistemas de pastizales (Tian y Niu, 2015). A pesar de la evidencia sobre la alteración de los ciclos de nutrientes y de carbono, las industrias multinacionales frecuentemente se amparan en las políticas climáticas mundiales como el Protocolo de Kioto o el Acuerdo de París para legitimar su expansión. Sin embargo, mientras que un sumidero natural de carbono requiere el almacenamiento prolongado en el tiempo en el perfil del suelo, el modelo forestal actúa bajo ciclos de rotación cortos en el tiempo, translocando el carbono hacia la biomasa aérea (Hong et al., 2023). De esta manera, se exporta el carbono junto a los nutrientes del suelo ante la tala y demandas del mercado internacional. Bajo este paradigma de mitigación, la intensificación del cambio de uso de suelo en Uruguay y la captación de tierras por parte de corporaciones multinacionales, se deriva una progresiva concentración administrada por complejos agroindustriales (Kröger, 2014) que trasladan las externalidades ambientales al ámbito local.

La materialización del modelo productivo tiene una clara expresión espacial en Uruguay. En la actualidad, la forestación comercial se encuentra fuertemente concentrada en núcleos de concentración forestal consolidados, particularmente en las regiones centro-noreste y el litoral oeste del país (CERES, 2023). Ante la saturación territorial de dichos núcleos, resulta indispensable analizar las dinámicas espaciales, las normativas vigentes y las demandas del mercado para comprender y proyectar las trayectorias de los nuevos frentes de expansión forestal hacia las regiones emergentes del territorio.

2.4 Evolución espacio-temporal y actualidad del sector forestal en Uruguay

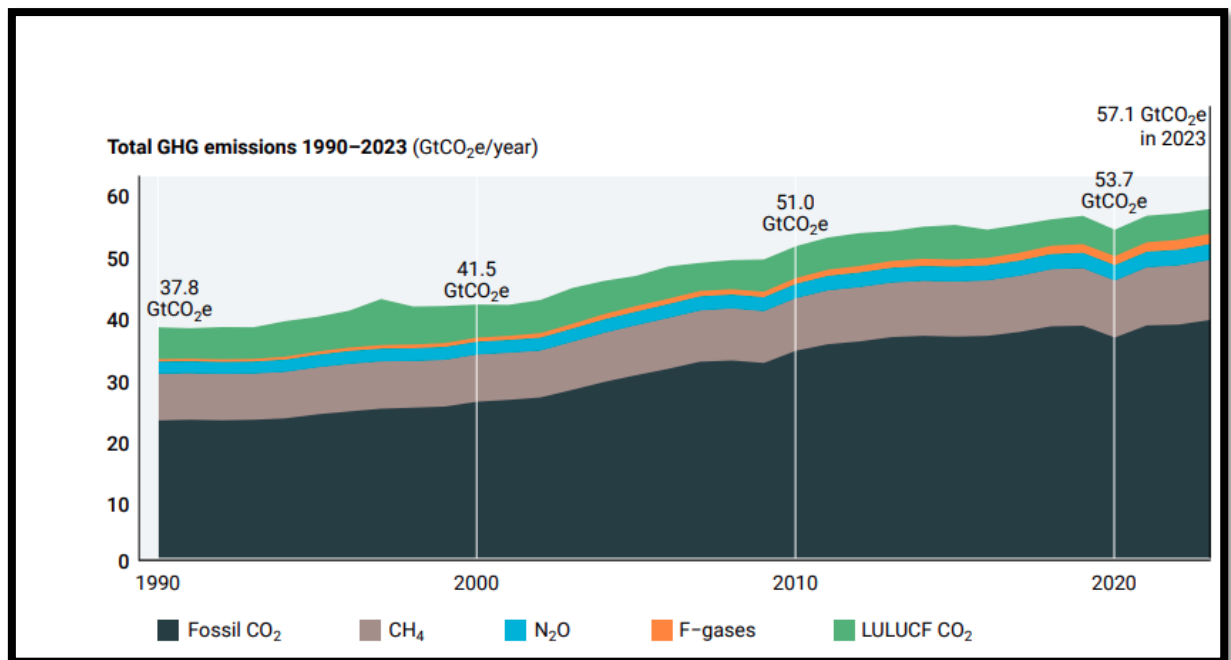


Figura 1: Emisiones de gases de efecto invernadero para el período 1990-2023 Fuente: Extraído de Emissions Gap Report. (PNUMA, 2024). Se observa como las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado considerablemente en los últimos 30 años. LULUCF es “Land Use, Land-Use Change and Forestry”

Como se evidencia en la evolución temporal de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Figura 1), los sostenidos incrementos de estos valores en las últimas décadas funcionan como argumento para la búsqueda de mecanismos de mitigación a nivel mundial. En este contexto, las instituciones internacionales y los mercados operan como agentes estructuradores del ordenamiento territorial, impulsando modificaciones en el uso del espacio a través de normativas amparadas por los Estados nacionales.

La expansión forestal comercial en Uruguay está fuertemente vinculada a la producción de pulpa de celulosa y a la planificación territorial de las últimas décadas. El Informe JICA (1985, 1999) ya proyectaba la instalación de plantas industriales y estimaba el crecimiento de superficie forestada necesario para abastecerlas. Estas proyecciones situaban a la región este como un área estratégica, cuya viabilidad actual depende de la reactivación logística de la cuenca de la Laguna Merín y la Laguna de los Patos. La proyección del dragado y navegabilidad del canal San Gonzalo configurarían una vía fluvial directa hacia los puertos brasileños, facilitando la extracción de productos agroforestales. Asimismo, la eventual modernización del puerto oceánico de La Paloma y el desarrollo de terminales portuarias en la Laguna Merín permitirían reconfigurar la infraestructura logística, ampliando las capacidades de exportación de la región.

A nivel institucional, los documentos oficiales de promoción de inversiones (como los de Uruguay XXI) reflejan una política de Estado orientada a la atracción de capitales extranjeros mediante marcos regulatorios y fiscales favorables. Como resultado de esta apertura, a comienzos del siglo XXI, la gran mayoría de las tierras forestadas pasaron a ser administradas por tres grandes consorcios: Montes del Plata (MdP), Forestal Oriental y Weyerhaeuser (Bacchetta, 2013). De acuerdo con la Cartografía Forestal Nacional (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General Forestal [MGAP, DGF], 2024), la superficie forestada a nivel nacional ha superado el millón de hectáreas, consolidando una sustitución a gran escala del bioma de pastizales.

Actualmente operan tres plantas de celulosa bajo el régimen de Zonas Francas. Dos de ellas pertenecen a UPM-Kymmene Corporation y se ubican en Fray Bentos y Durazno. Su funcionamiento se articula a través de sectores especializados: UPM Celulosa, responsable de la gestión industrial de las fábricas; UPM Forestal Oriental, encargada de la administración de viveros y del abastecimiento de materia prima; y la Fundación UPM, que desarrolla acciones de responsabilidad social corporativa en los ámbitos comunitario, educativo y local, funcionando también como una estrategia de legitimación institucional o “*greenwashing*”. Por otro lado, la tercera planta está ubicada en Conchillas (Colonia) y pertenece a Montes del Plata, un consorcio constituido en 2009 por la fusión entre la sueco-finlandesa Stora Enso y la empresa chilena Arauco. Estas instalaciones (UPM y Montes del Plata) se sitúan estratégicamente en proximidad a los polos forestales del norte (Rivera, Tacuarembó) y el litoral oeste (Paysandú y Río Negro). La viabilidad de estos complejos depende de una red logística altamente articulada,

dado que el costo de transporte es una de las variables críticas para la rentabilidad del sector (Caraballo *et al.*, 2021; Laverde-Albaracín *et al.*, 2026; Souto *et al.*, 2018). El traslado de la materia prima se apoya intensamente en los principales corredores viales. Adicionalmente, Montes del Plata utiliza barcazas de gran porte para el transporte fluvial desde el litoral y exporta directamente desde su terminal portuaria, mientras que Botnia-UPM canaliza su producción a través del puerto de Nueva Palmira y traslada a través de Ferrocarril Central la producción de UPM 2 hacia Montevideo. En conjunto, la base de abastecimiento territorial de estos complejos industriales abarca aproximadamente 406.000 hectáreas (Ceroni *et al.*, 2022), evidenciando la magnitud espacial del modelo industrial forestal en el país. A diferencia de países como Brasil o Chile, la industria celulósica en Uruguay es completamente de propiedad extranjera, procesan madera en zonas libres de impuestos y no pagan tributos al gobierno nacional (Klein y Vidal, 2022; Kröger y Ehrnström-Fuentes, 2022).

El avance del sector forestal transiciona hacia la valorización energética, no solamente limitándose a la producción de celulosa. Como advierte Freire Ordóñez *et al.* (2022), las exigencias globales de descarbonización impulsan la evolución hacia modelos de biorrefinerías, donde la biomasa residual se reposiciona como insumo principal para la síntesis de biocombustibles avanzados, hidrógeno verde y electro combustibles (e-fuels). Esta urgencia por abastecer mercados emergentes se traduce en una presión directa sobre el uso del suelo (Di Pietro, 2019), impulsada por metas internacionales como el incremento en la producción de Combustible de Aviación Sostenible (SAF, por sus siglas en inglés) (Ministry of Land, Infrastructure and Transport [MOLIT], 2025). Estas demandas configuran mercados fuertemente institucionalizados (Bastos Lima, 2021) que viabilizan la transición energética de las economías centrales. Dicha diversificación tecnológica transforma a la biomasa en un activo estratégico, proyectando una inminente expansión territorial hacia áreas de aptitud emergente, como la región este del Uruguay.

La reestructuración territorial hacia el área de la Cuchilla Grande (departamentos de Cerro Largo, Lavalleja, Treinta y Tres, Rocha y Maldonado), se ve impulsada por la convergencia de ventajas comparativas: Precios de la tierra relativamente más bajos que el promedio nacional (MGAP-DIEA, 2026), cercanía al Océano Atlántico y futura concreción de la hidrovía Laguna Merín – Lagoa dos Patos acortando las distancias de las exportaciones y el costo de transporte, Suelos de Prioridad Forestal disponibles en cuenca alta (ver Figura 2, p.28), una matriz arrocera preexistente facilitando las rotaciones invernales con *Brassica carinata*

para biocombustibles y disponibilidad hídrica para la forestación y proyectos industriales como el hidrógeno verde. Este escenario resulta ideal para las estrategias de diversificación financiera y productiva por las empresas multinacionales forestales ante la volatilidad del precio de la celulosa, amparadas bajo las metas globales de descarbonización.

Frente a la actual y futura configuración espacial, la presente investigación surge de la necesidad de cuantificar y analizar las dinámicas territoriales en la región este. El propósito central es aportar información geoespacial y generar conocimiento actual y futuro sobre las trayectorias de expansión de la frontera agroforestal.

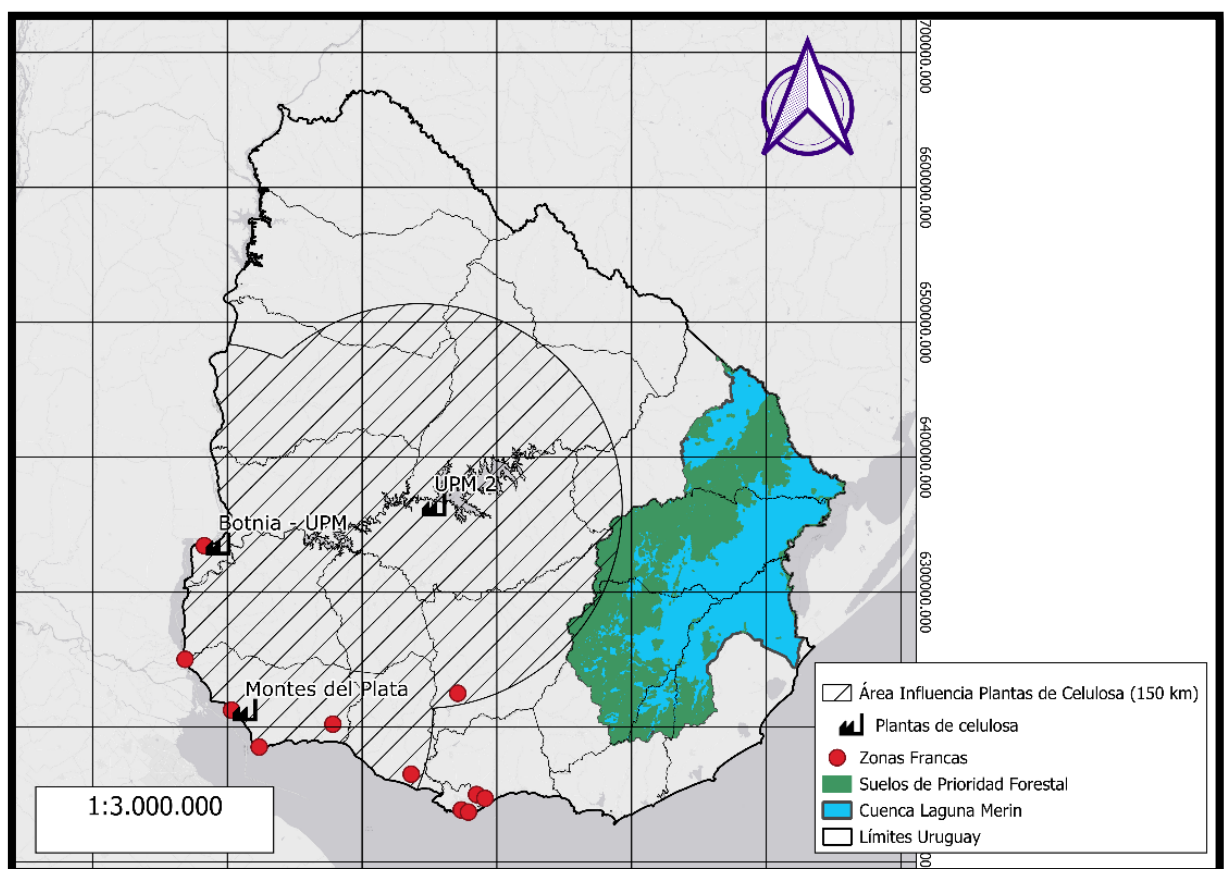


Figura 2: Áreas de influencia de las industrias forestales en el país. Fuente: Elaboración Propia. Considera el área de influencia en base a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón. La Cuenca de la Laguna Merín se mantiene por fuera del área de influencia.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

Evaluar los factores condicionantes y las tendencias de expansión futura del sector forestal hacia la región este del Uruguay.

3.2 Objetivos específicos:

1. Analizar el marco de gobernanza territorial y sistematizar la regulación del sector forestal.
2. Cuantificar y espacializar la expansión forestal en la región de estudio.
3. Identificar la variabilidad transicional de los usos de suelo vinculados al sector forestal.
4. Determinar las áreas con mayor factibilidad de expansión forestal a futuro.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Delimitación espacial y temporal de la cuenca

El área de estudio comprende la porción uruguaya de la región hidrográfica de la cuenca de la Laguna Merín, la cual abarca una superficie de 27.892 km² dentro del territorio nacional (Ministerio de Ambiente, 2021). A nivel político-administrativo, la cuenca integra la totalidad del departamento de Treinta y Tres y se extiende parcialmente sobre los departamentos de Cerro Largo, Rocha, Maldonado y Lavalleja (Ministerio de Ambiente, 2021). La selección de esta cuenca como área de estudio responde a tres criterios fundamentales. En primer lugar, concentra una proporción significativa de Suelos de Prioridad Forestal, presentando extensas áreas de bajo índice de productividad agronómica-ganadera (Índice CONEAT). En segundo lugar, constituye una cuenca transfronteriza compartida con Brasil, conformando el sistema binacional Laguna Merín – Lagoa dos Patos, el cual se proyecta como un corredor logístico y fluvial estratégico para la exportación agroindustrial. Por su parte, el análisis de la dinámica espacio-temporal se delimitó para el período comprendido entre los años 2004 y 2024, estructurando la evaluación en intervalos decenales (2004, 2014 y 2024). Esta ventana temporal se justifica en tres variables: A nivel forestal, se ajusta al ciclo biológico de rotación de *Eucalyptus* spp. (10 a 12 años), permitiendo capturar transiciones de cobertura. A nivel agroindustrial, coincide con hitos de reconfiguración logística. Para 2004, se considera la línea base de la llegada de instalaciones de plantas de celulosa al país y previo a la Ley N.º 18.308 “Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible” (Poder Legislativo, 2008). El año 2014, refleja la presión del abastecimiento por parte de plantas de celulosa como UPM y Montes del Plata. Ya 2024 representa el escenario contemporáneo con UPM 2 y, a nivel técnico, coincide con los últimos datos disponibles y publicados por el proyecto MapBiomias Colección 3 de Uruguay², accediendo a una fuente de datos confiable y robusta.

4.2 Gradiente geomorfológico regional y Suelos de Prioridad Forestal

Desde el punto de vista geomorfológico regional, la cuenca se caracteriza por un descenso altimétrico que progresa desde el extremo occidental hacia la depresión sedimentaria oriental. En este gradiente se distinguen varias unidades paisajísticas: Serranías, Colinas y

² <https://uruguay.mapbiomas.org>

Lomadas, Planicies y Llanuras Fluviales (Achkar *et al.*, 2012). En el sector norte y oeste destaca la unidad paisajística de “Sierras del Este”, definida por un relieve ondulado y suelos de escasa profundidad (Achkar *et al.*, 2012) destinados principalmente a la ganadería extensiva. Desde una visión funcional, esta región se enmarca en el sistema de la Cuchilla Grande, donde de acuerdo con la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999) y al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (Durán *et al.*, 1999), el paisaje presenta pendientes que oscilan entre los 3% y valores superiores al 30%. Este relieve presenta un rápido drenaje que limita el desarrollo de cultivos agrícolas tradicionales. Sin embargo, la profundidad de ciertas formaciones de suelo permite un almacenamiento de agua subsuperficial clave a través de los acuíferos que se extienden por la cadena de sierras altas. Debido a estas características del suelo, gran parte de esta área ha sido clasificada normativamente bajo la denominación de “Suelos de Prioridad Forestal” (Ley N.º 15.939, Poder Legislativo, 1987), categoría jurídica que direcciona activamente la expansión del sector hacia estas zonas de relieve serrano. Específicamente la presión forestal se concentra sobre los grupos de suelos 2.11a, 2.11b, 2.12, 2.14 y 2.20 (Comisión Nacional de Estudio Agronómico de la Tierra [CONEAT], 1976), sustituyendo la pradera natural estival.

4.3 Dinámica hídrica y áreas de recarga en la Cuchilla Grande

Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona de sierras se asienta sobre el basamento cristalino, compuesto por granitos, gneises, anfíbolitas y esquistos, e incluye cinturones metamórficos y secuencias volcánico-sedimentarias (MVOTMA - DINAGUA, 2017). Específicamente, el área serrana está dominada por rocas ígneas precámbricas, mientras que la zona de planicies adyacentes se identifica como una cuenca sedimentaria fanerozoica (Nuñez Demarco *et al.*, 2018). En los macizos cristalinos, el agua se almacena exclusivamente en sistemas de fracturas, dando lugar a acuíferos cuya capacidad varía según la naturaleza de la roca (MVOTMA - DINAGUA, 2017).

El capital hídrico de la Cuchilla Grande constituye uno de los ejes estructurales más importantes del país. Esta formación alberga reservas subsuperficiales de agua cruciales y opera como gran divisora de aguas a nivel nacional. Hacia su vertiente oriental da origen a la red de drenajes de la Cuenca Laguna Merín, mientras que sus vertientes occidentales constituyen el área de recarga hídrica crítica de las cuencas del Río Negro y del Santa Lucía, dependiendo de

esta última el abastecimiento de agua potable de aproximadamente el 60% de la población uruguaya (Achkar *et al.*, 2012).

Las dinámicas estructurales sumadas a su rol como divisoria de aguas respecto a otras cuencas nacionales, otorga al sistema una alta vulnerabilidad ante alteraciones drásticas en la cobertura de suelo, las cuales pueden afectar drásticamente la disponibilidad hídrica regional (Silveira *et al.*, 2006). Al implantarse monocultivos forestales en las cabeceras de recarga hídrica en la zona de Cuchilla Grande, el agua de precipitación que percola rápidamente por el suelo es interceptada. Los sistemas radiculares profundos de los eucaliptos logran acceder a las fracturas y grietas de la roca madre, compitiendo de forma directa con la recarga de los ríos y arroyos principales que derivan de las vertientes serranas. Así, la forestación en las zonas altas representa un impacto de magnitud crítica capaz de transformarse en un riesgo para la seguridad hídrica nacional.

4.4 Aptitud climática y tendencias pluviométricas del área

La región se inscribe en una zona templada húmeda, con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 16° C y 17° C. El régimen pluviométrico se sitúa históricamente entre las franjas de 1100 a 1300 mm anuales (MVOTMA - DINAGUA, 2017). No obstante, Serrentino *et al.* (2014) advierten un corrimiento de la isoyeta de 1350 mm hacia el sur en las últimas décadas. Esta tendencia evidencia un incremento de la precipitación anual, elevando considerablemente la carga hídrica del sistema, lo que genera impactos a nivel fitoclimatológico (Serrentino *et al.*, 2014) y favorece comparativamente la rentabilidad de las plantaciones forestales. Existe asimismo un gradiente atmosférico desde la costa hacia el interior, en el cual la planicie baja presenta mayores velocidades de vientos húmedos, mientras que las zonas altas de sierras registran una menor velocidad eólica.

4.5 Configuración de la red fluvial superficial y vinculación con áreas de protección ambiental

La red de drenaje superficial oriental está compuesta por cursos fluviales de gran relevancia territorial, tales como los ríos Yaguarón, Cebollatí, Olimar Grande, Tacuarí, Parao y San Luis (Ministerio de Ambiente, 2023) que se forman debido a la recarga hídrica proveniente de las zonas altas de Cuchilla Grande. Hacia la cuenca baja, las planicies de inundación integran el Sitio Ramsar “Bañados del Este y Franja Costera”, un área protegida

caracterizada por sus extensas y complejas formaciones vegetales hidrófilas (Barreneche y Zarucki, 2017; Céspedes-Payret, 1995). Esta zona de planicies sedimentarias y humedales ha sido históricamente modificada por obras de canalización y desecamiento del sector arrocero, el cual domina la matriz productiva de la llanura (Kruk *et al.* 2022; MVOTMA - DINAGUA, 2017). En contraste, la cuenca alta alberga el área protegida de “Quebrada de los Cuervos y Sierras del Yerbal”, la cual ingresó al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en el 2008 y constituye un refugio para una gran diversidad de especies vegetales autóctonas y bosques de quebrada. Finalmente, en la zona noreste dentro del departamento de Cerro Largo, se localiza el área “Paso Centurión y Sierra de Ríos”, una reserva de alta sensibilidad ambiental (ver Figura 3 y Figura 4, p.34).



Figura 3: Sistema Nacional de Áreas Protegidas [SNAP]. Ministerio de Ambiente (2026). Extraído de <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/es-snap>

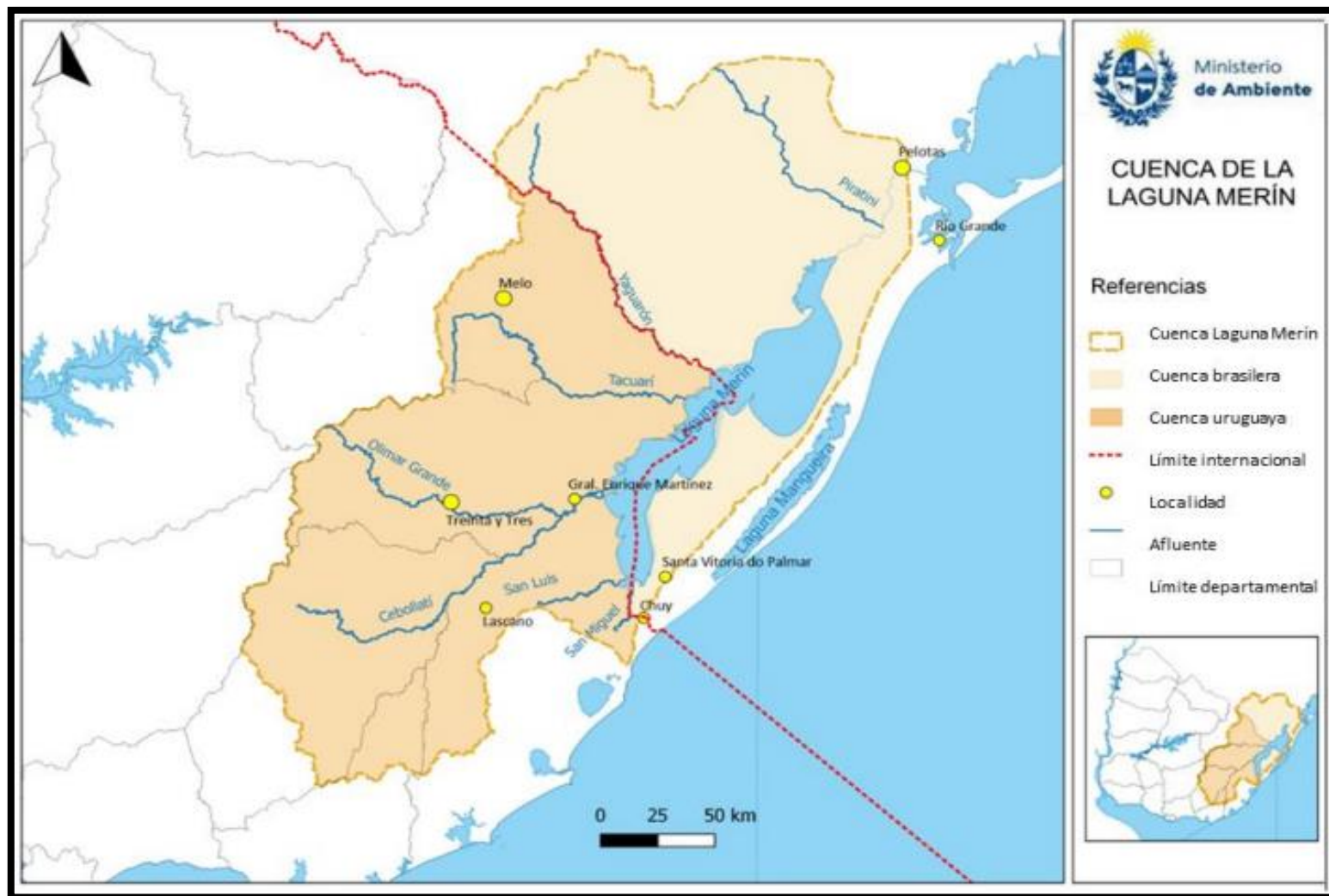


Figura 4: Cuenca de la Laguna Merín - Lagoa Dos Patos Fuente: Ministerio de Ambiente. (2023).

4.6 Reconfiguración del paisaje y actores sociales en la gobernanza hídrica local

En las últimas décadas, la cuenca ha experimentado una profunda transformación paisajística impulsada por el avance de la frontera forestal. Organizaciones como la “Asamblea Hue Miri” han manifestado preocupación por las alteraciones ambientales y el desplazamiento de los sistemas de producción tradicionales. Este proceso se refleja en la pérdida de aproximadamente 12.000 explotaciones pequeñas a nivel nacional, evidenciando un proceso en la tenencia de la tierra que se concentra en sociedades anónimas, reemplazando áreas dominadas históricamente por campo natural (Chouhy *et al.*, 2022). Existen órganos consultivos como “Consejo Regional de Recursos Hídricos para la Cuenca de la Laguna Merín”, siendo un asesor de apoyo y gestión para la ejecución de planes en materia de recursos hídrico en vinculación a organizaciones sociales.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño metodológico se estructuró en cuatro fases secuenciales. La primera etapa abordó el análisis documental y la espacialización de las normativas de ordenamiento territorial. La segunda fase se centró en la cuantificación de las coberturas y uso de suelo mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), software de uso libre que permite almacenar, organizar, manipular y analizar datos geoespaciales. La tercera fase analizó las transiciones de uso del suelo vinculados al sector forestal. Finalmente, la cuarta fase consistió en el desarrollo de un modelo espacial proyectivo para evaluar la factibilidad de expansión forestal sobre los suelos normativamente habilitados.

5.1 Análisis y sistematización de normativa:

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, se procedió al análisis de la normativa territorial aplicable a la Cuenca de la Laguna Merín. Como marco jurídico general, se consideraron la Ley N.º18308 (Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible) del año 2008 (Poder Legislativo, 2008) la cual establece la gobernanza de los instrumentos de ordenamiento territorial, en articulación con la Ley N.º 15939 (Ley Forestal – Fondo Forestal – Recursos Naturales) del año 1987 (Poder Legislativo, 1987). Los Instrumentos de Ordenamiento Territorial (IOT) constituyen un conjunto de normas, planes y directrices que regulan y orientan el uso, transformación y conservación del espacio explicitados en la Ley N.º18308. Según su escala de jurisdicción, se clasifican en instrumentos nacionales, regionales, departamentales o locales.

La fase de recopilación de los IOT se realizó a través del “Sistema de Información Territorial” (SIT), plataforma oficial del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (Geoportal MVOT, DINOT, 2025. <https://geoportal.mvot.gub.uy/sitio/portal/>). Se procedió a seleccionar la información correspondiente en formato *.shapefile* (formato de información geoespacial en forma de vectores), siendo procesada a través de un Sistema de Información Geográfica (QGIS, versión 3.40 Long Term Release), filtrando espacialmente aquellos instrumentos con incidencia directa sobre el área de estudio. Para el procesamiento de los IOT y el marco legal, se aplicó una metodología cualitativa de análisis documental sistemático, identificando regulaciones explícitas con impacto en la actividad forestal. El procedimiento consistió en una revisión estructurada de la totalidad del cuerpo legal normativo, excluyendo

secciones preambulares y memorias descriptivas, donde se extrajeron restricciones, incentivos y condicionantes vinculados a la actividad forestal.

Los datos obtenidos fueron estructurados en tablas analíticas de registro. Cada regulación detectada se sistematizó asociando el nombre legal del IOT con los parámetros espaciales correspondientes (fajas de amortiguación, usos permitidos, prohibidos o condicionados, exigencias de retiros hídricos, entre otros). Esta matriz permitió evidenciar y comparar asimetrías regulatorias entre las distintas administraciones departamentales y su materialización sobre el territorio. Dicha base de datos constituirá el insumo principal para la fase de discusión, permitiendo contrastar empíricamente la norma prescrita frente a los cambios de uso del suelo detectados en el análisis espacial.

En total, se sistematizaron 13 IOT y leyes vigentes al año 2026, estructurados de la siguiente manera:

- **Políticas nacionales:**
 - Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley N.º 18308, 2008) y Ley Forestal – Fondo Forestal – Recursos Naturales (Ley N.º 15939, 1987).
- **Estrategias regionales:**
 - Estrategias Regionales de la Región Este (Decreto 360/013)
- **Directrices departamentales:**
 - Directrices correspondientes a los departamentos de Cerro Largo (Decreto 61/16), Lavalleja (Decreto 3571/2019), Maldonado (Decreto 3867/010), Rocha (Decreto 3/2014) y Treinta y Tres (Decreto 07/013).
- **Ordenanzas departamentales:**
 - Ordenanza Departamental de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Treinta y Tres (Decreto 14/2025).
- **Planes Locales:**
 - Plan Local Laguna Merín (Decreto 66/011), Plan Local de Treinta y Tres y su microrregión (Decreto 43/018), Plan Local de Villa Serrana y su entorno (Decreto 3701/021), y el Plan Local de la Ciudad de Vergara y su microrregión (Decreto 19/022).

5.2 Cuantificación espacial y análisis temporal de uso del suelo:

Para abordar el segundo objetivo específico, centrado en la cuantificación de la expansión forestal y los cambios de uso del suelo, se adoptó un enfoque basado en análisis de datos espaciales secundarios. La investigación se apoyó en los productos cartográficos de la Colección 3 del Proyecto “MapBiomás Uruguay (2025)”. Se utilizaron mapas anuales de cobertura y uso de suelo derivados del procesamiento de la serie histórica de imágenes del programa Landsat 5 y 8, con una resolución espacial de 30 metros que se refiere al tamaño de pixel de la imagen. El proyecto “MapBiomás Uruguay”³ genera la información geoespacial mediante la clasificación espacial píxel a píxel de imágenes satelitales Landsat (Figura 5). Este procesamiento masivo se ejecuta en la nube a través de la plataforma *Google Earth Engine*, aplicando algoritmos avanzados de aprendizaje automático (*machine learning*).

Comparativa de Satélites: Landsat 5 vs Landsat 8		
Característica	Landsat 5	Landsat 8
Fecha de Lanzamiento	1 de marzo de 1984	11 de febrero de 2013
Estado actual	Misión finalizada (2013)	Operativo
Sensores Principales	TM (Thematic Mapper) MSS (Multispectral Scanner)	OLI (Operational Land Imager) y TIRS (Thermal Infrared Sensor)
Resolución Espacial	30 m (Visible, NIR, SWIR) 120 m (Térmica)	30 m (Visible, NIR, SWIR), 15 m (Pancromática), 100 m (Térmica)
Altitud de Órbita	705 km	705 km
Tiempo de Revisita	16 días	16 días (8 días en tándem con Landsat 9)
Bandas Espectrales	7 bandas (TM)	11 bandas

Figura 5: Características de satélites utilizados para el análisis. Se observan las especificaciones de cada uno de los satélites.

Desde esta plataforma, se extrajeron los archivos ráster y los datos estadísticos correspondientes a los años seleccionados para la investigación: 2004, 2014 y 2024. El

³ <https://uruguay.mapbiomas.org>

agrupamiento de clases temáticas se ajustó al Nivel 3 de la leyenda de MapBiomias Uruguay⁴ para las coberturas generales (Bosque Nativo, Pantano y Pastizal Inundable, Pastizales, Pasturas, Agricultura, Plantaciones de Pinos, Plantaciones de Eucaliptos, Otros usos forestales, Cuerpos de agua y Áreas sin vegetación)⁵.

El geoprocesamiento se realizó en QGIS. Inicialmente, se aplicaron herramientas de extracción por máscara para delimitar los rásteres al área de la cuenca de la Laguna Merín. A partir de estas matrices, se calcularon las dinámicas de reemplazo espacio-temporal a nivel general. Posteriormente, para comprender la distribución territorial a escala subregional, se procedió a realizar un análisis de estadística zonal, cruzando las capas de uso del suelo con la cartografía vectorial correspondiente a las Unidades Paisajísticas (Sierras del Este, Praderas del Este, Praderas del Noreste y Planicies) y los límites departamentales.

A efectos de validar el cumplimiento normativo de la expansión detectada, se integró al Sistema de Información Geográfica la capa vectorial oficial de Suelos de Prioridad Forestal (SPF). Mediante herramientas de intersección espacial (*Intersect*), se calculó el grado de coincidencia entre las plantaciones efectivamente establecidas en los cortes temporales analizados y las áreas jurídicamente categorizadas para dicho fin.

Cabe destacar que, para garantizar el máximo rigor cuantitativo en el análisis zonal y subregional, las superficies cartografiadas fueron calculadas mediante una distribución proporcional basada en representatividad espacial por histograma zonal en SIG. Estos valores fueron posteriormente ajustados a los totales estadísticos oficiales provistos por la plataforma MapBiomias Uruguay, con el propósito de corregir posibles discrepancias geodésicas y minimizar los efectos de borde generados durante los procesos de corte vectorial.

Finalmente, para espacializar los resultados, se generaron salidas gráficas temáticas y mapas de síntesis de comparación para cada año definido (2004-2014 y 2014-2024). Estos productos cartográficos se elaboraron con el fin de comparar visualmente las transformaciones del territorio, facilitando la interpretación geográfica y evidenciando las áreas específicas de avance de los monocultivos forestales sobre la matriz paisajística preexistente.

⁴ <https://uruguay.mapbiomas.org>

⁵ Ver **ANEXO** para definición de cada una de las Categorías seleccionadas.

5.3 Identificación de transiciones forestales

Con el propósito de abordar el tercer objetivo específico, se emplearon los mapas de cobertura de la Colección 3 de MapBiomass Uruguay⁶ correspondientes a cada período analizado. Se cuantificaron las transiciones espacio-temporales del uso de suelo mediante la utilización del complemento MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Evaluation*) en QGIS. Se calcularon las matrices de transición y se identificaron espacialmente las dinámicas de cambio de uso del suelo. Finalmente, sobre la capa ráster resultante, se ejecutó la herramienta de “informe de valores únicos” para cuantificar la superficie abarcada para cada categoría de transición. Estos valores fueron convertidos a hectáreas, lo que permitió elaborar la cartografía temática y gráficos con las clases más relevantes transformadas a la actividad forestal.

5.4 Modelado de factibilidad a la expansión forestal

Para el abordaje del cuarto objetivo específico, se desarrolló un Análisis Multicriterio Espacial orientado a identificar las áreas con mayor probabilidad de transformación hacia la actividad forestal. El modelo se estructuró bajo un enfoque de la rentabilidad económica, asumiendo que los costos de transporte constituyen la variable determinante en la localización de nuevas plantaciones.

Los criterios incluyeron variables vinculadas a distancia logística. Se realizaron distancias euclidianas a la red vial, vías férreas y cursos navegables. Mediante un proceso de superposición ponderada, se integraron estos factores asignando un peso relativo a cada parcela de “Suelo de Prioridad Forestal Disponible” según su impacto en la posible transición futura a forestal. Para cuantificar la superposición ponderada se aplicó un geoprocésamiento de estadística zonal sobre formatos ráster, permitiendo calcular el grado de solapamiento de los valores ponderados con el suelo.

Por el lado de las restricciones espaciales, el modelo se enmarca dentro de especificaciones del marco normativo y suelos disponibles. La ecuación de propensión a ser forestado se limitó exclusivamente a los Suelos de Prioridad Forestal (CONEAT, 1976) que aún no se encontraban bajo uso forestal al final del período analizado (2024). Además, se integraron zonas de exclusión y de uso prohibido a las categorías de suelo rural natural, así

⁶ <https://uruguay.mapbiomas.org>

como especificaciones de normativas departamentales vinculadas a cursos de agua, centros poblados y vías férreas.

El resultado de este análisis permitió generar una cartografía temática predictiva, zonificando el territorio de la cuenca según su grado de susceptibilidad. Como componente y en virtud de proyecciones recientes, se incorporó una simulación de escenario hipotético de intensificación de la demanda. Para ello, se proyectó la localización teórica de nuevos nodos industriales dentro de la región, incluyendo una planta de celulosa, biorrefinerías e hidrógeno verde y dos terminales portuarias sobre la Laguna Merín. El impacto se evaluó mediante el modelado de distancias isocrónicas estructuradas a partir de la red de transporte real, ejecutado mediante el complemento de QGIS Network Analysis Toolbox 3 (QNEAT3), adición que permite calcular matrices de distancia y rutas óptimas. Estos mapas resultan fundamentales para visualizar la presión territorial que podría ejercer la consolidación de la actividad agroindustrial forestal sobre el área.

6. RESULTADOS

6.1 Marco Jurídico Nacional

El análisis de la distribución espacial de la forestación en la Cuenca de la Laguna Merín exige comprender el marco normativo que regula el uso del suelo forestal en Uruguay. Desde hace algunos años, este escenario se enmarca en la coexistencia de dos leyes nacionales: La “Ley Forestal – Fondo Forestal – Recursos Naturales” (N.º 15.939) y la “Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible” (N.º 18.308).

6.1.1 Ley Forestal – Fondo Forestal – Recursos Naturales

Promulgada en 1987, la “Ley Forestal” funciona como el principal marco institucional para la expansión del monocultivo con especies de rápido crecimiento. Con condición esencial, el Artículo 1 de la Ley declara de interés nacional la política forestal. A través de su Artículo 4, se define jurídicamente y de forma utilitarista al “bosque” como una asociación vegetal orientada a “*producir madera u otros productos forestales*”. Para materializar esta producción, en el Artículo 5 Literal B se asigna al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) la facultad de delimitar de forma exclusiva los denominados “Suelos de Prioridad Forestal”. Esto demuestra el carácter estrictamente económico para definir la utilidad del suelo, lógica que fue consolidada mediante su Artículo 39, el cual otorga a las plantaciones un paquete de exoneraciones impositivas y tributarias diseñado para maximizar su rentabilidad. A esto se suma el Artículo 66, que define la exoneración impositiva para las materias primas destinadas al procesamiento maderero nacional.

Mediante el marco legal de la Ley Forestal, el Estado uruguayo funciona como un precursor del ordenamiento territorial de hecho. Al implantar zonificaciones, delimitar áreas exclusivas y crear un Fondo Forestal para el desarrollo del rubro, el Estado impulsa una vocación al territorio basada exclusivamente en aptitudes de rendimiento económico. Apoyada en índices agronómicos como el CONEAT, esta planificación centralizada en el Poder Ejecutivo no considera las particularidades sociodemográficas y ecológicas a escalas locales.

6.1.2 Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible

Frente a las lógicas productivistas de la Ley Forestal, la promulgación de la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Poder Legislativo, 2008) significó un cambio en el ordenamiento y la gestión del territorio nacional. Esta norma institucionaliza un enfoque descentralizado y también de interés general estableciendo un conjunto de acciones que buscan garantizar el uso y el aprovechamiento ambientalmente sustentable y democrático de los recursos naturales. Para ello, explicita en su Artículo 5 consagra principios rectores fundamentales: la descentralización de la planificación territorial, la conciliación del desarrollo económico y la prevención de conflictos con incidencia territorial.

La potestad y competencia de la ley se transfiere hacia poderes de escala departamental, brindándole la capacidad de ordenar el territorio a los Gobiernos Departamentales (Intendencias) y habilitándoles de forma exclusiva, la elaboración de IOT. Es a través de esta amplia variedad de IOT que las Intendencias dictaminan su modelo de desarrollo y materializan las políticas de uso del suelo a largo plazo.

El Artículo 30 define las clases generales de suelo y el Artículo 31 explicita y estructura el suelo rural donde se incluyen las actividades agro-extractivas. La norma le brinda la facultad a las Intendencias de subdividir esta categoría en “Rural Productiva” (donde se inserta la actividad forestal) y la subcategoría “Rural Natural” (destinada a regímenes de protección y resguardo de ecosistemas). Bajo esta mirada, el Gobierno Departamental adquiere la autoridad absoluta para delimitar qué actividades están permitidas, condicionadas o estrictamente restringidas, habilitando la creación de zonas de exclusión o fajas de amortiguación.

La superposición de jurisdicciones genera un escenario de evidente inconsistencia normativa. En la práctica, zonas definidas por el Estado como “Suelos de Prioridad Forestal” quedan solapadas a áreas designadas como “Suelo Rural Natural”. En base a los datos analizados en el área de estudio, se cuantificaron más de 51.000 hectáreas categorizadas como suelo “Rural Natural” por los diferentes Instrumentos de Ordenamiento Territorial, mientras alrededor de 48.000 hectáreas (aproximadamente un 93%) se encuentran superpuestas sobre “Suelos de Prioridad Forestal” (ver Figura 6, p. 44). Como se observa en la Tabla 1 (p. 45), existe un choque entre la categorización departamental y la definición del suelo por parte de la ley nacional.

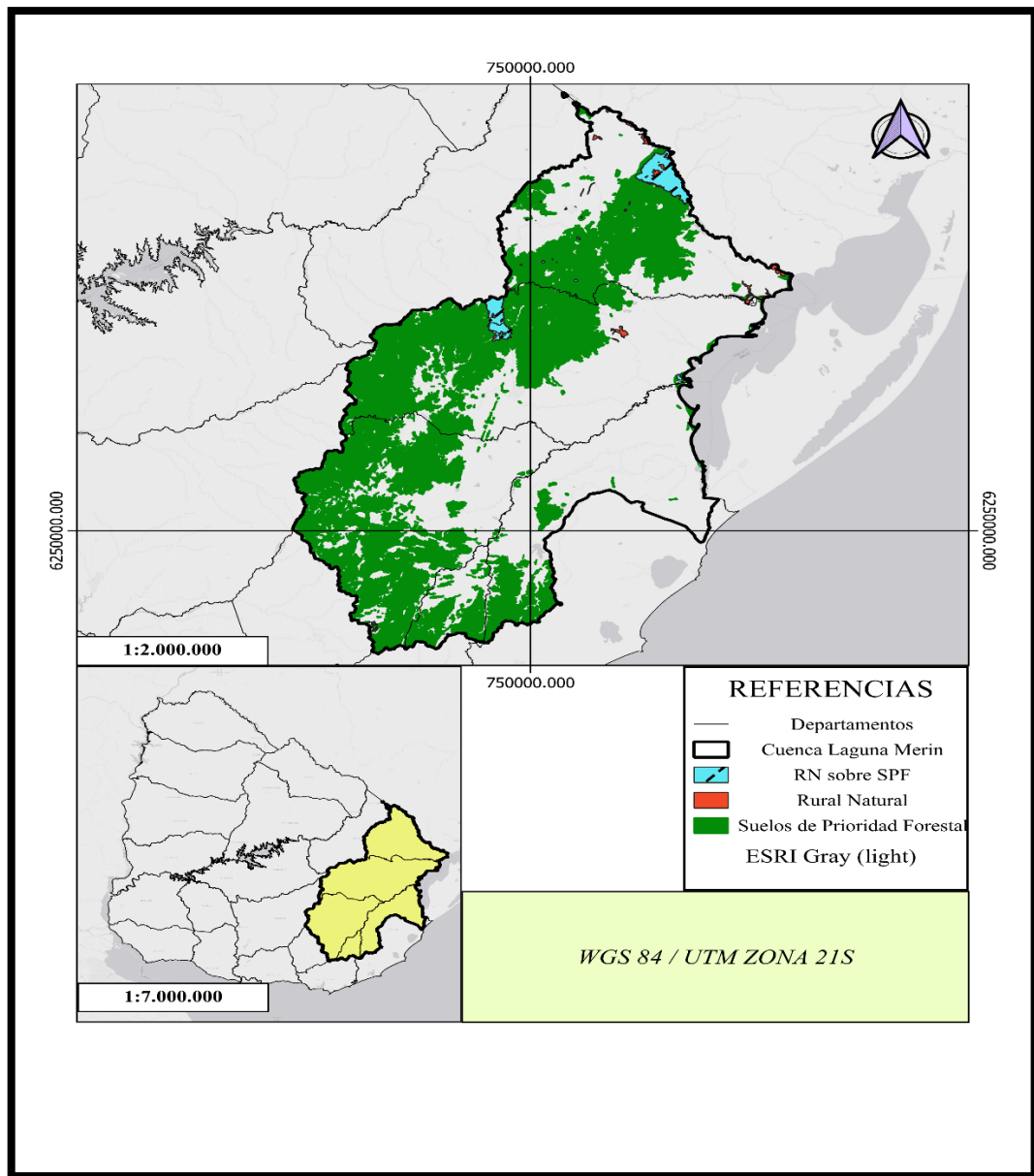


Figura 6: Distribución espacial de Suelos Rurales Naturales sobre Suelos de Prioridad Forestal en la Cuenca de la Laguna Merín. Se observa la mínima espacialidad de los suelos protegidos con respecto al área total y su solapamiento escalar con suelos de prioridad forestal.

En la Cuenca de la Laguna Merín, el desglose de Suelos de Prioridad Forestal (ver Figura 6) por departamento se aproxima a: Cerro Largo 377.000 hectáreas, Treinta y Tres 521.000 hectáreas, Lavalleja 407.000 hectáreas, Maldonado 60.800 hectáreas y Rocha 82.000 hectáreas.

Tabla 1: Superposición espacial entre Suelos Rurales Naturales y Suelos de Prioridad Forestal por departamento en la Cuenca de la Laguna Merín. Fuente: Elaboración Propia

Departamento	Área total en la cuenca (ha)	Área de Suelo Rural Natural (ha)	SRN sobre Prioridad Forestal (ha)	Superposición (%)
Treinta y Tres	927.408	16.002	14.567	91,03%
Cerro Largo	644.004	35.607	33.881	95,15%
Lavalleja	716.543	267	161	60,29%
Maldonado	107.511	NO CORRESPONDE	NO CORRESPONDE	x
Rocha	479.206	NO CORRESPONDE	NO CORRESPONDE	x
Total Cuenca	2.874.672	51.876	48.609	82,15%

Como evidencian los resultados, un gran porcentaje de las superficies categorizadas desde un enfoque de protección se encuentran sobre suelos definidos previamente como Prioridad Forestal por parte del MGAP. La gran mayoría de estas áreas se concentran en los departamentos de Cerro Largo y Treinta y Tres, ubicados en la región centro-norte de la Cuenca. Por parte de Lavalleja, un poco más de la mitad de su superficie Rural Natural está superpuesta a suelos de Prioridad Forestal. Con respecto a Maldonado y Rocha, ambos departamentos carecen de suelos Rural Natural dentro de los límites de la Cuenca.

6.2 Análisis del marco regulatorio departamental

En esta etapa se analizan los Instrumentos de Ordenamiento Territorial departamentales vigentes, analizando su contenido respecto a la actividad forestal para comprender cómo se materializan efectivamente las restricciones en el espacio. Se busca identificar y examinar los mecanismos jurídicos mediante los cuales las Intendencias regulan, condicionan o prohíben el avance del monocultivo forestal sobre sus jurisdicciones. El análisis se estructura abordando de manera individual cada departamento.

6.2.1 Cerro Largo

El ordenamiento territorial del departamento se rige por las Directrices Departamentales promulgadas mediante el Decreto 61/16 del 23 de diciembre de 2016. En este instrumento, el marco regulador principal de la actividad forestal se concentra en el Artículo 79, el cual establece disposiciones sumamente detalladas para el sector (ver Tabla 2, p. 47).

Esta directriz busca confinar la forestación comercial exclusivamente a los Suelos de Prioridad Forestal definidos por la Ley N° 15.939. Además, prohíbe explícitamente el desarrollo maderero en áreas de sensibilidad ecológica, declarando incompatible esta actividad sobre los Suelos Rurales Naturales.

En cuanto a la mitigación de los impactos territoriales, el decreto exige una serie de fajas de amortiguación y retiros frente a centros poblados, cursos de agua, rutas y áreas de valor paisajístico. Asimismo, se destaca la posibilidad excepcional de expandir la forestación por fuera de los suelos de prioridad, siempre y cuando la empresa asuma la responsabilidad directa del mantenimiento de la caminería pública afectada, compensando así su impacto logístico.

Por su parte, el Plan Local de Laguna Merín promulgado a través del Decreto Departamental 66/11, complementa esta visión garantizando el derecho a la explotación silvícola en aquellos suelos categorizados como “Rural Productivo”.

Tabla 2: *Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Cerro Largo*

Instrumentos	Regulación de Uso	Síntesis de la regulación
Directriz Departamental de Cerro Largo	Zonificación	Prohibición absoluta de forestar fuera de Suelos de Prioridad Forestal y restricción total en áreas de alta sensibilidad ambiental (Suelo Rural Natural, Reserva de Centurión y nacientes hídricas).
	Fajas de amortiguación	Distancias mínimas (buffers) libres de forestación respecto a centros poblados (2.000 m), cursos de agua y bosques nativos (20 m), e infraestructuras de transporte (12 m).
	Protección del paisaje	Prohibición de plantaciones que limiten la cuenca visual desde rutas nacionales hacia cerros patrimoniales (Guazunambi, Vichadero, Cuentas) y la Cuchilla de Cerro Largo.
	Actividad condicionada	Habilitación de forestar en áreas de "no prioridad" estrictamente condicionada a la ejecución de obras de mantenimiento en la caminería pública por parte de las empresas forestales.
Plan Local Laguna Merín	Habilitación Productiva	Garantiza el derecho a la explotación forestal en áreas categorizadas como Suelo Rural Productivo, excluyendo estos padrones de todo proceso de urbanización o fraccionamiento residencial para asegurar su uso agrícola.

6.2.2 Lavalleya

En el caso del departamento de Lavalleya, el área correspondiente a la Cuenca se rige por dos instrumentos. Por un lado, las Directrices Departamentales (Decreto 3589/2019) y, por el otro, el Plan Local de Villa Serrana (Decreto 3701/021). Respecto a la Directriz Departamental, el enfoque es hacia una macro-gestión, orientado a la tributación y a la contención espacial del modelo forestal hacia determinadas áreas. Por parte del Plan Local, las acciones son mucho más explícitas, tomando medidas de exclusión absoluta en ecosistemas de alta vulnerabilidad (ver Tabla 3, p. 48).

A escala departamental, se reconoce la producción forestal, se restringe espacialmente y se incentiva su localización exclusivamente en suelos de prioridad forestal, prohibiéndola en zonas de protección general. Además, se establece para este tipo de rubro un sistema fiscal compensatorio, definiendo rutas obligatorias para el tránsito pesado.

A nivel local, el enfoque está dado para proteger paisajes patrimoniales y áreas de alta biodiversidad. También, la forestación de rendimiento con especies exóticas se declara

expresamente incompatible con las categorías de suelo rural, limitando completamente el avance del monocultivo sobre el sistema serrano local.

Tabla 3: *Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Lavalleja*

Instrumentos	Regulación de Uso	Síntesis de la regulación
Directriz Departamental de Lavalleja	Zonificación	Incentiva la localización forestal de forma exclusiva en suelos de prioridad, estableciendo su prohibición absoluta en áreas catalogadas como de protección departamental.
	Regulaciones a nivel logístico y vial	Implementa un sistema fiscal compensatorio frente al deterioro de la caminería pública y restringe el transporte de carga forestal pesada a corredores logísticos específicos.
Plan Local de Villa Serrana	Protección de ecosistemas	Define a la forestación con especies exóticas como un uso incompatible, estableciendo el resguardo estricto de los afloramientos rocosos, el monte nativo y los corredores biológicos serranos.
	Limitación productiva	Restringe los usos del suelo en áreas patrimoniales de protección, limitando la actividad rural a la ganadería de sistema extensivo sobre pradera natural y al turismo, excluyendo el monocultivo de rendimiento.

6.2.3 Maldonado

El marco regulatorio del departamento de Maldonado se limita a la Directriz Departamental de Maldonado, promulgada mediante el Decreto 3866/2010. En este caso no se establecen prohibiciones explícitas ni fajas de amortiguación para la actividad forestal, sino que la incorpora estructuralmente como una actividad garantizada y promovida. Resulta interesante resaltar que, en este Instrumento, se incorpora la habilitación forestal en interfases urbano-rural del departamento.

En la Tabla 4 se expresa sistematizado lo expuesto en la Directriz de Maldonado.

Tabla 4: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Maldonado

Instrumento	Regulación de uso	Síntesis de regulaciones
Directriz Departamental de Maldonado	Habilitación en Suelos Rurales	Define y legitima a la explotación forestal como una actividad estructurante y constitutiva de las áreas categorizadas genéricamente como Suelo Rural.
	Promoción en Suelo Rural Productivo	Destina y promueve activamente la implantación de actividades forestales en el Suelo Rural Productivo, habilitando incluso la instalación de infraestructura para la transformación primaria de la madera.
	Incorporación Suelos Suburbanos	Crea la subcategoría de "Suelo Suburbano en Producción", garantizando la continuidad de la actividad forestal en zonas de interfase que presenten fraccionamientos no consolidados o carentes de edificación.

6.2.4 Rocha

El ordenamiento territorial regulado dentro de la Cuenca de la Laguna Merín por parte de Rocha se resume en la Directriz Departamental de Rocha. Desde la perspectiva departamental, el enfoque dado a la actividad forestal es genérico frente a la expansión forestal, en contraste a otros departamentos (ver Tabla 5). En este caso se observa un modelo de asimilación de la actividad forestal con la matriz productiva del departamento, estableciendo al suelo rural productivo como *“sujeto a lo que establezcan las disposiciones nacionales correspondientes”*, renunciando a su control y delegando la regulación ambiental y productiva directamente al marco jurídico nacional. Además, permite el establecimiento de procesos de transformación de las materias primas en vínculo a la actividad forestal, permitiendo la instalación de infraestructura de transformación primaria de la madera.

Tabla 5: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Rocha

Instrumento	Regulación de Uso	Síntesis de las regulaciones
Directriz Departamental de Rocha	Habilitación productiva	Coloca a la actividad forestal como un uso principal del Suelo Rural Productivo, amparando su expansión hacia zonas con aptitud silvícola no explotadas.
	Industrialización del rubro	Habilita la instalación de infraestructura para el procesamiento y transformación de materias primas forestales directamente en suelo rural.
	Subordinación a la norma nacional	Delega la regulación las posibles restricciones del uso productivo de forma exclusiva a las disposiciones nacionales, evitando la imposición de condicionantes y prohibiciones departamentales específicas.

6.2.5 Treinta y Tres

La regulación del territorio de Treinta y Tres se articula a través de una serie de Instrumentos los cuáles son el Plan Local de Treinta y Tres y su Micro Región (Decreto N°43/2018), el Plan Local de la Ciudad Vergara (Decreto N°19/2022), la Ordenanza Departamental (Decreto N°14/2025) y la Directriz Departamental de Treinta y Tres (Decreto N°07/2013). En rasgos generales, la normativa del departamento establece el confinamiento de proyectos forestales industriales a los Suelos de Prioridad Forestal, a su vez que limita la expansión hacia suelos accesorios no prioritarios mediante topes porcentuales por predio (ver Tabla 6). Al igual que Cerro Largo, impone un régimen de fajas de amortiguación para separar y proteger centros poblados, cursos de agua, la infraestructura vial y las áreas de interés patrimonial, prohibiendo de forma contundente la actividad forestal en las subcategorías de suelo de protección natural. También se prohíbe la apertura de nuevos caminos rurales estableciendo una vía de excepción exclusiva a favor de la actividad forestal.

Tabla 6: Matriz de regulaciones forestales para el departamento de Treinta y Tres

Instrumento	Regulación de Uso	Síntesis de las regulaciones
Directrices Departamental de Treinta y Tres	Fajas de Amortiguación y Retiros	Limita la actividad forestal a Suelos de Prioridad Forestal. Se establecen retiros para forestar de: 1.000m para localidades >500 hab. y 300m para <500 hab., 40m libres + 40m de baja densidad en nacientes, 20m en riberas de ríos/arroyos, 40m en áreas naturales/turísticas, 12m desde alambrados en rutas/vías férreas y radio de 30m en sitios arqueológicos.
	Límite en Suelos accesorios	Prohíbe la forestación industrial en subcategorías de Suelo Rural Natural (Turístico-Ecológico y Protegido). En suelos accesorios (no prioritarios), permite plantar un máximo del 20% dentro de un mismo predio, o hasta un 30% previa anuencia y aprobación de la Junta Departamental.
Plan Local de Treinta y Tres	Reforzamiento del modelo forestal e industrial	Define a la forestación como destino principal en la subcategoría de Suelo Rural Productivo. Habilita la instalación de industrias vinculadas al sector, pero con la condición estricta de que sean de "pequeña escala" y de producción local.
Plan Local de Vergara	Omisión reguladora	El instrumento no presenta artículos, disposiciones, restricciones ni habilitaciones explícitamente vinculadas a la actividad forestal.
Ordenanza Departamental de Treinta y Tres	Apertura vial para la forestación	Prohíbe a particulares la apertura de caminos rurales nuevos, estableciendo una excepción explícita para aperturas relacionadas con la actividad forestal.

6.2.6 Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial de la Región Este

Las Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial de la Región Este se enmarcan por encima de las regulaciones estrictamente departamentales, marcando una zona de influencia para la región este (Poder Legislativo, 2013). Este instrumento a través de un acuerdo entre el Estado Nacional a través del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y los gobiernos departamentales de Cerro Largo, Lavalleja, Maldonado, Rocha y Treinta y Tres, crean este documento en conjunto para regular su macro región geográfica (ver Tabla 7).

En primer lugar, la directriz regional consolida la promoción de la forestación industrial exclusivamente en suelos catalogados como de prioridad forestal. Luego, se exige que la ubicación de los macizos forestales sea en zonas que busquen preservar el ciclo hidrológico, resguardar el valor paisajístico y minimizar los conflictos por el uso del suelo frente a la producción familiar tradicional. Como punto final, buscan la agrupación en determinadas áreas forestadas para evitar la dispersión y concentrar el transporte de carga pesada en búsqueda del mantenimiento de la infraestructura vial.

Tabla 7: Matriz reguladora Forestal de la Región Este

Instrumento	Regulación de Uso	Síntesis de las regulaciones
Estrategias Regionales de la Región Este	Promoción forestal e industrial	Promueve la forestación industrial solamente en las áreas de prioridad forestal definidas por la Ley N° 15.939, exigiendo también el desarrollo de agregado de valor a la madera.
	Criterios de protección	Establece criterios de localización ordenada que condicionan la expansión forestal a tres exigencias: la preservación del ciclo hidrológico, la valorización del paisaje y la protección de la producción familiar tradicional.
	Concentración de macizos forestales	Insta a promover la concentración territorial de las nuevas áreas a forestar o reforestar. El criterio explícito es garantizar un uso racional de la infraestructura vial utilizada para el transporte de carga pesada de la producción.

6.3 Expansión del sector forestal en la región este

6.3.1 Expansión de las plantaciones forestales para el período 2004-2014

El análisis del cambio de uso de suelo en la Cuenca de la Laguna Merín para la primera década de estudio evidencia una reconfiguración territorial profunda. Este período coincide cronológicamente con la instalación de los primeros megaproyectos celulósicos en el país, factores que actuaron como posibles catalizadores para la relocalización de las inversiones forestales.

En el año 2004, la categoría “Plantaciones Forestales” ocupaba unas 42.000 hectáreas dentro de la cuenca (1,47% de la Cuenca de la Laguna Merín – CLM). Para el año 2014, esa cifra ascendió cerca de 128.000 hectáreas (4,52% de CLM). Ese incremento absoluto de 86.000 hectáreas representa una tasa de crecimiento del 204% en apenas una década, confirmando el rol de la región este como una nueva frontera de expansión agroforestal destinada a absorber la demanda de tierras traccionada por los polos tradicionales del litoral.

Como se detalla en la Tabla 8 (p. 53), existieron una serie de dinámicas de transición en las coberturas a nivel general. El avance forestal se inscribe en una matriz más amplia de intensificación de las actividades productivas. El dato más destacable de este proceso es la tasa de sustitución de los ecosistemas naturales: la categoría “Pastizales” experimentó una pérdida neta de casi 208.000 hectáreas en este período, lo que equivale a una disminución del 10,81% de su área original.

La pérdida de cobertura de pastizal responde a la expansión combinada de tres usos de suelo productivos del suelo: Forestal como principal, pasturas y agricultura (ver Figura 7, p. 54).

6.3.2 Expansión de las plantaciones forestales para el período 2014-2024

Durante la segunda década analizada, se constata una continuidad en la expansión forestal sobre el área de estudio, aunque con particularidades en su reconfiguración espacial respecto al período anterior. En términos generales, la forestación mantuvo su tendencia al crecimiento, consolidándose como la cobertura de mayor dinamismo. La superficie forestada en 2014 ocupaba 128.455 hectáreas (4,46% de la CLM), alcanzando 189.539 hectáreas (6,59% de la CLM) para el año 2024. Este incremento absoluto de 61.084 hectáreas representa una tasa de crecimiento del 47,55% para la década. Si bien el ritmo de crecimiento respecto al período

anterior es menor, el volumen de área abarcada confirma la consolidación territorial de las plantaciones forestales en la región este.

Tabla 8: Variación absoluta y porcentual de las coberturas de uso de suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2014)

Categoría de Cobertura	Superficie 2004 (ha)	Superficie 2014 (ha)	Variación Absoluta (ha)	Variación Porcentual (%)
Bosque Nativo (Vegetación natural leñosa)	180.243	202.170	21.927	12,17%
Pantano y pastizal inundable	203.832	200.231	-3.601	-1,77%
Pastizales	1.922.077	1.714.360	-207.717	-10,81%
Plantaciones forestales ⁷	42.255	128.455	86.200	204,00%
Pasturas	97.988	152.034	54.046	55,16%
Agricultura	391.580	437.792	46.212	11,80%
Otros usos ⁸	37.099	40.032	2.933	7,91%
Superficie total de la CLM	2.875.074	2.875.074		

En contraste, en Tabla 9 (p. 56) se observa una desaceleración en la retracción de la superficie de pastizales, acompañada de un retroceso de las demás actividades agropecuarias. Los pastizales registraron una pérdida de casi 34.000 hectáreas (-1,98%), una cifra significativamente inferior a las más de 200.000 hectáreas transformadas en la década previa. No obstante, el crecimiento forestal cercano a 61.000 hectáreas evidencia que este rubro comenzó a sustituir áreas previamente destinadas a otras producciones. En el caso de la agricultura, tuvo una pérdida de unas 32.000 hectáreas, mientras que las pasturas disminuyeron casi 3.000 hectáreas. Estos datos demostrarían que la actividad forestal comenzó a competir

⁷ Suma de categorías: Plantación de Pinos, Plantación de Eucaliptos y Otros usos forestales.

⁸ Suma de categorías: Cuerpos de agua y áreas sin vegetación.

directamente por el uso del suelo, desplazando a otros usos del suelo preexistentes en la cuenca (ver Figura 8, p. 57).

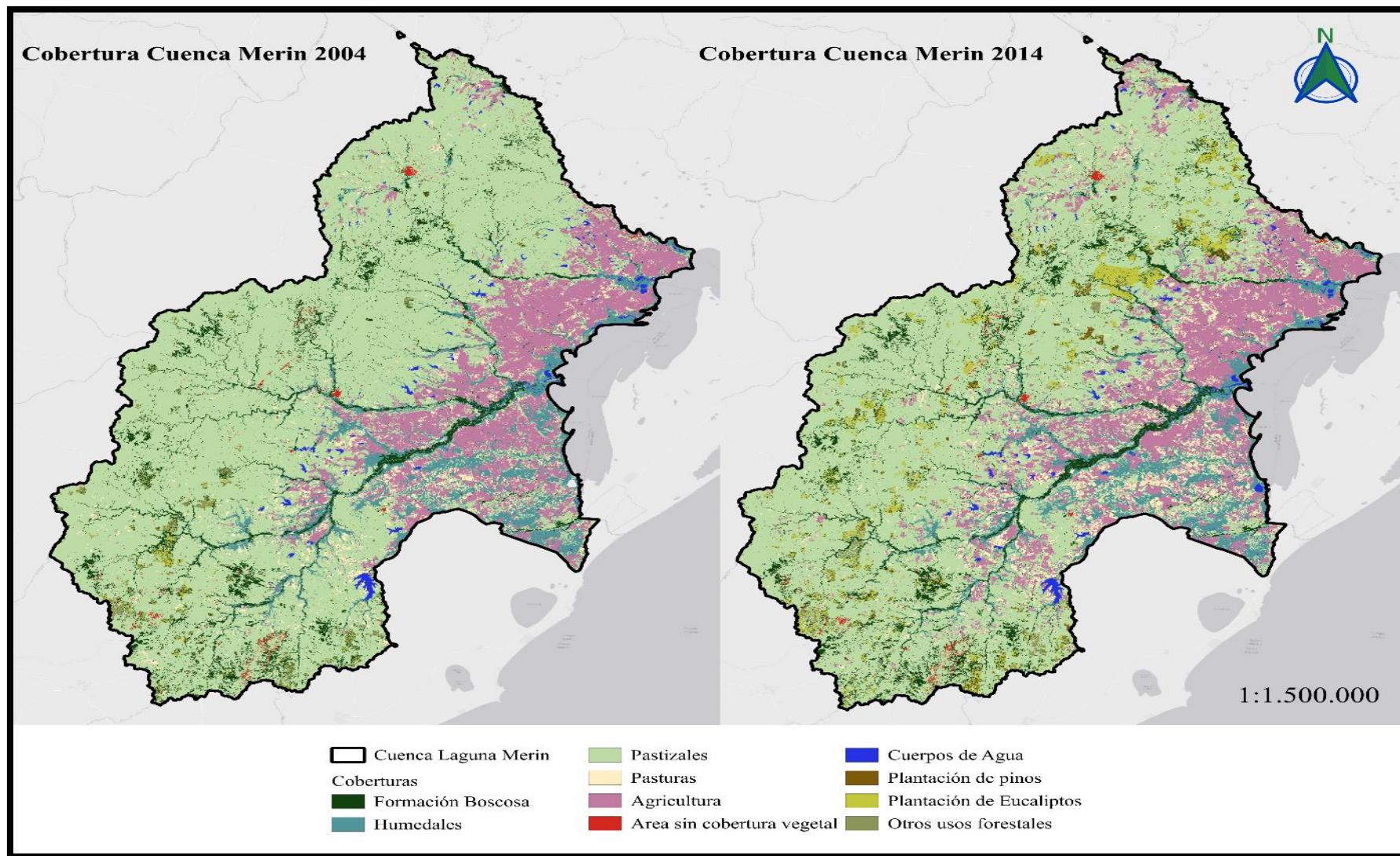


Figura 7: Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2014). Se observa un crecimiento pronunciado en el sector norte de la Cuenca de la Laguna Merín. Fuente: Elaboración propia en base a datos de MapBiomass Uruguay Colección 3.

Tabla 9: Variación absoluta y porcentual de las coberturas de uso de suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2014-2024)

Categoría de Cobertura	Superficie 2014 (ha)	Superficie 2024 (ha)	Variación Absoluta (ha)	Variación Porcentual (%)
Bosque Nativo (Vegetación natural leñosa)	202.170	209.624	7.454	3,69%
Pantano y pastizal inundable	200.231	203.577	3.346	1,67%
Pastizal	1.714.360	1.680.396	-33.964	-1,98%
Plantaciones forestales	128.455	189.539	61.084	47,55%
Pastura	152.034	149.107	-2.927	-1,93%
Agricultura	437.792	405.407	-32.385	-7,40%
Otros usos	40.032	37.423	-2.609	-6,52%
Superficie TOTAL de la CLM	2.875.074	2.875.074		

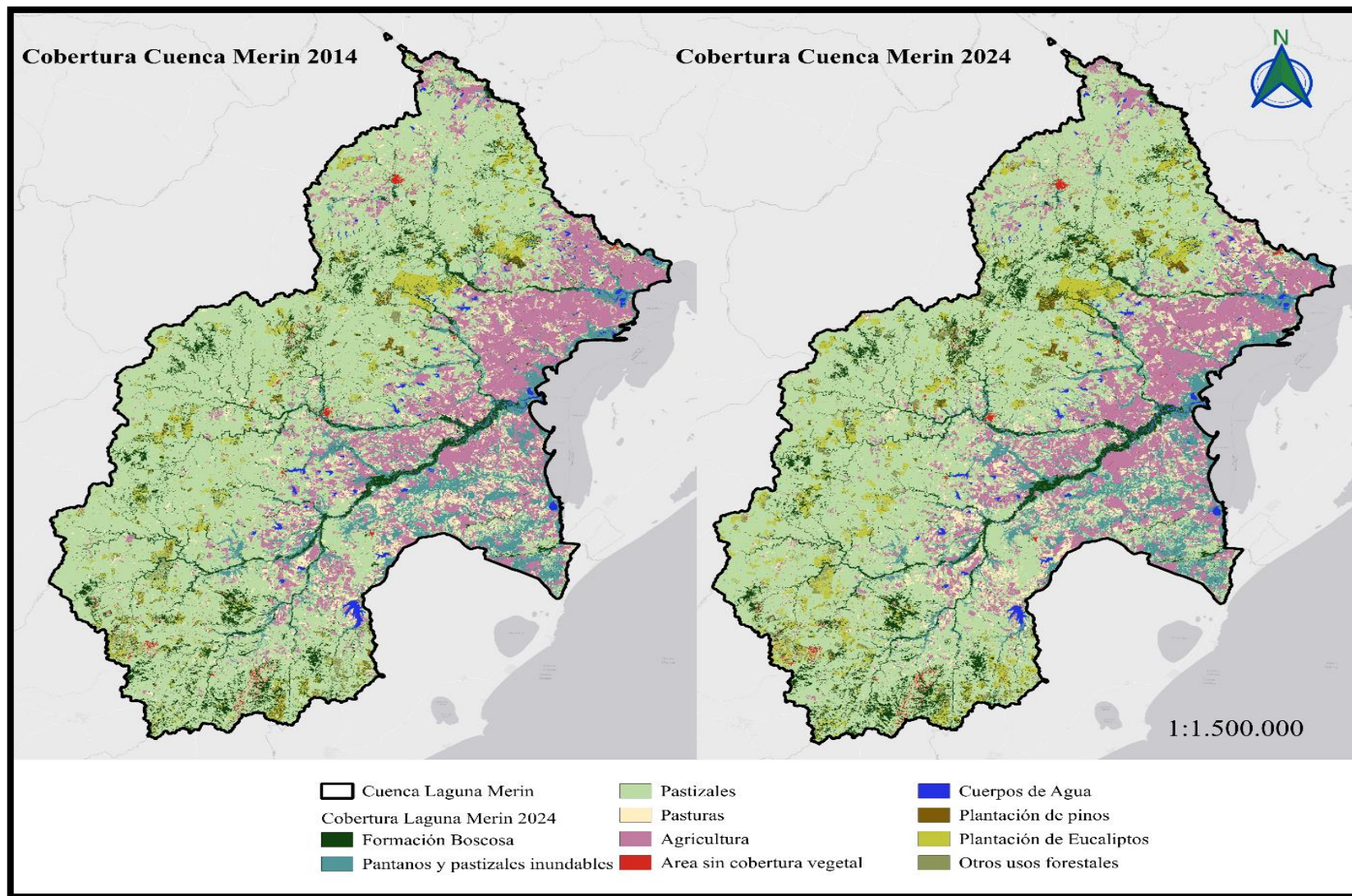


Figura 8: Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la Cuenca de la Laguna Merín (2014-2024). Se observa una desaceleración en cuanto al crecimiento forestal en la cuenca, pero con un aumento relevante durante este período.

6.3.3 Comparación por Unidades Paisajísticas 2004 – 2024

6.3.3.1 Distribución de las plantaciones forestales en las Unidades Paisajísticas

En el año 2004, la matriz productiva forestal presentaba una distribución espacial altamente concentrada en la Cuenca de la Laguna Merín. Las Sierras del Este, funcionaban como el área de mayor concentración de plantaciones forestales de la cuenca, albergando el 77,09% de toda la superficie de eucaliptos (9.564 ha) y el 59,65% de las plantaciones de pinos (1.077 ha). Por su parte, las Praderas del Este representaban un polo secundario, conteniendo apenas el 19,89% de los eucaliptos y el 33,36% de los pinos. En este período inicial, los pastizales dominaban ampliamente el paisaje en términos absolutos, concentrándose principalmente en las Sierras del Este (49,67% del total de la cuenca, equivalente a más de 954.000 ha) y en las Praderas del Este (29,46%) (ver Tabla 10, 59).

Dos décadas después, se observa una transformación radical en la dinámica espacial. Las Sierras del Este experimentaron un crecimiento absoluto en las plantaciones de eucalipto (pasando de 9.564 ha a 64.995 ha); sin embargo, su participación relativa sobre el total de la cuenca desciende a 49,47%. Paralelamente, las Praderas del Este absorbieron una extensa proporción de la expansión forestal reciente, pasando de 2.468 ha en 2004 a 52.330 ha en 2024. De este modo, esta unidad paisajística pasó a concentrar casi el 40% de la matriz de eucaliptos de la cuenca. Este desplazamiento territorial se evidencia también con las plantaciones de pinos, cuyo epicentro mudó a las Praderas del Este, concentrando el 54,42% del total para el 2024 (ver Tabla 11, p. 59).

Esta relocalización y expansión del sector ha ejercido una presión directa sobre el ecosistema de pastizal. La pérdida de más de 240.000 hectáreas de pastizales a nivel de cuenca se explica, en gran medida, por el avance territorial de los núcleos forestales. Específicamente, las Sierras del Este registran una pérdida aproximada de 100.000 hectáreas de pastizales, mientras que las Praderas del Este más de 106.000 hectáreas (ver Figura 9, p.60).

Tabla 10: Distribución Espacial de coberturas por unidades paisajísticas (Año 2004)

Unidad Paisajística	Pastizales (%)	Pastizales (ha)	Pinos (%)	Pinos (ha)	Eucaliptos (%)	Eucaliptos (ha)	Otros Forestales (%)	Otros Forestales (ha)
Sierras del Este	49,67%	954.706	59,65%	1.077	77,09%	9.564	62,90%	17.639
Praderas del Este	29,46%	566.244	33,36%	602	19,89%	2.468	28,06%	7.869
Planicies	14,12%	271.397	5,47%	99	1,94%	241	2,59%	726
Praderas Noreste	6,75%	129.730	1,52%	27	1,08%	134	6,45%	1.809
Total	100,00%	1.922.077	100,00 %	1.805	100,00%	12.407	100,00%	28.043

Tabla 11: Distribución Espacial de silvicultura y pastizales por unidades paisajísticas (Año 2024)

Unidad Paisajística	Pastizales (%)	Pastizales (ha)	Pinos (%)	Pinos (ha)	Eucaliptos (%)	Eucaliptos (ha)	Otros Forestales (%)	Otros Forestales (ha)
Sierras del Este	50,82%	853.977	30,84%	4.693	49,47%	64.995	62,55%	26.858
Praderas del Este	27,34%	459.420	54,42%	8.281	39,83%	52.330	30,58%	13.130
Planicies	14,83%	249.203	10,99%	1.672	8,10%	10.642	2,98%	1.280
Praderas Noreste	7,01%	117.796	3,76%	571	2,60%	3.417	3,89%	1.670
Total	100,00%	1.680.396	100,00 %	15.217	100,00%	131.384	100,00%	42.938

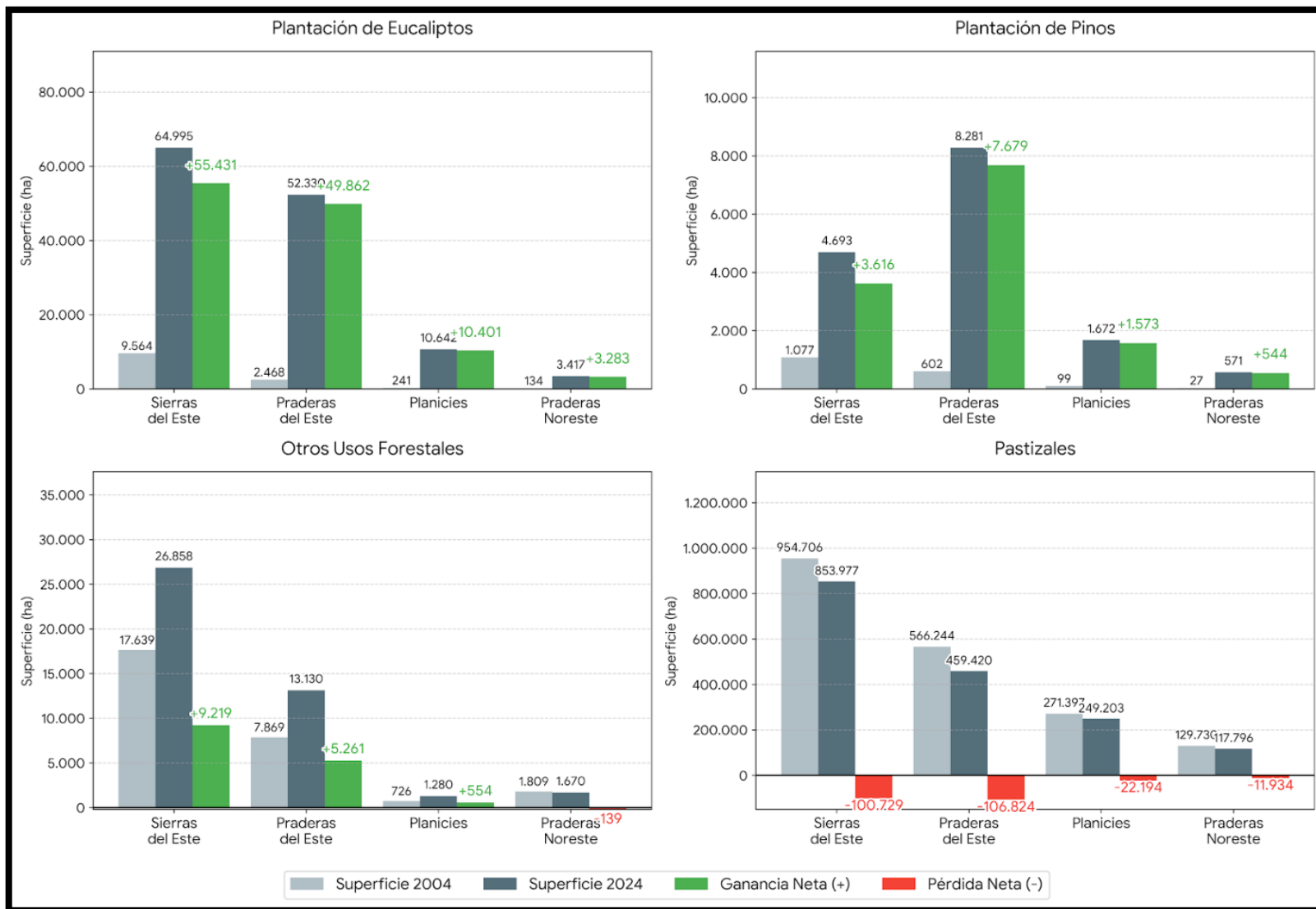


Figura 9: Distribución espacial y cambios netos de plantaciones forestales y pastizales por unidad paisajística (2004- 2024). Las Sierras del Este destacan como el área con el mayor crecimiento de plantaciones de eucaliptos, mientras que las plantaciones de pino.

6.3.3.2 Suelos de Prioridad Forestal por Unidad Paisajística 2004 - 2024

Las ganancias netas de la actividad forestal en las unidades paisajísticas de Sierras del Este y Praderas del Este, en contraposición a la pérdida neta de pastizales, responden probablemente a un reemplazo directo impulsado por el avance de la frontera agroforestal hacia la zona oriental. Esa abrupta migración territorial motiva la necesidad de contrastar la dinámica espacial de las plantaciones forestales respecto a los Suelos de Prioridad Forestal (SPF), con el fin de determinar su grado de correspondencia normativa (ver Figura 10, p. 62).

En las Sierras del Este se registra la mayor proporción de coincidencia espacial con la normativa. Para 2024, el 77,5% de la superficie de eucaliptos y el 89,2% de los pinos se establecieron estrictamente sobre Suelos de Prioridad Forestal. En las Praderas del Este, la coincidencia de los eucaliptos sobre SPF pasó de un 37,8% en 2004 a un 53,5% en 2024. Por el contrario, las Planicies evidencian una dinámica de completa desconexión con las áreas categorizadas: en 2024, el 98% de las plantaciones de eucaliptos y el 99% de los pinos se ubicaron fuera de los SPF. Esta anomalía espacial podría explicarse por la presencia de áreas arroceras y pastizales de humedal que caracterizan a la subregión, sumado a la escasa superficie declarada como prioritaria. Por último, en las Praderas Noreste se evidencia un incremento proporcional con la coincidencia de la normativa, pasando de un 12,3% de eucaliptos sobre SPF en 2004 a un 53,4% en 2024. En esta unidad destaca también la alta representatividad inicial de la categoría “Otros usos forestales”, observándose una reducción de la misma desde el 72,2% en 2004 al 18% en 2024.

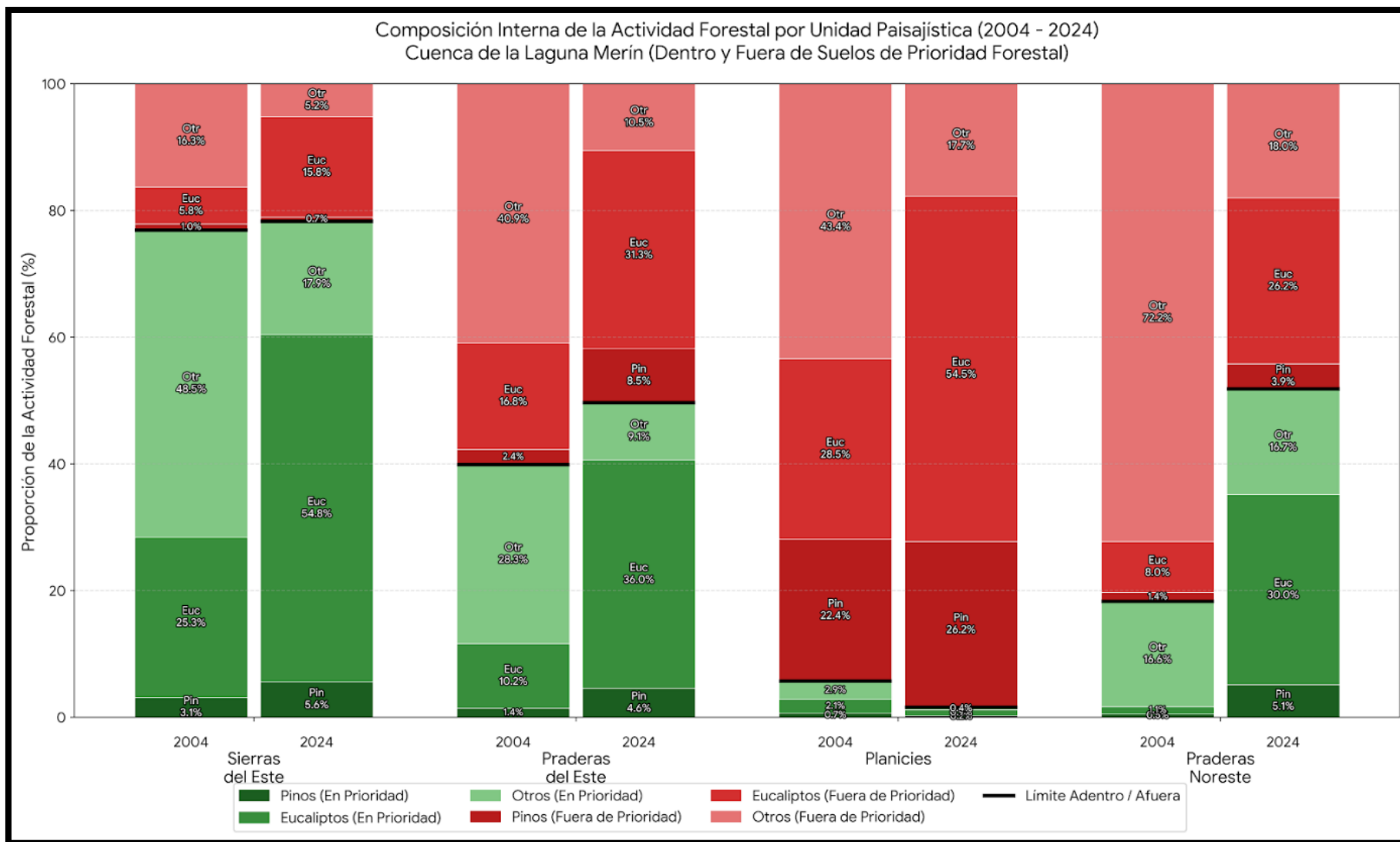


Figura 10: Distribución de la actividad forestal por unidad paisajística en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2024). Se destacan las planicies como el área de menor cantidad de actividad forestal, pero la que proporcionalmente tiene más áreas plantadas en zonas fuera de prioridad forestal.

6.3.3.3 Suelos de Prioridad Forestal por Departamento 2004 – 2024

El análisis de la composición forestal a escala departamental dentro de la cuenca revela variaciones espaciales significativas. Treinta y Tres y Lavalleja destacan como las jurisdicciones con mayor estabilidad neta en el acatamiento normativo. En 2004, Treinta y Tres mantenía el 76,4% de su actividad forestal sobre suelos prioritarios, con un fuerte 59,6% vinculado a “Otros Usos Forestales”. Para 2024, la proporción global se redujo a 65,7%, pasando el eucalipto a dominar la matriz con un 44%, aunque registrando un 21,4% de eucaliptos fuera de los SPF. Lavalleja por su parte, mantuvo su proporción en los 2004 y 2024, aunque internamente sustituyó la dominancia de los “Otros usos forestales” por plantaciones de eucalipto (ver Figura 11, p. 64).

Cerro Largo experimentó un mayor nivel de localización de la actividad forestal hacia los suelos prioritarios. En 2004, solo el 40,8% del total de la actividad forestal se encontraba sobre tierras habilitadas. Tras dos décadas de expansión territorial, para el año 2024, el 63,3% se ubicó dentro de los SPF. Este cambio estructural se explica por el crecimiento masivo de eucaliptos, pasando a representar el 47,2% de toda la matriz forestal del departamento.

Rocha tuvo una regularización similar a Cerro Largo. En el año 2004, cerca del 60% de su actividad forestal ocurría fuera de los límites prioritarios. Sin embargo, para 2024 el 59,2% de la superficie forestal se encontró dentro de los SPF, un proceso impulsado por el incremento del 41,9% en la masa forestal de eucaliptos.

Finalmente, Maldonado describe una dinámica espacial inversa. En 2004, el 48,4% de su actividad forestal coincidía con la normativa. Para el 2024, este nivel de coincidencia descendió al 38,6%. En este departamento, el volumen de eucaliptos implantados fuera de la prioridad forestal (38%) supera ampliamente a aquellos ubicados sobre suelos categorizados (23,7%).

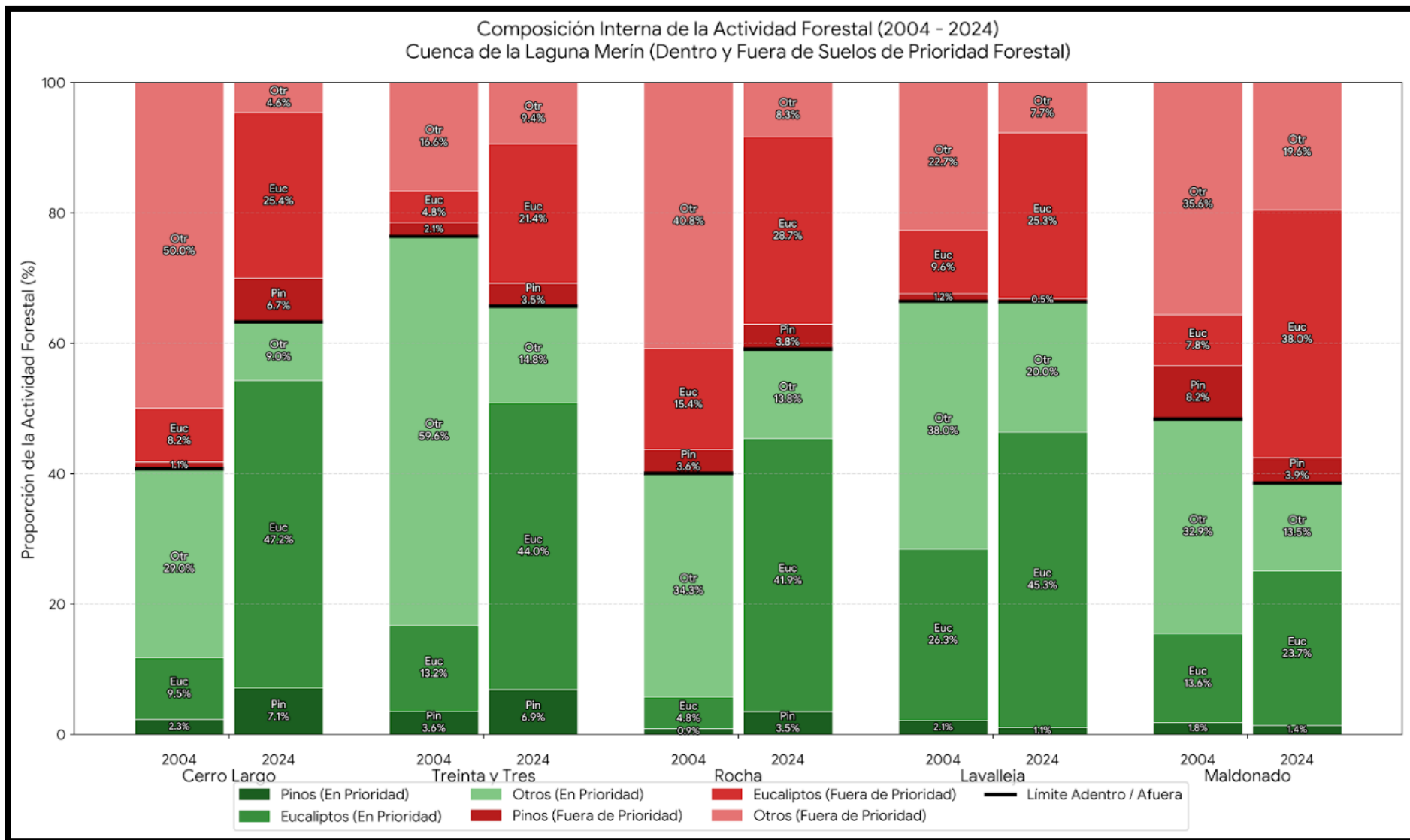


Figura 11: Distribución de la actividad forestal por Departamentos en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2024)

6.4 Transiciones de uso de suelo hacia el sector forestal

6.4.1 Transiciones durante el período 2004 – 2014

Identificar los usos de suelo que fueron sustituidos por plantaciones forestales constituye un aspecto relevante para comprender las dinámicas de transformación territorial en el área de estudio. Este análisis resulta determinante para reconocer qué tipos de usos de suelo presentaron mayor susceptibilidad a ser desplazados durante el período correspondiente. Si bien en la sección anterior se cuantificó la magnitud de cambio global para diversas categorías, el apartado actual se focaliza específicamente en caracterizar las clases de origen que transitaban hacia la actividad forestal en su conjunto.

A partir de los datos analizados, se observa que las superficies que cambiaron hacia forestación desde el año 2004 provienen predominantemente de los pastizales y, en menor medida, de formaciones boscosas. Con respecto al resto de categorías, el aporte es marginal. De las casi 208.000 hectáreas de pastizal que se redujeron en este período, aproximadamente 92.000 hectáreas transitaban directamente hacia la actividad forestal, representando el 44,36% de la pérdida bruta de dicha clase. Al analizar la composición de origen de las nuevas áreas forestadas, el pastizal abarca el 82,8% del total, donde empíricamente se consolida como la cobertura territorial más susceptible a la transformación por parte del sector forestal. Por otra parte, vale destacar la dinámica interna evidenciada en la transición de “Otros usos forestales” hacia plantaciones de eucaliptos y pinos. Este flujo espacial responde a la posterior clasificación de esas plantaciones jóvenes, proceso dentro del cual el eucalipto predomina con una clara dominancia (ver Figura 12 y Figura 13).

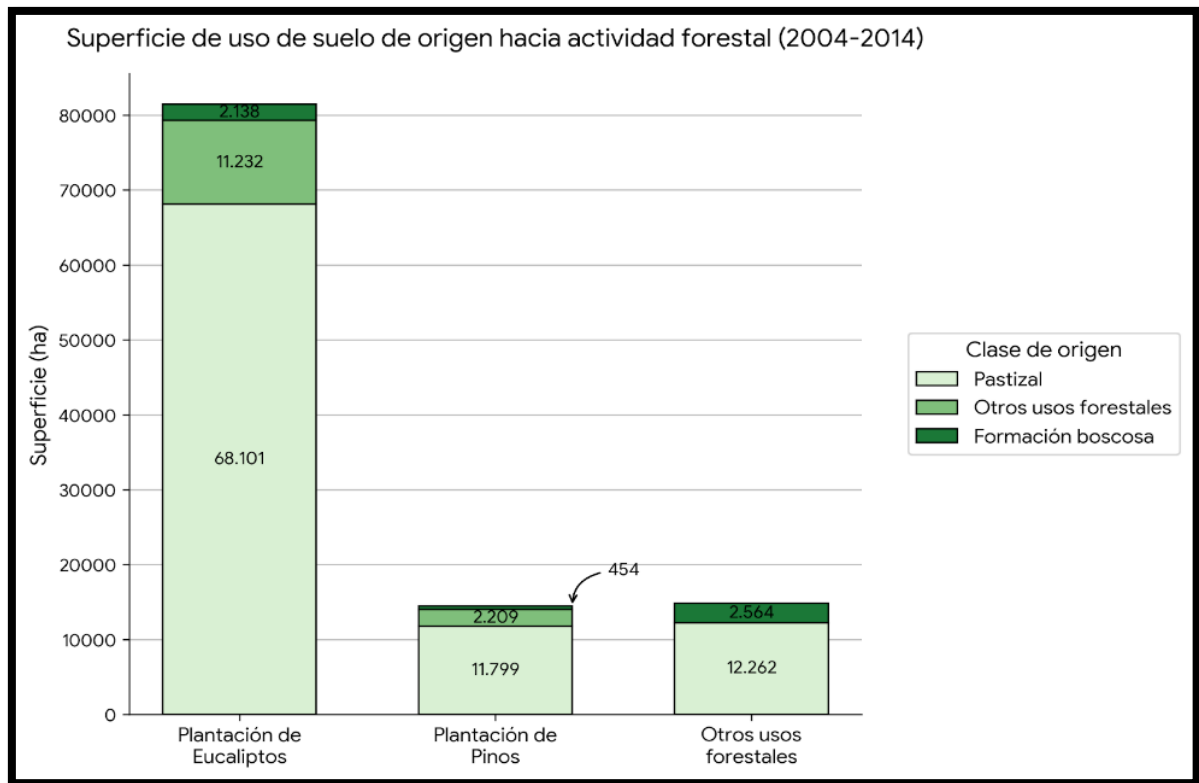


Figura 12: Uso de suelo y transición a tipo de actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2004-2014). La gran mayoría de las transiciones hacia la actividad forestal, tienen su origen predominantemente desde áreas de pastizales.

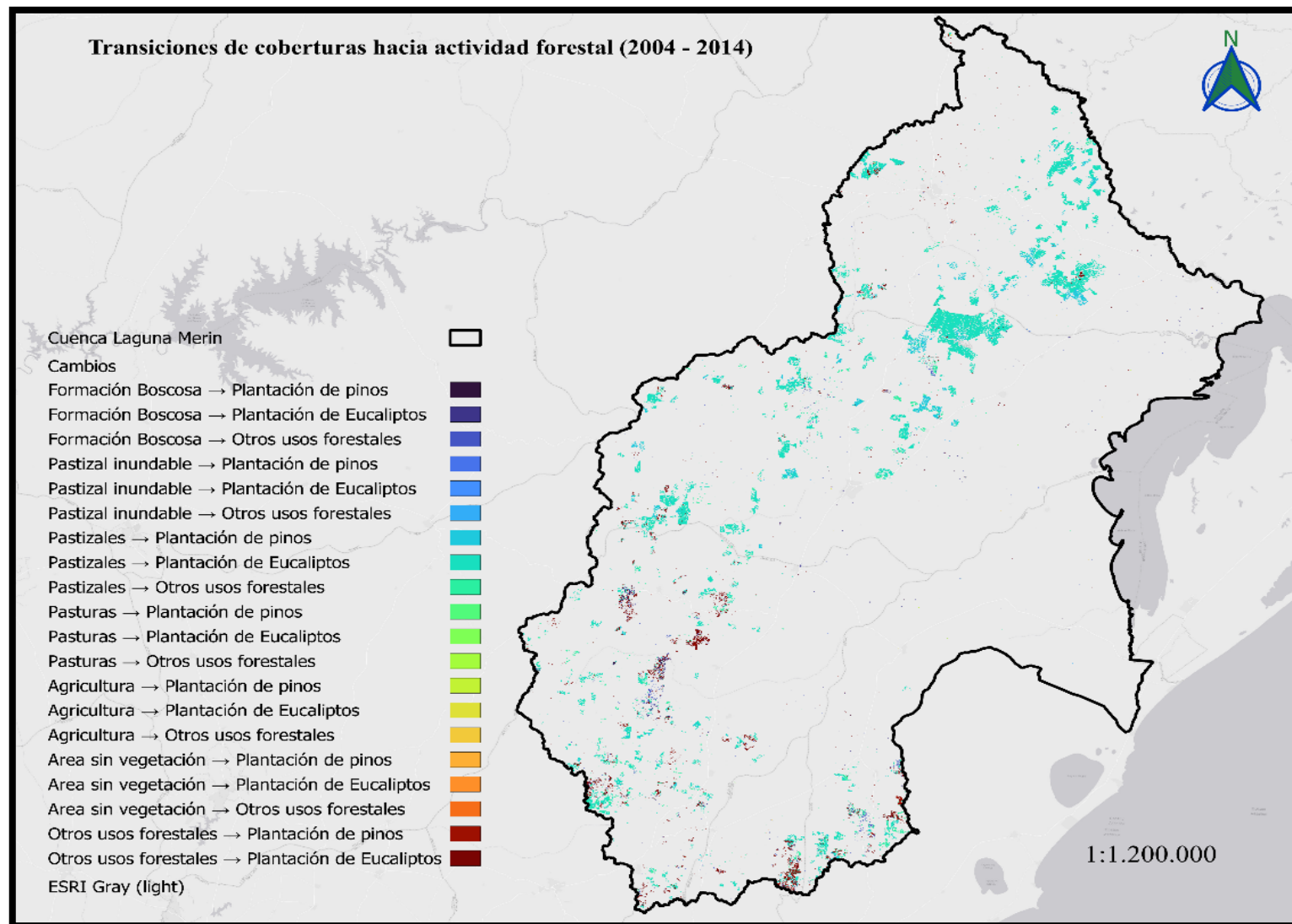


Figura 13: Transiciones de usos de suelo hacia actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2004 – 2014). La gran mayoría de las áreas transformadas a plantaciones forestales eran pastizales.

6.4.2 Transiciones durante el período 2014 – 2024

Con respecto a este período, se observa la continuidad en la dinámica de transformación territorial, aunque con matices diferentes respecto al período anterior. El pastizal se mantiene como la cobertura principal para expansión forestal, aportando aproximadamente 36.900 hectáreas hacia las plantaciones de eucaliptos. Sin embargo, se observa una disminución en la magnitud bruta de transición comparado al período 2004 – 2014, lo cual sugiere una relativa estabilización en la dinámica de cambio de uso del suelo al año 2024. Por parte de las plantaciones de pino, mantiene una dinámica secundaria y poco relevante en términos de superficie total, reafirmando a las plantaciones de eucaliptos como la plantación con más importancia dentro de la Cuenca (ver Figura 14 y Figura 15). Otra variable a destacar, es la conversión de formaciones boscosas nativas hacia superficies de actividad forestal. A pesar de esta presión, el balance neto del bosque nativo para el período es positiva.

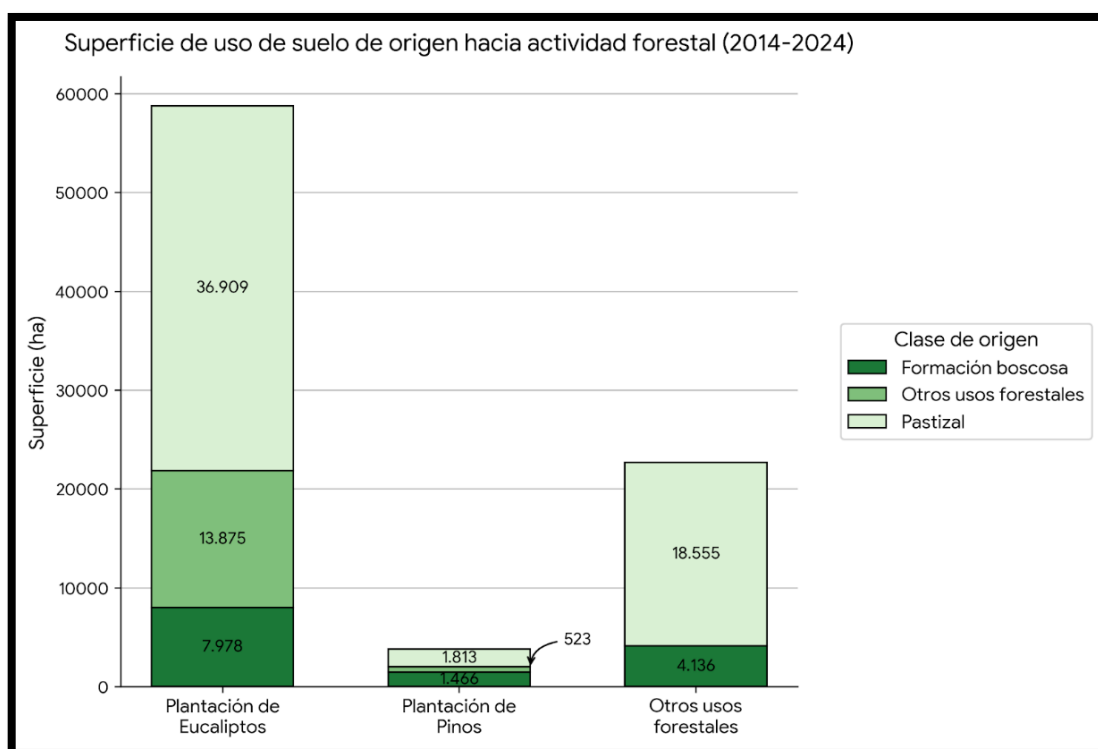


Figura 14: Uso de suelo y transición a tipo de actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2014-2024). En este período se observan como pastizales y áreas de plantaciones jóvenes fueron identificadas como plantaciones de eucaliptos.

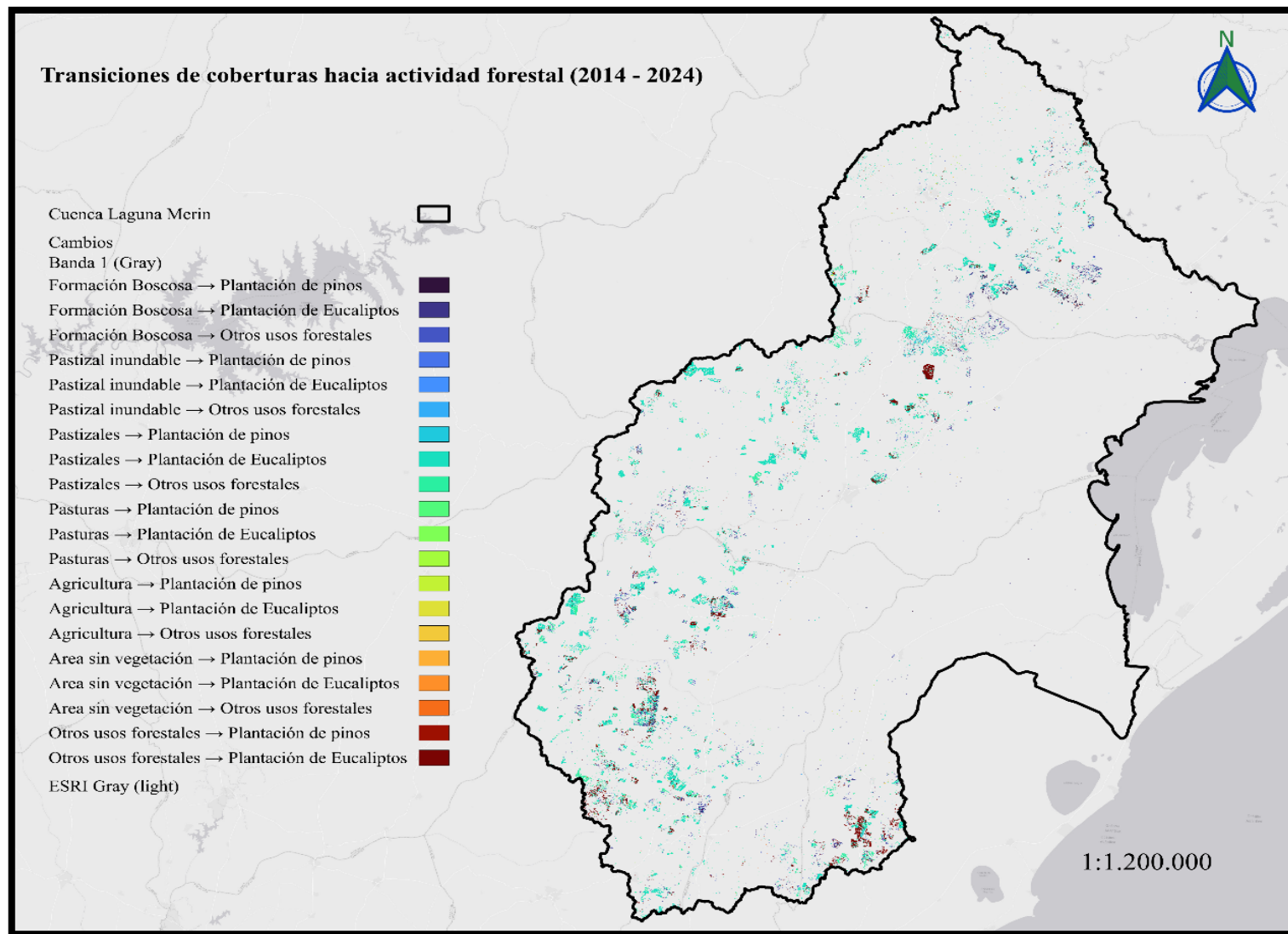


Figura 15: Transiciones de usos de suelo hacia actividad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín (2014 – 2024). Nuevamente se aprecia la transformación sistemática del pastizal hacia plantaciones forestales.

6.5 Modelado de zonas factibles a reconversión forestal

6.5.1 Escenario actual

La realización del Análisis Multicriterio Espacial permitió clasificar los Suelos de Prioridad Forestal disponibles en seis categorías discretas de factibilidad, frente a la expansión del sector forestal. Se lograron identificar en total unas 297.400 hectáreas bajo este modelo. La gran mayoría presenta condiciones subóptimas, catalogándose como Muy Baja y Baja, abarcando aproximadamente 94.200 ha y 99.100 ha respectivamente (ver Figura 18, p. 72). Por parte de la susceptibilidad Media, comprendió unas 93.000 ha. Desde la perspectiva de categorías Alta, Muy Alta y Crítica, se obtuvo resultados cercanos a 5600 ha, 3800 ha y 1600 ha, respectivamente.

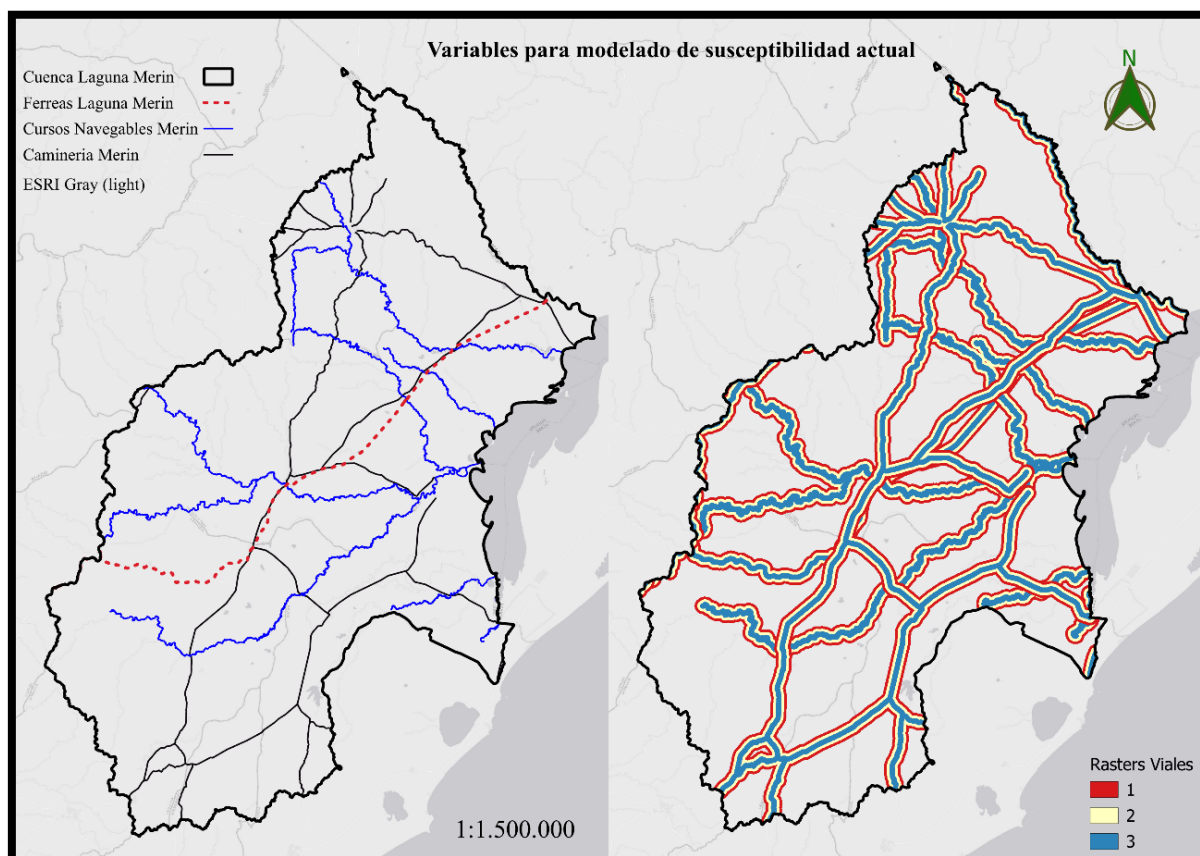


Figura 16: Variables elegidas para modelar factibilidad forestal en la Cuenca de la Laguna Merín. Se observan los cursos navegables, la caminería principal del área de estudio y vías férreas activas.

Como resultado del modelo espacial, se identificaron las zonas con mayor factibilidad a la transformación forestal. Las mismas se concentran en el sector centro-norte de la cuenca, muy cercanas a los macizos forestales que ya se ubicaban en los departamentos de Treinta y Tres y Cerro Largo (ver Figura 17). Sin embargo, el análisis revela la existencia de áreas de aptitud distribuidos de forma dispersa hacia la zona sur de la cuenca, las cuales constituyen focos estratégicos posibles de futuras expansiones.

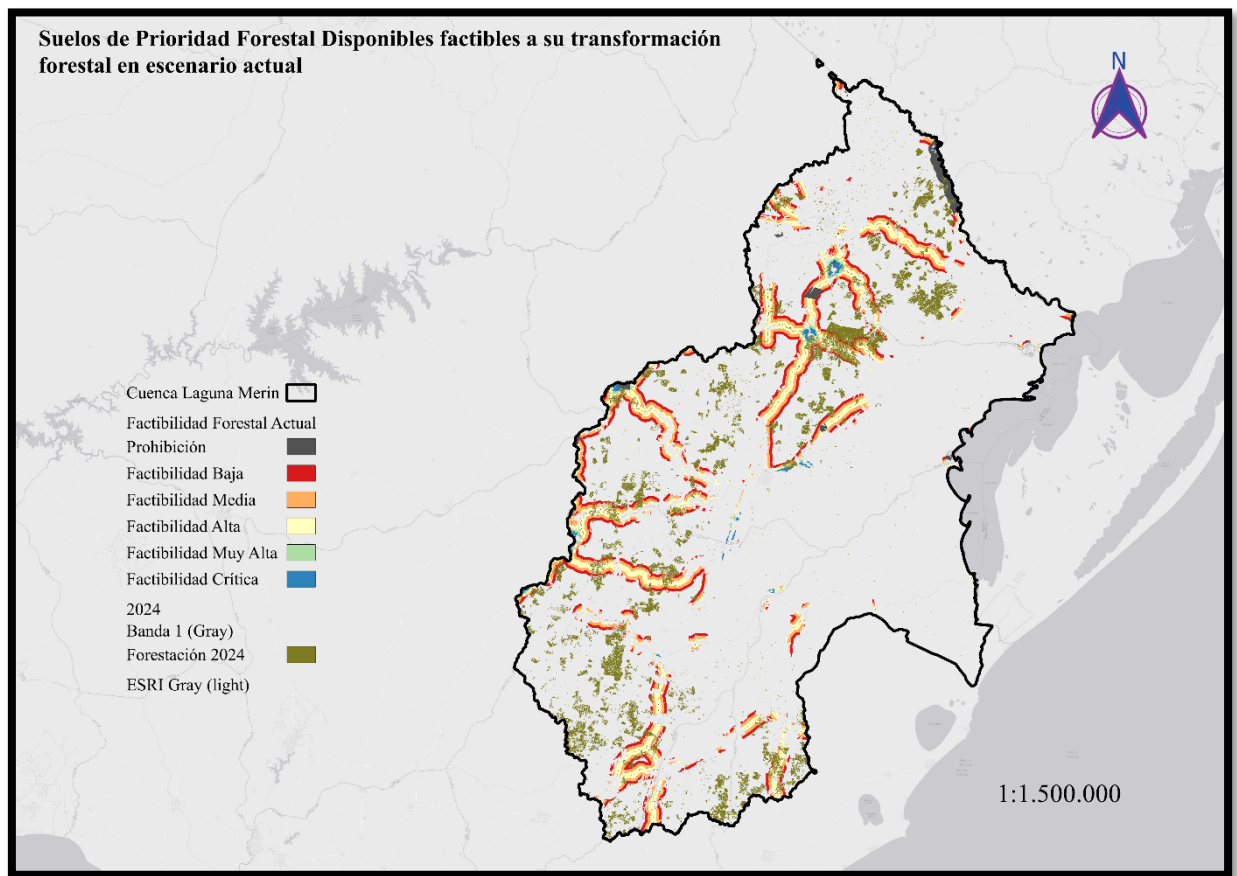


Figura 17: Suelos de Prioridad Forestal Disponibles y factibilidad actual de transformación en la Cuenca de la Laguna Merín

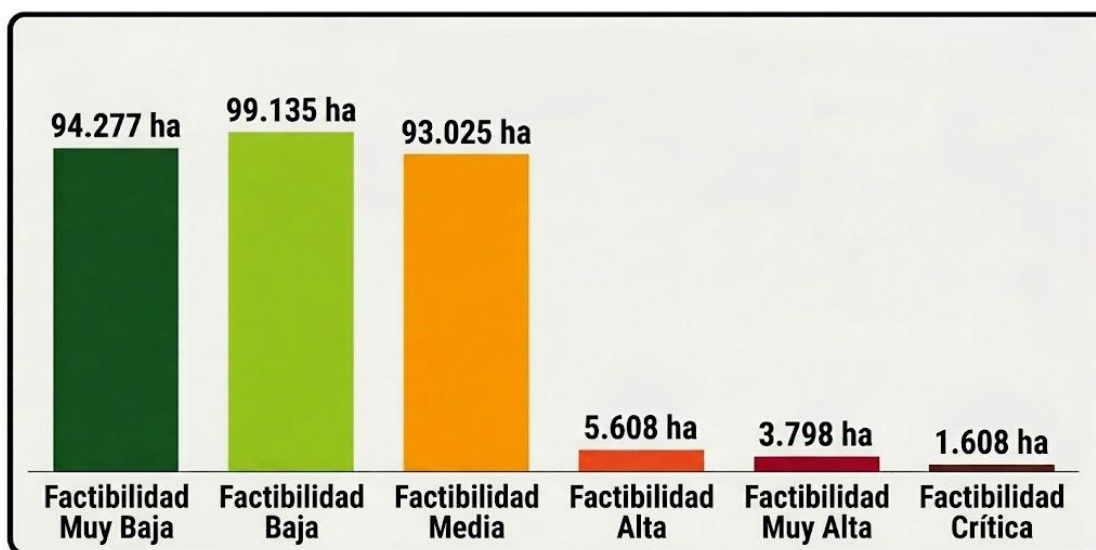


Figura 18: Distribución total en hectáreas por Categoría de factibilidad Forestal en escenario actual

6.5.2 Escenario proyectado forestal

Frente a un contexto de alta volatilidad en las demandas internacionales y en concordancia con las dinámicas territoriales analizadas, resulta importante proyectar un escenario ante eventos que podrían reconfigurar el uso del suelo en la Cuenca de la Laguna Merín. Con este propósito, se incorporaron al modelo de factibilidad una serie de nodos logísticos e industriales proyectados con capacidad de alterar la dinámica territorial regional.

En primer lugar, se simuló la instalación de una planta de celulosa en las proximidades de la localidad de Rio Branco. Para modelar su proyección, se adoptó el criterio establecido por la JICA, determinando un área de influencia de 150 kilómetros. Esta superficie fue dividida en tres áreas concéntricas de 50 kilómetros cada una para estratificar la presión del suelo. Aun así, se reconoce que en la práctica las distancias promedio que se recorren son superiores a 200 km (Souto *et al.*, 2018).

En segundo lugar, las redes de transporte se calcularon a través de distancias isocrónicas, a partir de la localización de dos posibles terminales portuarias ubicadas en los márgenes de ríos que desembocan en la Laguna Merín, evaluando su viabilidad como vías navegables. Se optó por proyectar un puerto sobre el Río Tacuarí, fundamentado debido a su posición al norte y ubicación limítrofe con Brasil, representando el trayecto logístico de menor distancia con la planta de celulosa. El puerto proyectado en la desembocadura del Río Cebollatí, se justifica por su vinculación estratégica al productivo del sector arrocero. Esta infraestructura operaría como

una vía de exportación directa, además reducir costos de transporte en cuanto a la movilización de materias primas hacia una posible biorrefinería o planta de hidrógeno verde. Estos nodos industriales posiblemente proyectados espacialmente sobre la unidad de las Planicies del Este, optimizarían la sinergia para la salida internacional de la producción, siempre que se consolide el corredor logístico de exportación sobre la Laguna Merín.

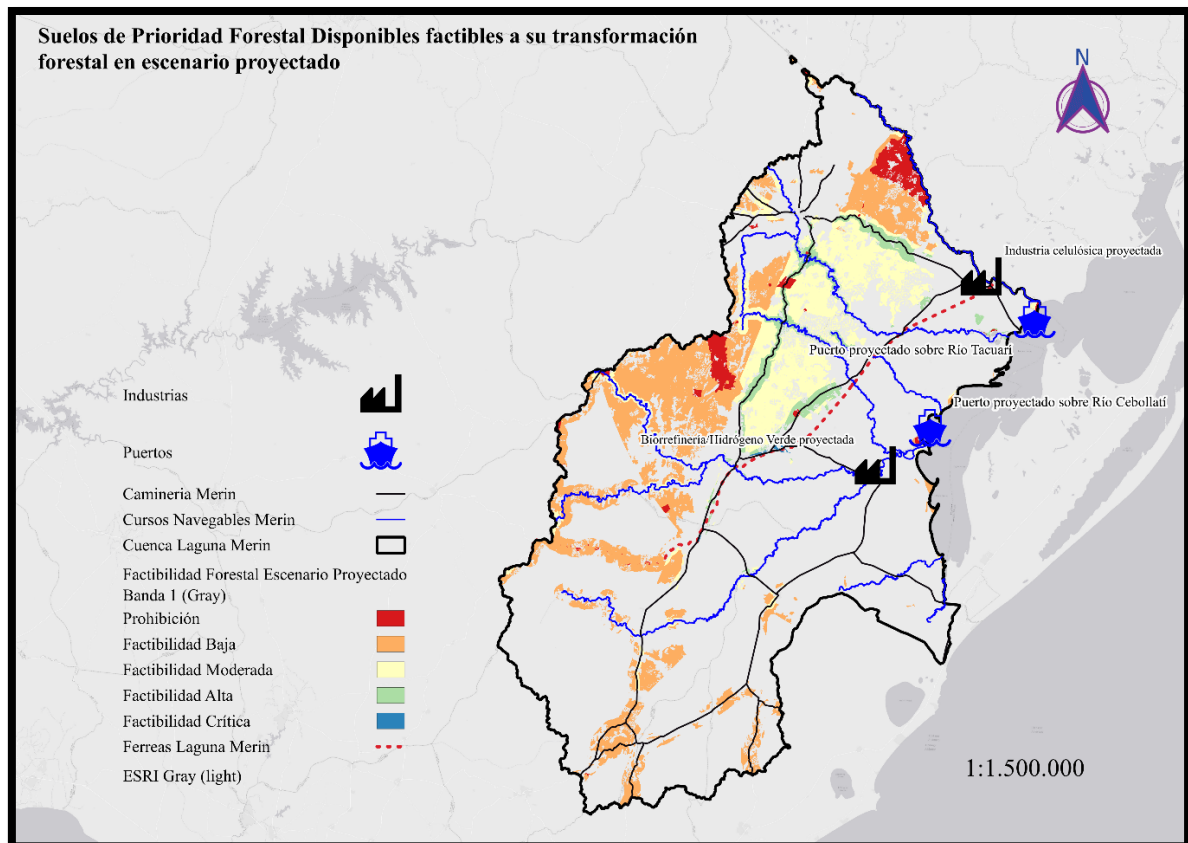


Figura 19: Suelos de Prioridad Forestal Disponibles y factibilidad de transformación en la Cuenca de la Laguna Merín (escenario proyectado)

Los resultados del escenario proyectado muestran como las potenciales futuras infraestructuras logísticas e industriales transforman radicalmente la viabilidad económica del territorio. Al contrastar la factibilidad actual con este modelo de predicción, se observa un aumento considerable en la disponibilidad de tierras con alta rentabilidad para el sector, lo que confirma que la nueva infraestructura funcionaría como motor para el avance de esta nueva frontera agroforestal (ver Figura 19).

Bajo las condiciones actuales, la Cuenca de la Laguna Merín presenta una baja cantidad de superficies de tierras con alta factibilidad de transformarse a uso forestal, donde las

categorías de mayor probabilidad de cambio (Alta, Muy Alta y Crítica) sumaban cerca de 11.000 hectáreas (ver Figura 18, p. 72). Sin embargo, con la simulación que incorpora las posibles nuevas terminales portuarias y un complejo industrial (polo de integración entre planta de celulosa, biorrefinerías y/o hidrógeno verde) altera categóricamente esta distribución espacial.

En el escenario proyectado, las áreas categorizadas de mayor factibilidad alcanzan a concentrar casi 60.400 hectáreas, representando un incremento relativo de casi **5:1** entre las categorías de mayor presión (Alta, Muy Alta y Crítica) (ver Figura 20). Esto representa que la superficie territorial atractiva a inversiones se multiplicó casi por cinco comparando la factibilidad proyectada contra el escenario actual (aumento del 0,38% a 2,1% de la CLM).

Además, el modelo expande sustancialmente el resto de posibles transiciones, registrando alrededor de 231.100 hectáreas de Factibilidad Moderada y 364.100 hectáreas de Factibilidad Baja, mientras que casi 47.000 hectáreas quedan bajo el régimen de prohibición (exclusión normativa).

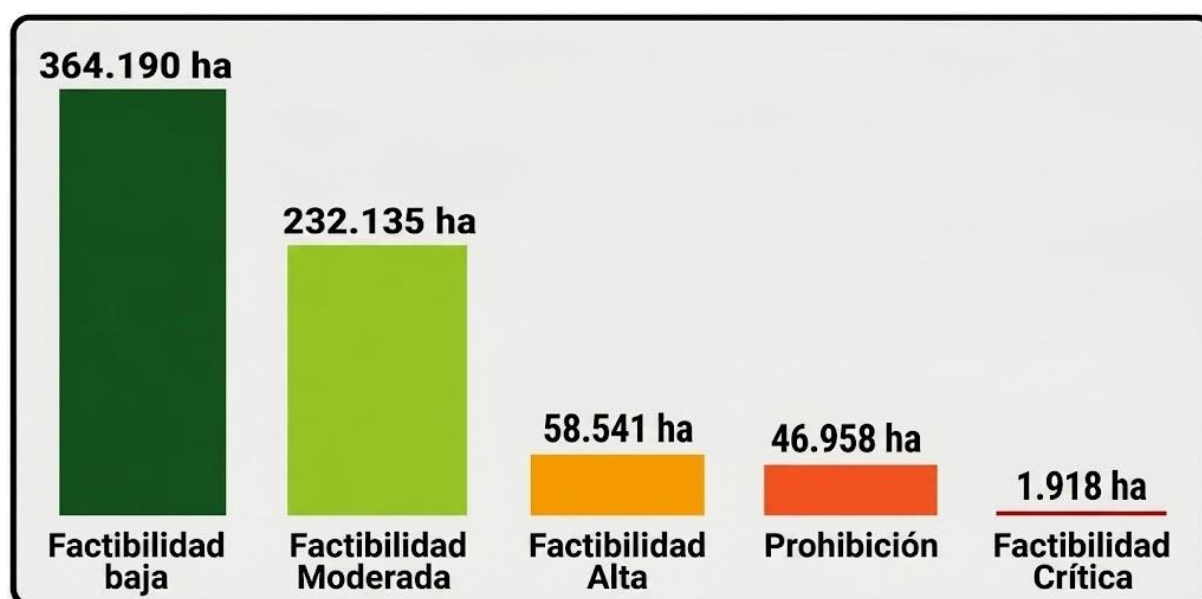


Figura 20: Distribución total en hectáreas por Categoría de factibilidad Forestal en escenario proyectado. En comparación al escenario actual, el aumento es muy significativo considerando estos resultados en base a las variables proyectadas.

7. DISCUSIÓN

7.1 La geopolítica de las demandas internacionales y la transición energética

Las lógicas de la economía global se materializan en el territorio nacional, validando la lógica estructural de Prebisch (1981). En el caso de la región este, las transformaciones espaciales se mantienen bajo este paradigma de influencia internacional, el cual reconfigura drásticamente las dinámicas productivas del espacio agrario uruguayo. La demanda histórica de China y la Unión Europea por pulpa de celulosa y papel comienza a converger con una nueva presión extractiva por biomasa estratégica, impulsada por el desarrollo de biorrefinerías y la incipiente industria del hidrógeno verde. Estas nuevas matrices energéticas disputan la misma materia prima forestal, a las que se suma el aprovechamiento de los residuos arroceros disponibles en la Cuenca de la Laguna Merín, formando un esquema de alta rentabilidad económica.

Las presiones territoriales de inversión agroforestales amenazan con aumentar considerablemente debido a recientes proyectos vinculados a la transición energética (Gancheff *et al.*, 2025), como la iniciativa Kahirós en Fray Bentos, enfocada en la logística forestal de “emisiones cero”. Estas inversiones buscan reducir los costos de transporte de la biomasa y cerrar sus ciclos mediante biocombustibles de producción local, afianzando sus altos niveles de rentabilidad. Esta transición energética alinea al territorio con las proyecciones de la “*Renewable Energy Policy Network For The 21st Century*” (REN-21, 2025), posicionando a la biomasa forestal como un insumo estratégico para la síntesis de electro-combustibles (*e-fuels*), presionando al suelo uruguayo a adaptarse de forma rápida a las volatilidades del mercado internacional.

Las evidencias de los resultados espaciales de esta investigación demuestran como la inyección de capitales transnacionales y la creación de nuevos nodos logísticos estructuran de manera directa el cambio de uso del suelo. Este proceso subordina la normativa de ordenamiento territorial nacional a los ciclos de la economía global, provocando que herramientas como el índice CONEAT y los Instrumentos de Ordenamiento Territorial queden relegados a un rol de mera existencia, careciendo de fuerza jurídica para frenar o negociar frente a los factores que implantan el modelo forestal en Uruguay. En consecuencia, se constata lo

planteado por Harvey (2019) y Piñeiro (2012) respecto a la flexibilización de los marcos regulatorios para satisfacer las demandas externas. La expansión forestal proyectada demuestra como las normativas de protección son obsoletas frente a la magnitud de las alteraciones espaciales que estos capitales transnacionales pueden llevar a cabo. Esta dinámica de acaparamiento y extranjerización de la tierra se demuestra por Milani et al. (2026), quienes señalan que apenas el 18% de la producción arroceras y un 13% de la forestal corresponden a productores familiares. Esta evidencia demuestra como estos sectores exportadores mantienen un peso político y de capital decisivos en políticas públicas y ambientales. El desplazamiento de pequeñas explotaciones evidencia un vaciamiento del campo uruguayo, sustituyéndose la producción familiar por el monocultivo a gran escala, rompiendo dinámicas históricas de arraigo y empleo local. En un país de poca y baja densidad poblacional, la reorientación de la actividad agroexportadora cede ante el “*greenwashing*” favorable y promovido por organismos como la *International Trade Administration*, posicionando a Uruguay como referente en energías renovables junto a marcos promocionales para el hidrógeno verde y los combustibles sintéticos. Ante esta situación, surge la necesidad de replantear el rol que el Estado uruguayo debe adoptar para una mejor gestión, manejo e impacto de este tipo de inversiones a nivel territorial.

7.2 Infraestructura, logística y la transformación del paisaje

Tal como señalan Caraballo et al. (2021), Laverde-Albaracín et al. (2026) y Souto et al. (2018), los costos logísticos y de transporte conforman las variables críticas que definen la rentabilidad del sector forestal. En este contexto, la proyección de nuevas terminales portuarias y el inminente dragado del Canal San Gonzalo resultarían determinantes. Al asegurar una salida al Océano Atlántico significativamente más rápida y económica para los *agro-commodities* mediante la interconexión con el sistema portuario brasileño, se reduciría considerablemente los costos de exportación.

Los resultados de la modelación espacial confirman el peso definitorio de estas variables logísticas. Queda demostrado que el Índice CONEAT no es la variable que determina la actividad económica agrícola en el Uruguay, dejando de ser el factor determinante en la configuración territorial actual. Esta dinámica es plenamente consistente con las proyecciones históricas de los informes JICA (1985, 1999), los cuales ya visualizaban al este de Uruguay

como un enclave logístico estratégico. Se evidencia como las lógicas del capital "producen" o habilitan territorios rentables allí donde antes la viabilidad económica era marginal. En la actualidad, la conectividad vía hidrovía con Brasil se posiciona como el verdadero factor determinante de expansión de esta nueva frontera extractiva, relegando la aptitud ecosistémica de los suelos a un plano secundario.

La consecuencia directa de esta infraestructura logística es el reemplazo masivo de pastizales por plantaciones de rápido crecimiento (*Eucalyptus* spp.), tal como advertían Paruelo et al. (2010). La pérdida de más de 200.000 hectáreas de pastizales en la cuenca absorbidas en su mayoría por la expansión forestal, transforma un reservorio de carbono históricamente estable en un activo financiero de rotación rápida a merced de las demandas internacionales. Paradójicamente, este proceso es validado por instrumentos de gobernanza global bajo narrativas de “neutralidad climática”, donde el modelo forestal basado en la captura efímera de carbono se erige en base a variables de rentabilidad económica y no ecosistémicas. Por el lado de la normativa departamental, las escasas zonas definidas por los Gobiernos Departamentales como protección o limitación productiva, resultan irrelevantes o escuetas ante el impacto de estos rubros en el territorio, considerando las diferencias multiescales que ocupan a nivel nacional.

7.3 Vulnerabilidad hídrica de La Cuchilla Grande y área de influencia

Más allá de las dinámicas del mercado internacional, la viabilidad de la región este se encuentra condicionada fuertemente por su capital hídrico. Desde una visión funcional y sistémica, la Cuchilla Grande cumple el rol geomorfológico principal y reserva de acuíferos profundos que da origen a cuencas vitales como Laguna Merín, Río Negro y Santa Lucía, esta última crítica para el abastecimiento poblacional a nivel nacional.

El avance del modelo forestal hacia las zonas altas de sierras facilitada por maquinarias adaptadas a fuertes pendientes, representa una amenaza para la cosecha de recarga hídrica. La geología fisurada permite que los eucaliptos accedan al agua subterránea, compitiendo directamente con la recarga de los acuíferos. Ante la transición de más de 100.000 hectáreas en el área de estudio (ver Figura 8, p. 57), la forestación masiva trasciende como simple cambio de uso de suelo para ir hacia un sistema que pone en riesgo la matriz hídrica del Uruguay. Al

concebir a través de la gobernanza local al agua como un recurso “abundante”, se permite su explotación intensiva.

La situación de vulnerabilidad hídrica se agudiza al considerar el recurso hídrico en las cuencas bajas. La eventual incorporación de cultivos energéticos de rotación como *Brassica carinata* y su sinergia con el sector arrocerero podría tener impactos en el agua, considerándose insumo clave para la producción de biocombustibles e hidrógeno verde impactando en el ciclo hidrológico. La forestación consume en promedio 3.878 m³ de agua por hectárea al año, mientras que el sector arrocerero consume alrededor de 14.950 m³ (Milani *et al.*, 2026), liderando además las emisiones de CO₂ a nivel nacional. La coexistencia de ambos modelos intensivos podría forzar un conflicto directo por el recurso hídrico en la Cuenca de la Laguna Merín.

Resulta indispensable destacar el rol de la comunidad científica en la generación de evidencia empírica sobre esos impactos territoriales. Toma especial urgencia que la evidencia sea trasladada a los gestores públicos e instituciones encargadas del ordenamiento territorial, con el fin de reducir limitaciones técnicas y fortalecer una toma de decisiones respaldada por la ciencia. En paralelo, la democratización de este conocimiento hacia la sociedad civil es indispensable. Una población informada es el primer eslabón para generar masa crítica y defender el patrimonio natural. La organización comunitaria evidencia la resistencia social frente al avance del capital forestal constituyendo un conflicto territorial abierto por la soberanía del agua y la vida rural. De continuarse este modelo productivo, Uruguay corre el riesgo de degradar irreversiblemente sus suelos, la seguridad hídrica y ecológica, sacrificándolos ante lógicas de inversión financiera. Por consiguiente, transitar hacia un manejo territorial fundamentado en una perspectiva ambiental y orientada a una mejor ecuación de uso de suelo representa una necesidad vital para asegurar un futuro a la región.

8. CONCLUSIÓN

Se integraron variables de índole global, tanto aquellas vinculadas a costos económicos como a las demandas de nuevos derivados de la biomasa forestal, para comprender los factores actuales y las proyecciones de la expansión forestal. En base a las últimas dos décadas, se constata una profunda reconfiguración territorial en la cuenca alta de la Laguna Merín. Esa reterritorialización responde a la disponibilidad de tierras y la geopolítica forestal para satisfacer demandas del mercado internacional. Estas transformaciones impactarían en los próximos años en materia de disponibilidad de recursos hídricos, así como en la calidad del suelo, debido a la posible llegada efectiva de proyectos de hidrógeno verde, biorrefinerías o plantas de celulosa para atender posibles demandas internacionales.

Se sustenta la consolidación de la nueva frontera con la sustitución directa y masiva de los ecosistemas de pastizales por monocultivos forestales, localizados en las Sierras del Este. El análisis de la gobernanza territorial reveló marcadas asimetrías jerárquicas entre las normativas nacionales y departamentales. Las inconsistencias con la implementación de las normas debilitan la capacidad de gestión del Estado; el ordenamiento territorial solo podrá surtir un efecto real si se prevé directrices explícitas, vinculantes y articuladas orgánicamente entre todos los niveles de toma de decisiones. La pérdida de relevancia del índice CONEAT (1968) y la protección de ecosistemas de escasas hectáreas demuestran que el ordenamiento territorial actual carece de fuerza jurídica frente al peso económico del capital transnacional.

El ritmo de expansión forestal mostró recientemente una tendencia a la desaceleración. El modelo prospectivo demuestra como la eventual instalación de nuevos nodos logísticos e industriales modifica radicalmente la viabilidad económica de la región este. De concretarse estas infraestructuras de conectividad Laguna Merín – Océano Atlántico, las áreas más factibles futuras para ser forestadas se incrementarían en una proporción de 5:1 respecto al escenario actual. Esto podría aumentar una presión sobre el uso del suelo y los recursos hídricos en los próximos años. Esta transformación territorial es validada bajo narrativas de “neutralidad climática” y “emisiones cero”, lo que encubre mecanismos de “*greenwashing*”, donde los ecosistemas locales son sacrificados y absorben las externalidades ambientales para sostener las metas de descarbonización mundial.

El establecimiento masivo de monocultivos de especies exóticas de rápido crecimiento afecta directamente el ciclo hidrológico local debido a sus elevadas tasas de evapotranspiración

en comparación con la cobertura de pastizales. Su avance sobre las zonas altas de recarga en la Cuchilla Grande amenaza con reducir el rendimiento de acuíferos y el caudal superficial.

En definitiva, se concluye que el Estado uruguayo debe trascender la lógica de rentabilidad de las tierras para incorporar modelos de evaluación que visualicen los costos hídricos y ecosistémicos de los proyectos de inversión. Las futuras políticas de ordenamiento deben incorporar evaluaciones de riesgo prospectivas, estableciendo directrices explícitas que blinden el capital hídrico y pedológico frente al avance inevitable de las demandas del mercado internacional. Esto exige una revisión jurídica del marco regulatorio vigente, superando definiciones como “Suelos de Prioridad Forestal” habilitando el debate para una posible reconceptualización bajo la figura de “Suelos de Prioridad de Recarga Hídrica”. Al transitar hacia esta perspectiva, el Estado lograría establecer límites normativos que protejan la matriz hídrica nacional.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Achkar, M., Domínguez, A., & Pesce, F. (2006). Principales transformaciones territoriales en el Uruguay rural contemporáneo. *PAMPA*, 1(2). <https://doi.org/10.14409/pampa.v1i2.3137>
- Achkar, M., Domínguez, A., & Pesce, F. (2012). *Cuencas Hidrográficas del Uruguay: Situación y perspectivas ambientales y territoriales*. Programa Uruguay Sustentable, Redes Amigos de la Tierra.
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón [(JICA)]. (1985, setiembre). The feasibility study report on the establishment of a paper pulp plant in the Oriental Republic of Uruguay. Japan International Cooperation Agency. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/10304020_01.pdf
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA]. (1999). Estudio del plan básico sobre el desarrollo de la industria forestal: Informe final. Japan International Cooperation Agency. <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11548922.pdf>
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón. (1987). Informe para el estudio del plan maestro para el establecimiento de plantaciones de árboles y utilización de la madera plantada en la República Oriental del Uruguay. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/10742674_01.pdf
- AL-INVEST Verde. (2024). El sector forestal maderero. <https://alinvest-verde.eu/wp-content/uploads/2024/12/El-sector-forestal-maderero.pdf>
- Alonso, J., Silveira, L., & Vervoort, R. W. (2024). Assessing effects of afforestation on streamflow in Uruguay: From small to large basins. *Hydrological Processes*, 38(9), e15272. <https://doi.org/10.1002/hyp.15272>
- Ávila Akerberg, A. (2020). La nueva gobernanza internacional del cambio climático bajo el acuerdo de París: Estados Unidos, China y la Unión Europea. En *Estados Unidos inédito: poder y decadencia en la era de Trump* (pp. 259–282). Centro de Investigaciones sobre América del Norte, UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/5058330>
- Ayala-Mendivil, N., & Sandoval, G. (2018). Bioenergía a partir de residuos forestales y de madera. *Madera y Bosques*, 24(núm. especial), e2401877. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401877>
- Bacchetta, V. L. (2013, 21 de septiembre). *Uruguay: Empleos y producciones antes y después de la forestación*. Grupo Guayubira. <https://www.guayubira.org.uy/2013/09/empleos-forestacion-2013/>
- Bacchetta, V. L., Melazzi, G., & Yohai, W. (2019). *La entrega: El proyecto Uruguay-UPM. Movimiento por un Uruguay Sustentable (MOVUS)*.

Baeza, S., & Paruelo, J. M. (2020). Land use/land cover change (2000–2014) in the Rio de la Plata grasslands: An analysis based on MODIS NDVI time series. *Remote Sensing*, 12(3), Artículo 381. <https://doi.org/10.3390/rs12030381>

Baeza, S., Vélez-Martin, E., De Abelleira, D., Banchero, S., Gallego, F., Schirmbeck, J., Verón, S., Vallejos, M., Weber, E., Oyarzabal, M., Barbieri, A., Petek, M., Guerra Lara, M., Sarraillhé, S., Baldi, G., Bagnato, C., Bruzzone, L., Ramos, S., & Hasenack, H. (2022). Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: the MapBiomass Pampa initiative. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27, 112357. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.112357>.

Baldi, G., & Paruelo, J. M. (2008). Land-use and land cover dynamics in South American temperate grasslands. *Ecology and Society*, 13(2), Artículo 6. <https://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art6/>

Barreneche, J. M., & Zarucki, M. (2017). *Mapecto y clasificación de formaciones vegetales del sitio Ramsar Bañados del Este y franja costera* (Documento de Trabajo N° 52). PROBIDES.

Bastos Lima, M. G. (2021). Corporate power in the bioeconomy transition: The policies and politics of conservative ecological modernization in Brazil. *Sustainability*, 13(12), Artículo 6952. <https://doi.org/10.3390/su13126952>

Bauhus, J., van der Meer, P. J., & Kanninen, M. (Eds.). (2010). Ecosystem goods and services from plantation forests. Earthscan.

Berthrong, S.T., Jobbágy, E.G. and Jackson, R.B. (2009), A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications*, 19: 2228–2241. <https://doi.org/10.1890/08-1730.1>

Bonansea, S., Domínguez, F., & Mazzilli, S. R. (2021). *Productividad y ambiente: Eficiencia de uso del nitrógeno en Brassica carinata L.* *Cangue*, (44), 36–44. <https://cangue.eemac.edu.uy/download/97/>.

Bonansea, S., Ernst, O. R., & Mazzilli, S. R. (2023). Baseline for Brassica carinata components of nitrogen-use efficiency in southern South America. *Agronomy*, 13(2), Artículo 412. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020412>

Borras Jr., S. M., Franco, J. C., Isakson, S. R., Levidow, L., & Vervest, P. (2016). The rise of flex crops and commodities: Implications for research. *The Journal of Peasant Studies*, 43(1), 93–115. <https://doi.org/10.1080/03066150.2015.1036417>

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.

Caraballo, L., Correa, F., & Cordatti, A. (2021). *Modelo para la planificación eficiente del transporte forestal: Un análisis del transporte bimodal de trozas en Uruguay*. [Tesis de grado, Universidad de la República]. Repositorio Colibrí. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/29898>

CARE Calificadora de Riesgo. (2025). *Actualización de calificación de riesgo de certificados de participación en el dominio fiduciario del "Fideicomiso Financiero Forestal Bosques del Uruguay III"*. https://www.care.com.uy/uploads/documentos-asociados/2025_4_9_18_56_20FF%20Forestal%20Bosques%20del%20Uruguay%20III%2004-25%201.pdf.

Carvalho, F. P., Melo, C. A. D., Machado, M. S., Dias, D. C. F. S., & Alvarenga, E. M. (2015). The allelopathic effect of eucalyptus leaf extract on grass forage seed. *Planta Daninha*, 33(2), 193–201. <https://doi.org/10.1590/0100-83582015000200004>

CERES. (noviembre, 2023). La producción forestal en Uruguay Un sector líder y sostenible. *Informe especial*. https://ceres.uy/admin/uploads/slides/archivo_1699474632.pdf

Ceroni, M., Oyhançabal Benelli, G., & Carámbula, M. (2022). *El cambio agrario en el Uruguay contemporáneo*. Ediciones del Berretín.

Céspedes-Payret, C. (1995). *El humedal de la Cuenca de la Laguna Merín: Análisis y discusión para su reinterpretación* (Gestión ambiental en los humedales de la Cuenca de la Laguna Merín, No. 27). Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo, Uruguay (CIEDUR). https://www.researchgate.net/publication/328731799_El_humedal_de_la_Cuenca_de_la_Laguna_Mer_in_Analisis_y_discusion_para_su_reinterpretacion_No27_GESTION_AMBIENTAL_DE_LOS_HUMEDALES_DE_LA_CUENCA_DE_LA_LAGUNA_MERIN_CIEDUR_Centro_Interdisciplinario_de_Est

Céspedes-Payret, C., Bazzoni, B., Gutiérrez, O., & Panario, D. (2016). Soil organic carbon vs. bulk density following temperate grassland afforestation. *Environmental Processes*. <https://doi.org/10.1007/s40710-016-0197-4>

Chescheir, G. M., Skaggs, R. W., & Amatya, D. M. (2008). Hydrologic impacts of converting grassland to managed forestland in Uruguay. *ASABE Publication Number 701P0208cd*.

Chescheir, G. M., Skaggs, R. W., Amatya, D. M., & Birgand, F. (2025). Hydrologic impacts of afforestation in Uruguay, a 20-year paired watershed study. *J. ASABE*, 68(6), 1053-1071. <https://doi.org/10.13031/ja.16474>

Chouhy, M., Bergós, L., Garay, A., Grattarola, F., Perazza, G., Santos, C., y Taks, J. (Eds.) (2022). *Relaciones sociedad-naturaleza en Paso Centurión. Aportes desde una trayectoria integral universitaria en la frontera noreste de Uruguay*. Servicio Central de Extensión y Actividades en el Medio, Universidad de la República. República. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/34792>

Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo* (COM/2019/640 final). https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Comisión Europea. (2024). *Un Pacto Verde Europeo*. Comisión Europea. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro futuro común* [Documento A/42/427 de la Asamblea General]. Organización de las Naciones Unidas.

Comisión Nacional de Estudio Agronómico de la Tierra. (1976). *Descripción de los grupos de suelos CONEAT*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC]. (1997). *Protocolo de Kioto*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC]. (2015). *Acuerdo de París*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Di Pietro, S. (2017). Acuerdo de París: ¿nuevos compromisos con el Medio Ambiente o nuevas oportunidades de negocio? *Cooperativismo & Desarrollo*, 25(111), 43-51. <https://doi.org/10.16925/co.v25i111.1874>.

Dietz, K. (2024). Global energy transitions and green extractivism. En M. Lang, M. A. Manahan, & B. Bringel (Eds.), *The geopolitics of green colonialism: Global justice and eco-social transitions*. (pp. 37–56). Pluto Press.

Durán, A., Califra, A., & Molfino, J. H. (1999). *Suelos del Uruguay según Soil Taxonomy*. Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República / Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/Suelos%20de%20Uruguay%20seg%C3%BAAn%20Soil%20Taxonomy_0.pdf

Ehrnström-Fuentes, M., & Kröger, M. (2018). Birthing extractivism: The role of the state in forestry politics and development in Uruguay. *Journal of Rural Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.12.022>

Fairhead, J., Leach, M., & Scoones, I. (2012). Green grabbing: A new appropriation of nature? *The Journal of Peasant Studies*, 39(2), 237–261.

Farley, K. A., Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2005). Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology*, 11(10), 1565–1576.

Feffer, J., & Lander, E. (2024). Can the greatest polluters save the planet?: Decarbonisation policies in the US, EU and China. En *The geopolitics of green colonialism* (pp. 64–75). <https://doi.org/10.2307/jj.12865310.9>

Ferro Clérico, L. (2006). Democracia y política exterior: Uruguay (1985-2006). *América Latina Hoy*, 44, 115–132.

Freire Ordóñez, D., Halfdanarson, T., Ganzer, C., Shah, N., Mac Dowell, N., & Guillén-Gosálbez, G. (2022). Evaluation of the potential use of e-fuels in the European aviation sector: A comprehensive economic and environmental assessment including externalities. *Sustainable Energy & Fuels*.

Gancheff, J. S., Pejo, C., Valdomir, G., Bard, J., & Granford Ruiz, D. (2025). *HyUruguay: Development of a green hydrogen R&D roadmap for Uruguay*. Universidad de la República; Fraunhofer Institute for Energy Economics and Energy System Technology.

González-Torres, M., Pérez-Bidegain, M., González-Sosa, P., & Bentancur, O. (2024). Differential effects on soil water repellency of Eucalyptus and Pinus plantations replacing natural pastures. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 48, e0230089.

Grela, I. A. (2004). *Geografía florística de las especies arbóreas de Uruguay: Propuesta para la delimitación de dendrofloras* [Tesis de maestría, Universidad de la República].

Gudynas, E. (2015). *Extractivismos. Ecología, economía y política de un modo de entender el desarrollo y la naturaleza*. CEDIB.

Gutiérrez, O., & Panario, D. (2014). *Implementación de un complejo forestal industrial, ¿una política de Estado? Estudio de caso: Uruguay* (Documento de Trabajo ENGOV No. 7). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26174.89928>

Gutiérrez, O., Caffera, R. M., Céspedes-Payret, C., González, A., & Panario, D. (1993). Hacia una evaluación de efectos ambientales de la forestación en Uruguay con especies introducidas. En C. Pérez Arrarte (Ed.), *Desarrollo forestal y medioambiente* (pp. 157–206). Ciedur; Hemisferio Sur.

Harvey, D. (2019). *El "nuevo" imperialismo: Sobre reajustes espacio-temporales y acumulación mediante desposesión*. Biblioteca Libre OMEGALFA. (Obra original publicada en 2003).

Hong, S., Cong, N., Ding, J., Piao, S., Liu, L., Peñuelas, J., et al. (2023). Effects of afforestation on soil carbon and nitrogen accumulation depend on initial soil nitrogen status. *Global Biogeochemical Cycles*, 37, e2022GB007490. <https://doi.org/10.1029/2022GB007490>

Huang, X., Ibrahim, M. M., Luo, Y., Jiang, L., Chen, J., & Hou, E. (2024). *Land use change alters soil organic carbon: Constrained global patterns and predictors*. *Earth's Future*, 12, e2023EF004254. <https://doi.org/10.1029/2023EF004254>

Ibarra, D., & Escobar, L. (2008). *Mercado de bonos de carbono*. *Tiempo Económico*, 3(9), 31–50. <https://tiempoeconomico.azc.uam.mx/wp-content/uploads/2017/07/09te2.pdf>

Jobbágy, E. G., Noretto, M. D., Villagra, P. E., & Jackson, R. B. (2012). Forestación en pastizales: Hacia una visión ecohidrológica de los cambios de uso de la tierra en el Río de la Plata. *Ecología Austral*, 22(1), 58–70.

Jobbágy, E. G., Vassallo, M., Farley, K. A., Piñeiro, G., Garbulsky, M. F., Noretto, M. D., Jackson, R. B., & Paruelo, J. M. (2006). Forestación en pastizales: Hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *Agrociencia*, 10(2), 109–124.

Jobbágy, E.G. and Jackson, R.B. (2004), The uplift of soil nutrients by plants: biogeochemical consequences across scales. *Ecology*, 85: 2380-2389. <https://doi.org/10.1890/03-0245>

Klein, H. S., & Vidal Luna, F. (2022). The development of a modern cellulose industry in South America. *Latin American Research Review*, 57, 753–774. <https://doi.org/10.1017/lar.2022.65>

Kröger, M. (2014). The political economy of global tree plantation expansion: A review. *Journal of Peasant Studies*, 41(2), 235–261. <https://doi.org/10.1080/03066150.2014.890596>

Kröger, M., & Ehrnström-Fuentes, M. (2022). Extractivismo Forestal - Uruguay. In B. M. McKay, A. Alonso-Fradejas, & A. Ezquerro-Cañete (Eds.), *Extractivismo agrario en América Latina* (pp. 343–384). CLACSO. <https://doi.org/10.2307/j.ctv3142tqn.13>

Kruk, C., Gascue, A., Bortolotto, N., Rodríguez-Lezica, L., González, S., Martínez, G., de la Rosa, A., Gianotti, C., & Delbene, L. (2022). Problemáticas socioambientales en el territorio hidrosocial de la Laguna Merín: aportes desde la interdisciplina. *Revista Uruguay de Antropología y Etnografía*, 7(2) e690. <https://doi.org/10.29112/ruae.v7i2.1690>.

Laverde-Albaracín, C., González González, J. F., Nogales-Delgado, S., Román, S., Ledesma-Cano, B., Peña-Banegas, D., Ortiz, Y., & Gunsha-Morales, A. (2026). Biomass and its role in the Latin

American energy mix: A review of biofuels and bioelectricity pathways toward sustainable transitions. *Applied Sciences*, 16(5), 2246. <https://doi.org/10.3390/app16052246>

Lehtinen, A. A. (2002). Globalisation and the Finnish forest sector: On the internationalisation of forest-industrial operations. *Fennia - International Journal of Geography*, 180(1-2), 237-250.

Martins, F. B., Benassi, R. B., Torres, R. R., & de Brito Neto, F. A. (2022). Impacts of 1.5 °C and 2 °C global warming on Eucalyptus plantations in South America. *Science of The Total Environment*, 825, Artículo 153820. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153820>

Martins, F. B., Soares, C. P. B., & da Silva, G. F. (2014). Individual tree growth models for eucalyptus in northern Brazil. *Scientia Agricola*, 71(3). <https://doi.org/10.1590/S0103-90162014000300006>

May, F. E., & Ash, J. E. (1990). An assessment of the allelopathic potential of Eucalyptus. *Australian Journal of Botany*, 38, 245–254.

McAfee, K. (1999). Selling nature to save it? Biodiversity and green developmentalism. *Environment and Planning D: Society and Space*, 17, 133–154.

Milani, T., Bizzozero, F., Mazzeo, N., Baraibar, M., Piñeiro, J. M., Rodríguez, L., Garibaldi, L., & Jobbágy, E. (2026). The wide (un)sustainability ranges of agroexporting territories: Insights from Uruguay. *Science of the Total Environment*. 1033, Artículo 181828.

Ministerio de Ambiente. (2021). *Región hidrográfica de la Laguna Merín*. Gobierno de Uruguay. Recuperado de: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/region-hidrografica-laguna-merin>

Ministerio de Ambiente. (2023). *Monitoreo de Calidad del Agua: Cuenca de la Laguna Merín 2023*. Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA). Montevideo, Uruguay. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCA-Informe-Laguna-Merin-2023.pdf>

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Oficina de Estadísticas Agropecuarias [MGAP-DIEA]. (2026, 23 de marzo). *Serie "Precio de la tierra": Compraventas Año 2025*. (Comunicado oficial), Dirección General de Secretaría. Uruguay. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/noticias/DIEA-COMPRAVENTAS-A%C3%91O-2025.pdf>

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General Forestal [MGAP, DGF]. (2024). *Presentación cartografía forestal nacional 2024*. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/presentacion-cartografia-forestal-nacional-2024>

Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial [MVOT, DINOT]. (2025). Sistema de Información Territorial (SIT). <https://geoportal.mvot.gub.uy/sitio/portal/>

Ministry of Land, Infrastructure and Transport. [MOLIT] (2025, 22 de septiembre). SAF

Morrone, J. J. (2006). Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology*, 51, 467–494. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130447>

Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales [WRM]. (2000). *Boletín Nro 36*. Montevideo, Uruguay, julio 2000. <https://www.wrm.org.uy/es/boletines/nro-36>

Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales [WRM]. (2004). *Boletín Nro 83*. Montevideo, Uruguay, junio 2004. <https://www.wrm.org.uy/es/boletines/nro-83>

Moya, R., Tenorio, C., & Oporto, G. (2019). Short rotation wood crops in Latin American: A review on status and potential uses as biofuel. *Energies*, 12(4), 705. <https://doi.org/10.3390/en12040705>

MVOTMA - DINAGUA. (2017). *Plan Nacional de Aguas*. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Montevideo, Uruguay. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/plan-nacional-aguas>

Naciones Unidas. (1997). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. https://unfccc.int/es/kyoto_protocol [1, 2, 3]

Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris> [1, 2, 3]

Nosetto, M. D. (2007). Conversión de pastizales en forestaciones: Impactos sobre la dinámica del agua y las sales [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires].

Nosetto, M. D., Jobbágy, E. G., & Paruelo, J. M. (2005). Land-use change and water losses: The case of grassland afforestation across a soil textural gradient in central Argentina. *Global Change Biology*. 1(7), 1101–1117 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00975.x>

Nosetto, M. D., Jobbágy, E. G., Brizuela, A. B., & Jackson, R. B. (2012). The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, 2–11.

Núñez Demarco, P., Masquelin, H., & Sánchez Bettucci, L. (2018). Historia de la geología precámbrica de Uruguay: Revisión de las divisiones estructurales, tecto-estratigráficas, sus límites y nomenclaturas. *Revista Investigaciones*, 1(2), 1–16.

Oyhantçabal, G., & Narbono, I. (2013). El agronegocio y la expansión del capitalismo en el campo uruguayo. *REBELA - Revista Brasileira de Estudos Latino-Americanos*, 2(3).

Panario, D., & Gutiérrez, O. (2007). *La política forestal industrial del Estado uruguayo* Seminario Política y Pasteras en el Río Uruguay: Medio Ambiente, Modelos Productivos y Movimiento Social, Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).

Paruelo, J. M., & Altesor, A. (2023). Evaluación de la heterogeneidad estructural y funcional de los pastizales naturales para su manejo. En G. P. García-Inza, J. M. Paruelo, & R. Zoppolo (Eds.), *Aportes científicos y tecnológicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay a las trayectorias agroecológicas* (pp. 235–256). Ediciones CICCUS.

Paruelo, J. M., Piñeiro, G., Baldi, G., Baeza, S., Lezama, F., Altesor, A., & Oesterheld, M. (2010). Carbon Stocks and Fluxes in Rangelands of the Río de la Plata Basin. *Rangeland Ecology & Management*, 63(1), 94-108. <https://doi.org/10.2111/08-055.1>.

Piñeiro, D. E. (2011). El caso de Uruguay. En F. Soto Baquero & S. Gómez (Eds.), *Dinámicas del mercado de la tierra en América Latina y el Caribe: concentración y extranjerización* (pp. 521–552). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Piñeiro, D. E. (2012). Land grabbing: concentration and “foreignisation” of land in Uruguay. *Canadian Journal of Development Studies / Revue canadienne d'études du développement*, 33(4), 471–489. <https://doi.org/10.1080/02255189.2012.746216>

PNUMA (2024). Emissions Gap Report 2024: No more hot air... please! <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2024>

Poder Ejecutivo. (2013, 6 de noviembre). *Aprobación de las "Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de la Región Este"* [Decreto N° 360/013]. Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO). <https://www.imo.com.uy/bases/decretos/360-2013>

Poder Legislativo. (1968, 20 de diciembre). *Se declara de interés nacional, la defensa, el mejoramiento, la ampliación y la creación de los recursos forestales, así como también el desarrollo de las industrias afines* [Ley N° 13.723]. Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO). <https://www.imo.com.uy/bases/leyes-originales/13723-1968>

Poder Legislativo. (1968, 24 de octubre). *Aprobación del Texto Ordenado 1968* [Ley N° 13.695]. Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO). <https://www.imo.com.uy/bases/leyes-originales/13695-1968>

Poder Legislativo. (1987, 28 de diciembre). *Ley Forestal-Fondo Forestal-Recursos Naturales* [Ley N° 15.939]. Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO). <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15939-1987>

Poder Legislativo. (2008, 18 de junio). *Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible* [Ley N° 18.308]. Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO). <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18308-2008>

Prebisch, R. (1981). *Capitalismo periférico: Crisis y transformación*. Fondo de Cultura Económica; CEPAL.

Proyecto MapBiomass Uruguay. (2025). *Colección 3 de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo* [Base de datos cartográfica]. Red MapBiomass. <https://uruguay.mapbiomas.org/map/coleccion-3/>

Ranta, L. (2019). *Climate positive fuels for transport decarbonization: Concept paper*. UPM Biofuels; Agrisoma Biosciences Inc.

Reid, W. V., Ali, M. K., & Field, C. B. (2020). The future of bioenergy. *Global Change Biology*. 26:274–286. <https://doi.org/10.1111/gcb.14883>

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [REN21]. (2025). *Renewables 2025 Global status report*. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>

Rivas, L. (2024). *Oportunidad de producción de fertilizantes a partir de hidrógeno verde en Uruguay: Revisión de la situación actual*. Cámara de Comercio e Industria Uruguayo-Alemana (AHK Uruguay); Ficus Advisory S.A.

Santarosa, L. V., de Oliveira Ferreira Silva, C., Hirigoyen, A., & Quaggio, C. S. (2025). Water consumption assessment of afforestation and natural vegetation areas with a remote sensing approach. *Water*, 17(11), Artículo 1597. <https://doi.org/10.3390/w17111597>

Sassen, S. (2015). *Expulsiones: Brutalidad y complejidad en la economía global*. Katz Editores. (Obra original publicada en 2014).

Sedjo, R. A. (1999). The potential of high-yield plantation forestry for meeting timber needs: Recent performance, future potentials, and environmental implications. *New Forests*, 17, 339–359.

Segrelles Serrano, J. A. (2001). Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. 5(92). <https://www.ub.edu/geocrit/sn-92.htm>

Serrentino, C. M., Prigioni, C. M., & Flores, J. C. (2014). *Señal climática en la cuenca binacional de la Laguna Merín: Incremento pluviométrico intertreintenos genera posible estrés biótico* (Estudio N.º 02/14). Consejo Uruguayo para las Relaciones Internacionales. <https://curi.org.uy/archivos/estudiocuri2del14serrentino.pdf>

Silveira, L., Alonso, J., & Martínez, G. (2023). Effects of grassland afforestation on water yield in basins of Uruguay. *Land*, 12(1), 185.

Silveira, L., Alonso, J., & Martínez, L. (2006). Efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. *Agrociencia*, 10(2), 75–93.

Soil Survey Staff. (1999). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (2nd ed., Agricultural Handbook No. 436). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Sotirov, M., Pezdevšek Malovrh, Š., A., Beland Lindahl, K., Haase, M., Aquilué, N., Kraxner, F., Krasovskiy, Schepaschenko, D., Johnstone, C., Hajtmarova, S., Niedzialkowski, K., Nieberg, M., Nilsson, J., Nordström, E. M., Paligorov, I., Pecurul, M., Renaud, P., Sorge, S., & Uhan, Z. (2025). *Policy and driver scenarios of forest biodiversity conservation and restoration in Europe* (BIOCONSENT project report with coherent scenarios for each case study, D.2.1.1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14949872>

Souto, G., Tommasino, H., Errea, E., & Sáder, M. (2018). *Logística de las cuatro principales cadenas agroindustriales del Uruguay*. Pereyra, A., Abad, J., & Rubinstein da Silva, E. (Eds.). Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0001460>

Svampa, M. (2019). *Las fronteras del neoextractivismo en América Latina, conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependencias*. Universidad de Guadalajara; Bielefeld University Press. <https://doi.org/10.14361/9783839445266>

Terradas-Cobas, L., Gutiérrez, O., & Panario, D. (2025). Hidrógeno verde, extractivismo y patentes: ¿una transición energética para que nada cambie? *Áltera Revista de Antropología*, 19, e01908, 1–35. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2447-9837.2025.n19.72050>

Tian, D., & Niu, S. (2015). A global analysis of soil acidification caused by nitrogen addition. *Environmental Research Letters*, 10(2), Artículo 024019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/2/024019>

Tsakok, I. (2022). The experience of the Oriental Republic of Uruguay: Market integration within MERCOSUR and with other global partners. Insights for AfCFTA countries? (Policy Brief PB-

16/22). Policy Center for the New South. <https://www.policycenter.ma/publications/experience-oriental-republic-uruguay-market-integration-within-mercosur-and-other>

UPM. (2017, 28 de junio). *UPM tests Carinata sequential cropping concept as part of Biofuels future development*. <https://www.upm.com/news-and-stories/releases/2017/06/upm-tests-carinata-sequential-cropping-concept-as-part-of-biofuels-future-development/>

Uruguay XXI. (2026, 7 de enero). *Informe anual de comercio exterior de Uruguay - 2025*. <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/centro-informacion/articulo/informe-anual-de-comercio-exterior-de-uruguay-2025/>

Vassallo, M. M., Diéguez, H. D., Garbulsky, M. F., Jobbágy, E. G., & Paruelo, J. M. (2013). Grassland afforestation impact on primary productivity: A remote sensing approach. *Applied Vegetation Science*, 16, 390–403.

Zhang, L., Dawes, W. R., & Walker, G. R. (2001). Response of water yield to habitat changes: A meta-analysis of catchment studies. *Water Resources Research*, 37(3), 701–716.

ANEXO

Definiciones de Categorías temáticas seleccionadas. Extraído de MapBiomass Uruguay
Colección 3

Bosque Nativo: “Vegetación natural leñosa con dosel continuo de arbóreas o arbustivas, con copas que se tocan o ligeramente separadas, con cobertura mayor al 65%. Puede incluir mezclas con especies exóticas naturalizadas.”

Pantano y Pastizal Inundable: “Vegetación natural herbácea predominantemente nativa influenciada por excesos de agua. Ocupa suelos hidromórficos, que se inundan en forma permanente o temporaria. Incluye bañados, esteros y orillas de lagunas y otros cuerpos de agua con vegetación típicamente higrófila, con herbáceas acuáticas y palustres, que ocupan planicies y depresiones que permanecen inundadas por breves (meses) o extensos períodos (años)”

Pastizal: “Vegetación natural herbácea, o naturalizada (i.e. que no necesita de la intervención humana para mantenerse por largo tiempo). En general presenta una mezcla de gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, o subarbustivas y ocasionalmente leñosas con cobertura inferior al 20 %. En general, presenta dominancia de especies nativas por sobre exóticas implantadas o naturalizadas. La fisonomía y su composición botánica es influenciada por los gradientes edáfico-topográficos y el uso pastoril. Ocupa suelos profundos o someros, hasta muy llanos y rocosos, bien drenados (psamófilo), mal drenados (húmedo, con notable presencia de ciperáceas), y o bajo influencia salina (halófilo). En general se utiliza con fines ganaderos.”

Pasturas: “Cultivo de especies forrajeras herbáceas perennes, es decir que persiste por un período mayor a un año. Comprende principalmente gramíneas y/o leguminosas exóticas. Requiere de intervención humana para permanecer como tal en el tiempo.”

Agricultura: “Mayoritariamente representado por cultivos de especies herbáceas anuales, es decir que hayan sido plantados y cosechados durante el período de un año. Comprende cultivos de grano, forrajeros anuales, hortícolas y áreas con período de descanso entre siembras agrícolas (barbecho).”

Cuerpos de agua: “Área con presencia de agua en superficie de forma permanente. Incluye arroyos, ríos, océanos, lagunas, lagos naturales y artificiales”

Áreas sin vegetación: “Área con cobertura vegetal menor al 5 %, con playas y dunas (cordones arenosos de color blanco brillante, en donde no hay predominio de vegetación de ningún tipo), con infraestructura urbana y rural (con predominio de superficies no vegetadas como construcciones y asfalto, excluyendo situaciones de vegetación en asentamientos como arbolado o pastos), con actividad de minería (como canteras, minería a cielo abierto, sin presencia de agua) y/o con afloramientos rocosos (roca naturalmente expuesta en la superficie sin cobertura vegetal).”

Otros usos forestales: “Otros usos forestales en sentido amplio, no contempladas en las otras subclases de plantaciones forestales. Incluye los periodos posteriores a la cosecha entre dos ciclos forestales así como plantaciones forestales jóvenes aun no diferenciables por los algoritmos de clasificación”

Plantaciones de Eucaliptos: “Cultivo de especies leñosas del género *Eucalyptus*”

Plantaciones de Pinos: “Cultivo de especies leñosas arbóreas del género *Pinus*”