



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA Y TURISMO**

TESIS DE LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

**“Análisis de los cambios en los usos y coberturas
de los suelos de Villarino y Patagones para la
preservación de Servicios Ecosistémicos”**

Tesista: Palmeyro Leandro Matías

Director/a: Geraldí Alejandra Mabel

Co-Director/a: Barragán Federico Gastón

BAHÍA BLANCA 2021

A mis directores Alejandra y Federico que me guiaron, aconsejaron y formaron durante este recorrido.

A mi familia por apoyarme siempre, creer en mí y darme la posibilidad de estudiar.

A mi novia, que me acompañó y siempre estuvo para escucharme y ayudarme con mis altibajos durante este proceso, y a su familia.

A mis amigos de la vida, de la universidad y del laboratorio, por todos los momentos compartidos.

A Cristina Winschel y Alejandro Pezzola, por su ayuda y acompañamiento incondicional, tanto académico como anímico.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera formaron parte de mi vida y del camino realizado durante esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN	1
1.2. Estado del arte.....	4
1.3. Plan de trabajo.....	9
1.4. Área de estudio	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. La Geografía y el Ordenamiento Territorial Rural	17
2.2. El Ordenamiento Territorial Rural desde un enfoque ecosistémico	23
2.3. La Geografía Automatizada.....	29
2.3.1 El funcionamiento ecosistémico y la teledetección.....	31
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS	33
3.1 Primera etapa	33
3.1.1. Bosques mixtos.....	36
3.1.1.1. Carbono de la biomasa viva sobre el suelo	36
3.1.1.2. Carbono de la biomasa viva subterránea	36
3.1.1.3. Carbono en madera muerta y hojarasca.....	36
3.1.1.4. Carbono en el suelo	37
3.1.1.5. Carbono total del hábitat.....	37
3.1.2. Arbustos cerrados	37
3.1.2.1. Carbono de la biomasa viva sobre el suelo.....	37
3.1.2.2. Carbono subterráneo.....	38
3.1.2.3. Carbono en madera muerta y hojarasca.....	38
3.1.2.4. Carbono en el suelo	38
3.1.2.5. Carbono total del hábitat.....	38
3.1.3. Arbustos abiertos	39
3.1.3.1. Carbono de la biomasa viva sobre el suelo.....	39
3.1.3.2. Carbono subterráneo.....	39
3.1.3.3. Carbono en madera muerta y hojarasca.....	39
3.1.3.4. Carbono en el suelo	40
3.1.3.5. Carbono total del hábitat.....	40
3.1.4. Pastizales	40

3.1.4.1. Carbono aéreo	40
3.1.4.2. Carbono subterráneo.....	40
3.1.4.3. Carbono en la madera muerta y hojarasca	41
3.1.4.4. Carbono en el suelo	41
3.1.4.5. Carbono total del hábitat.....	41
3.1.5. Cultivos	41
3.1.5.1. Carbono en la biomasa aérea, biomasa subterránea y madera muerta y hojarasca	41
3.1.5.2. Carbono en el suelo	41
3.1.5.3. Carbono total del hábitat.....	42
3.1.6. Carbono total del sitio	42
3.2 Segunda parte.....	43
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXO	87

Índice de figuras

Figura 1: Voladura de suelos en Villarino y Patagones durante la sequía del 2008-2009

Figura 2: Localización del área de estudio

Figura 3: Infraestructura de transporte de Villarino y Patagones

Figura 4: Área de riego del Valle Bonaerense del Río Colorado

Figura 5: Cascada de los Servicios Ecosistémicos

Figura 6: Componentes de un SIG

Figura 7: Esquema metodológico

Figura 8: Coberturas del suelo de los partidos de Villarino y Patagones para el año 2019

Figura 9: Hábitats de los partidos de Villarino y Patagones para el año 2019

Figura 10: Leña de Chañar para uso personal en un campo del partido de Villarino

Figura 11: Centro de acopio de leña en las afueras de la ciudad de Patagones

Figura 12: Loros barranqueros (*Cyanoliseus patagonus*) posados sobre piquillines (*Condalia microphylla*) del Partido de Villarino

Figura 13: Grupo de observadores avistando fauna y flora autóctona en la Laguna la Salada

Figura 14: Extensión de los hábitats de los partidos de Villarino y Patagones para el año 2030

Figura 15: Carbono almacenado por partido el año 2019 y estimación del 2030

Figura 16: Índice de carbono almacenado para Villarino y Patagones (2019-2030)

Figura 17: Carbono almacenado por hectárea de cada hábitat

Figura 18: Localización de las toneladas de carbono almacenado por hectárea para los partidos de Villarino y Patagones

Figura 19: Hábitats de los partidos de Villarino y Patagones con mayor cantidad de C/Ha

Figura 20: Promedio anual (2019) de fPAR para los hábitats seleccionados de Villarino y Patagones

Figura 21: Clases correspondientes al fPAR promedio anual para los partidos de Villarino y

Patagones

Figura 22: Variabilidad anual (2019) de fPAR para los hábitats seleccionados de Villarino y Patagones

Figura 23: Clases correspondientes a la variabilidad anual de fPAR para los partidos de Villarino y Patagones

Figura 24: Clasificación del funcionamiento ecosistémico de los hábitats seleccionados del Partido de Villarino

Figura 25: Clasificación del funcionamiento ecosistémico de los hábitats seleccionados del Partido de Patagones

Índice de Tablas

Tabla I: Clasificación de las partes interesadas según interés e influencia

Tabla II: Hábitats correspondientes a cada una de las coberturas presentes en el área de estudio

Tabla III: Superficie correspondiente a cada hábitat en Villarino y en Patagones para el año 2019

Tabla IV: Servicios Ecosistémicos reconocidos en los partidos de Villarino y Patagones

Tabla V: Porcentajes estimados para los estados plausibles de cada uno de los sitios de evaluación

Tabla VI: Hectáreas por hábitat y porcentaje dentro del partido para el año 2019

Tabla VII: Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Villarino para el año 2019

Tabla VIII: Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Villarino para el año 2030

Tabla IX: Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Patagones para el año 2019

Tabla X: Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Patagones para el año 2030

Tabla XI: C almacenado (en miles) por hábitat y por partido para los años 2019 y 2030

RESUMEN

La presente tesis de grado, denominada “Análisis de los cambios en los usos y coberturas de los suelos de Villarino y Patagones para la preservación de Servicios Ecosistémicos”, procura estudiar los patrones de cambio en los usos y las coberturas del suelo de los partidos de Villarino y Patagones con el propósito de planificar dichos cambios en pos de la estabilidad funcional y estructural de los ecosistemas del área, y su consecuente provisión de Servicios Ecosistémicos.

El área de estudio se caracteriza por presentar una marcada variación interanual entre periodos secos y húmedos que le otorgan cierta inestabilidad ambiental. Dentro de las consecuencias reconocidas se puede nombrar la pérdida de biodiversidad, intensificación de eventos meteorológicos perjudiciales para los grupos humanos de la región o procesos de desertificación. Primar la conservación de los ecosistemas que brinden una mayor cantidad de servicios ecosistémicos, principalmente vinculados a la regulación, daría la posibilidad de menguar dichas consecuencias y aumentar la resiliencia ambiental del área de estudio.

Para ello, se construyó un modelo espacial de la realidad que permita integrar la información espacial generada y reconocer los ecosistemas que sean convenientes conservar para lograr esa resiliencia. En primer lugar, se identificaron y localizaron los hábitats con mayor carbono almacenado por hectárea en los partidos de Villarino y Patagones a partir de diversos factores de conversión indicados por el kit de herramientas TESSA y provistos por el IPCC. Esto permitió reconocer los reservorios de carbono del área de estudio. Teniendo en cuenta el avance inminente de la frontera agrícola o el desmonte sobre dichos reservorios, se procedió a caracterizar funcionalmente estos hábitats para distinguir a aquellos que presenten un mejor funcionamiento ecosistémico y, por lo tanto, una mayor provisión de servicios ecosistémicos de interés. Para esto se utilizaron como variables el promedio anual y la variabilidad anual del fPAR presentado por cada parcela correspondiente a los hábitats analizados. Por último, se clasificaron los resultados en 3 clases y se sumaron ambas variables para lograr la caracterización funcional de cada parcela.

Palabras clave: Usos y coberturas del suelo, servicios ecosistémicos, funcionamiento ecosistémico, modelo espacial

ABSTRACT

This degree thesis, called "Analysis of the changes in the uses and covers of the soils of Villarino and Patagones for the preservation of Ecosystem Services", seeks to study the patterns of change in the uses and covers of the land of the districts of Villarino and Patagones with the purpose of planning said changes in pursuit of the functional and structural stability of the area's ecosystems, and their consequent provision of Ecosystem Services.

The study area is characterized by presenting a marked interannual variation between dry and humid periods that give it a certain environmental instability. Among the recognized consequences can be named the loss of biodiversity, intensification of meteorological events harmful to human groups in the region or desertification processes. Prioritizing the conservation of ecosystems that provide a greater amount of ecosystem services, mainly linked to regulation, would give the possibility of reducing these consequences and increasing the environmental resilience of the study area.

For this, a spatial model of reality was built that allows integrating the spatial information generated and recognizing the ecosystems that are convenient to conserve in order to achieve that resilience. In the first place, the habitats with the highest carbon stored per hectare were identified and located in the Villarino and Patagones districts based on various conversion factors indicated by the TESSA toolkit and provided by the IPCC. This made it possible to recognize the carbon reservoirs in the study area. Taking into account the imminent advance of the agricultural frontier or the clearing of said reservoirs, we proceeded to functionally characterize these habitats to distinguish those that present a better ecosystem functioning and, therefore, a greater provision of ecosystem services of interest. For this, the annual average and the annual variability of the fPAR presented by each plot corresponding to the analyzed habitats were used as variables. Finally, the results were classified into 3 classes and both variables were added to achieve the functional characterization of each plot.

Keywords: Land use and cover, ecosystem services, ecosystem functioning, spatial model

Capítulo 1:
INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El hombre transforma el paisaje para obtener alimentos, fibras, combustibles y otros bienes que brindan los ecosistemas (Baeza & Paruelo, 2014). A través del tiempo la humanidad fue modificando la distribución de las cubiertas naturales de los distintos territorios, con el fin de satisfacer diversas necesidades. Dichas intervenciones fueron aumentando en cantidad e intensidad durante los últimos siglos, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX, producto de distintos avances técnicos y tecnológicos. Estas alteraciones desembocan, en mayor o menor medida, en consecuencias funcionales y estructurales para los ecosistemas, por lo que “el estudio de la dinámica espacial a través de la dimensión temporal constituye una tarea de gran importancia en la investigación científica” (Humacata & Buzai, 2018: 1001).

Los usos y coberturas de los territorios son una preocupación de importancia internacional. Cambios experimentados en bosques, tierras de cultivo y cursos de agua están siendo impulsados por prácticas basadas en la extracción intensiva de recursos naturales para obtener beneficios en el corto plazo. En este escenario, “nos enfrentamos al desafío de gestionar las compensaciones entre las necesidades humanas inmediatas y mantener la capacidad de la biosfera para proporcionar bienes y servicios a largo plazo” (Foley, 2005: 570). La mayoría de los ecosistemas actuales están intervenidos directamente por la humanidad y ningún ecosistema de la superficie terrestre está libre de la influencia humana generalizada (Vitousek, Mooney, Lubchenco, & Melillo, 1997). Esta interacción constante entre los seres humanos y el medio físico altera las características y funcionalidades naturales de los ecosistemas. En palabras de Meyer & Turner (1992: 39): “El cambio en el uso del suelo contribuye (...) a cambios sistémicos como la acumulación de gases traza y a impactos acumulativos o en mosaico como la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y el cambio hidrológico”. El bienestar y sustento de vida de las sociedades dependen del equilibrio de los ecosistemas planetarios, tanto de aquellos naturales como de los manejados por el ser humano. Es así, que entender el funcionamiento de estos sistemas y los servicios que nos brindan vehiculiza un manejo sostenible, que favorece tanto la demanda económica como la social y cultural, y promueve la resiliencia y adaptación de los territorios ante las variaciones espaciales.

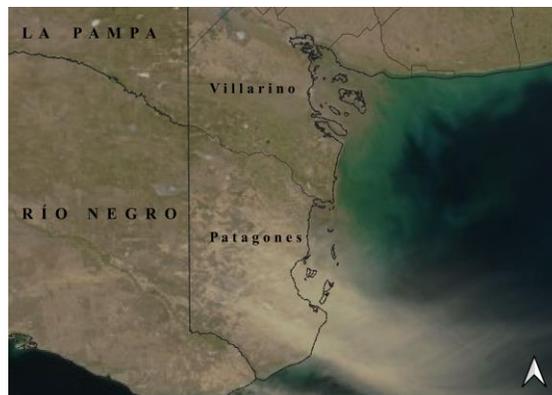
Los ecosistemas han alcanzado niveles de alto deterioro, encontrando los cambios más importantes e intensos durante los últimos 50 años (Metzger, Rounsevell, & Acosta-michlik, 2006). Esto ha generado una gran necesidad de monitorear las estructuras y el funcionamiento

de los ecosistemas a escala local y global, y de incorporar su valor dentro de los procesos de toma de decisiones (Daily, Ehrlich, Lubchenco, & Mooney, 1997). En todo el planeta las sociedades obtienen grandes beneficios de la naturaleza: suelos para cultivar, agua dulce, alimentos, materias primas, paisajes, entre otros. A estos provechos recibidos por los humanos se los conoce como Servicios Ecosistémicos (SSEE). “Cuando ocurre un cambio o alteración en las coberturas de suelo, la integridad de las funciones ecosistémicas puede verse seriamente afectada y, en consecuencia, la capacidad de los sistemas para proveer servicios ecosistémicos puede verse reducida” (Burkhard, Kroll, Nedkov & Muller, 2012; Clerici et al., 2014, como se citó en Meza Menares, 2017). Sin estos bienes el progreso y la supervivencia humana no serían posibles dado que la mayoría de individuos, familias, empresas e industrias dependen de alguna manera de la naturaleza para su bienestar y crecimiento económico.

Argentina presenta una considerable variedad de ecosistemas como resultado de su extensión latitudinal y longitudinal. Cada uno de estos sistemas presentan diversas estructuras y funcionalidades que ofrecen oportunidades a los grupos humanos que los habitan. Los beneficios otorgados por los servicios ecosistémicos son particularmente importantes para territorios que presentan climas áridos y semiáridos, como ocurre con los partidos bonaerenses de Villarino y Patagones. Estos climas generan una cierta fragilidad ambiental en sus territorios, caracterizados por marcadas variaciones climáticas temporales que dan lugar a intensas sequías, las cuales han aumentado en ocurrencia e intensidad en las últimas décadas, tal como fue la sequía ocurrida en la región para los años 2008-2009 (Fig. 1).

Figura 1

Voladura de suelos en Villarino y Patagones durante la sequía del 2008-2009



Fuente: Palmeyro, L. 2021, sobre la base de NASA, 2009.

Los partidos de Villarino y Patagones se encuentran en el extremo sur de la provincia de Buenos Aires y presentan un clima semiárido que se manifiesta con mayor intensidad de norte a sur y de este a oeste. El Río Colorado atraviesa la región oficiando de límite político-administrativo entre los dos municipios y generando una zona de riego que abarca el sur de Villarino y el norte de Patagones: el Valle Bonaerense del Río Colorado. Los territorios de cada partido fuera del área de riego conforman el secano de Villarino y Patagones. En las últimas décadas extensas áreas del monte y los arbustales de la región fueron desmontados y transformados para abrir espacio a la agricultura, modificando la estructura original de los ecosistemas.

“... a medida que varían los atributos del suelo, principalmente en zonas que presentan característica de fragilidad como las zonas con climas áridos, semiáridos y subhúmedos, este se comienza a degradar quedando reducido en nutrientes y materia orgánica. Esto resulta en un suelo cada vez menos productivo, siendo la consecuencia inmediata la aparición de áreas desertificadas...”(Winschel, 2017: 23).

Durante los últimos 20 años, esta región acumuló la mayor cantidad de días con emergencia agropecuaria por la alta recurrencia de sequía meteorológica, agrícola e hídrica (Ochiuzzi, 2011). Ambos partidos son considerados “como de alta fragilidad ambiental, con gran exposición climática, excesivo refinamiento de los suelos producto de una agricultura anual con inadecuada mecanización y una alta tasa de desmonte de la vegetación natural” (Sanchez, 2011: 371). Teniendo en cuenta esta situación de vulnerabilidad, la planificación y gestión de políticas públicas municipales, provinciales y nacionales orientadas al desarrollo sustentable de los espacios significan una herramienta clave para evitar o menguar las consecuencias ya mencionadas. Lograr una sostenibilidad ambiental permite mantener los ecosistemas en equilibrio, y garantizar así los beneficios que éstos brindan a los grupos humanos y a los mismos ecosistemas. La implementación del concepto de sostenibilidad y sustentabilidad ambiental en las políticas públicas puede verse facilitada con la consideración de la provisión sostenida de SSEE como principio integrador de los múltiples beneficios que ofrecen los ecosistemas a la sociedad (Cork & Proctor, 2005). El concepto de SE proporciona un marco clave para evaluar los impactos humanos en la naturaleza (Staiano, Camba, Baldassini, Gallego, & Texeira, 2021).

“El no considerar el valor del capital natural, como tampoco tenerlo en cuenta en la toma de decisiones políticas y económicas relacionadas a la planificación, ha desembocado en varias ocasiones en la degradación de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad como resultado de este proceso (...) Factores como el cambio climático y un número creciente de desastres naturales están empeorando el escenario. Además, el aumento en la demanda de costosas tecnologías de avanzada y los caros esfuerzos por restaurar los paisajes degradados, demostraron en muchos casos, las ventajas económicas de las soluciones

basadas en la gestión sostenible de los ecosistemas. El uso pleno de los servicios ecosistémicos y la consideración de los valores de la biodiversidad para hacer frente a desafíos globales como el cambio climático, no solo tiene sentido desde el punto de vista ecológico, sino también económico. Por lo tanto, es de vital importancia asegurar que se incorporen los servicios ecosistémicos en la planificación y en las medidas para el desarrollo en todos los sectores” (Kosmus, Renner & Ullrich, 2012: iv).

Como afirma Carvajal (2010) la Geografía, desde su consolidación como disciplina científica, ha estudiado las relaciones sociedad-naturaleza considerando siempre que el entorno en el que se desenvuelven las distintas sociedades, es vital para entender la vida humana y la organización del espacio. En este contexto, analizar los cambios de usos y coberturas de los suelos de un territorio desde un enfoque ecosistémico se convierte en un campo de acción para el quehacer geográfico, como una forma de identificar los beneficios que obtiene la sociedad humana a partir de los diferentes procesos ecológicos desarrollados al interior de los ecosistemas, evidenciando de una u otra manera esa relación entre la sociedad y la naturaleza que tanto se ha preocupado por describir dicha disciplina.

1.2. Estado del arte

La Geografía, particularmente la Geografía Histórica, es por excelencia la ciencia que explica, explora, indaga e interpreta los cambios, las transformaciones y procesos que contribuyen a organizar mejor el espacio y la sociedad mirando al futuro (Bolsi, 1978). Es la ciencia de las relaciones que reconoce el valor del tiempo, es por ello que es la disciplina madre para el análisis de los usos y coberturas del suelo, sus transformaciones y cambios. Desde esta perspectiva ha aportado mucho a otras disciplinas. Es así, que hoy en día existen una gran cantidad de investigaciones que versan sobre los cambios en los usos y coberturas del suelo: Paruelo et al. (2006); Pineda et al. (2011); Navarro Rau (2012); Baeza, Baldassini, Bagnato, Pinto, & Paruelo (2014); Nolasco, Willington & Bocco (2014); Corrales, Plata, Hinojoza, & Aguilar, (2014); Rojas (2015); Camacho-Sanabria et al. (2015); Delgado et al. (2017); Carrion (2017); Winschel (2017); Humacata & Buzai (2018); Valverde (2018); Rojas Briceño et al. (2019); Antueno, Gaspari & Guzmán (2020). En ellos, los distintos investigadores buscan comprender la dinámica de esos cambios, anticipar y reconocer consecuencias: Milkovic (2005); Volante (2014); Senisterra (2014); Sica (2016); Gallegos Reina & Perles Roselló (2019); Ruales Mestanza (2019); Von Thaden et al. (2020); Zamora et al. (2020); y poder así prever escenarios futuros: Falasca, Zabala, Bernabé, Ulberich, & Mordenti (1997); López, Bocco & Mendoza (2001); Sandoval & Oyarzun (2003); Eastmond et al. (2005); Henríquez, Azócar, & Aguayo (2006);

Sahagun Sanchez (2011); Montoya et al. (2011); Dzendoletas (2015); Torres, Magaña & Moreno (2016); Lozano (2019); Gomez (2020); González & Hernández (2020); Salazar (2020); Molinero, Aguilera & Gómez (2021).

Murray et al. (2016) afirman que “la sustitución de la vegetación natural por pastos y cultivos generalmente está impulsada por incentivos económicos y respaldada por mejoras tecnológicas y múltiples subsidios”. A lo que luego agrega que estos cambios presentan mayores consecuencias en áreas de aridez creciente, donde el rendimiento productivo de estos reemplazos puede disminuir desde varias perspectivas: ecológica, agronómica o económica, debido a diferencias intrínsecas en el ajuste estructural y fisiológico de la vegetación natural y la cultivada. Así lo evidenciaron Viglizzo & Frank (2006) al determinar que en la Pampa Occidental la deforestación, el pastoreo excesivo, el cultivo excesivo más una tecnología de labranza no adecuada en interacción con condiciones extremadamente secas y ventosas de los años 1930 y 1940, causaron un gran episodio de cuenco de polvo que desencadenó tormentas de polvo severas, mortalidad de ganado, fracaso de cultivos, quiebra de agricultores y migración rural.

El análisis de los cambios de uso y cobertura de un suelo en los distintos territorios implica comprender cómo interactúan los factores socioeconómicos y biofísicos presentes en ellos (Pineda et al. 2011). “Desde una perspectiva espacial, las interrelaciones en el sistema humano-ambiente biofísico funcionan a múltiples escalas, en donde los factores endógenos y exógenos que las conforman pueden ser dependientes de ellas” (Oliva, Blanco, Nieto, Ángel, & Alfaro, 2010: 24-25). Esta concepción de la realidad, como resultado de constantes interacciones físicas y humanas, exige un abordaje integral y holístico del espacio. Como manifestó Mustard et al. (2004) los estudios relacionados a los crecientes cambios en las coberturas y usos del suelo han tomado una gran importancia en los análisis espaciales. Éstos dan la posibilidad de evaluar cambios y tendencias espacio-temporales de diversos procesos, tales como la agricultura, la deforestación o la urbanización. Dichos cambios son producidos por la interacción entre el medio humano y natural, factor importante en el desarrollo económico, pero también en el impacto ambiental de los diferentes ecosistemas, por lo que se reconoce a nivel mundial la importancia de estudiar y comprender las dinámicas del cambio de cobertura del suelo y su efecto e impacto sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Lambin, Geist, & Lepers, 2003).

Dentro de las investigaciones recientes destinadas al análisis de los cambios en los usos o coberturas del suelo, y sus distintas consecuencias, se puede citar trabajos como el de Delgado et al. (2017), quien considera, por ejemplo, que entender el efecto de las interacciones entre las causas que inducen el cambio de uso y cobertura del suelo y la cobertura boscosa es clave para analizar las consecuencias sobre la biodiversidad y pronosticar cambios futuros. Para Morrello & Pengue (s.f.) “la biodiversidad es el producto de millones de años de evolución biológica y las sociedades humanas han ido adaptándose a ella, conociéndola y utilizándola”. En la misma dirección, Ruales Mestanza (2019) destacan la importancia de estos análisis en los lugares en los que ha existido un aumento de actividades económicas como la agricultura y la ganadería, las cuales ocasionan un aumento en la presión ambiental por cambios en la cobertura de los suelos y pérdida de servicios ecosistémicos. Asimismo, Gallegos Reina & Perles Roselló (2019) llegó a la conclusión de que existe una relación directa entre los cambios en los usos y cobertura del suelo y el incremento de riesgo de erosión e inundación en la provincia de Málaga.

Cambios relativamente pequeños en las coberturas podrían tener implicaciones importantes para el ciclo del carbono, las circulaciones atmosféricas, el ciclo hidrológico y el clima (Rojas Briceño et al., 2019). La evaluación oportuna y precisa de los patrones de cambios brindan un conocimiento sobre el impacto de las actividades económicas y de desarrollo sobre el territorio y sus recursos naturales (Berberoglu & Akin, 2009). Según Rojas Briceño et al. (2019: 3) estas consecuencias pueden reflejarse en

“... el calentamiento global (Tinker et al., 1996), la pérdida de biodiversidad (Rojas et al., 2013), la degradación de suelos, los cambios en la hidrología de cuencas (Creed et al., 2011) y los cambios en el bienestar humano (Lambin et al., 2001; Geist y Lambin, 2002; Nené-Preciado et al., 2017). Además, estos cambios representan la segunda mayor fuente de emisiones antrópicas de CO₂, lo que causa una reducción neta del stock de carbono en los ecosistemas terrestres” (IPCC, 2013).

Para controlar un problema, es necesario comprender al mismo en su totalidad; es por eso que para identificar, abordar y corregir el funcionar de un territorio, es necesario “identificar la naturaleza del espacio y encontrar las categorías de análisis que permitan estudiarlo” (Santos, 1978 en Hernández, 2001: 38). La planificación del territorio y el correcto uso de sus recursos naturales requiere un conocimiento profundo sobre la cobertura y el uso del suelo y su dinámica de cambio. Por lo tanto, “una eficiente evaluación de la cobertura y uso de la tierra y la habilidad de monitorear sus cambios, son actividades fundamentales para el manejo sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente” (Navarro Rau, 2012: 2). “Los cambios

de cobertura y uso del suelo se han reconocido ... como una de las principales causas de deterioro ambiental, por ello ... representan un punto importante ... para la toma razonable de decisiones sobre el uso del territorio” (Nájera et al., 2010:19). La distribución espacial de las coberturas del suelo es el principal control de la dinámica del agua, biodiversidad, energía y carbono (Baeza & Paruelo, 2014); tiene también enorme importancia en el monitoreo del ambiente y en la toma de decisiones del sector productivo. Junto con las alteraciones climáticas y las modificaciones en la composición atmosférica, el cambio en el uso de la tierra tiene consecuencias ambientales que exceden el ámbito local o regional y se manifiestan a escala global.

La economía clásica computa en sus cuentas los bienes y servicios naturales que tienen un valor tangible de mercado: alimentos, materias primas, agua, energía. Sin embargo, la pérdida de un activo ambiental impone un costo que la sociedad no percibe fácilmente cuando el mismo es intangible. Según Laterra, Jobbágy & Paruelo (2011:19), “por razones prácticas (i.e., diseño de políticas, toma de decisiones, pago por activos ecológicos), en los últimos años se han multiplicado los esfuerzos dirigidos a valorar los bienes y servicios intangibles de la naturaleza”: Oyarzun, Nahuelhual & Nuñez (2005); Balvanera & Cotler (2007); Cristeche & Penna (2007); Casanoves & Di Renzo (2011); Rincón et al. (2014); Arana (2015); Tello, de Prada & Cristeche (2015); Pupo & Parada (2015); Rodríguez, Curetti, Garegnani, & Grilli (2016); Portela, Rivero & Portela (2019); Aponte (2020); Yumisaca (2020); Kieslich & Salles (2021); entre otros.

Las intervenciones antrópicas en los sistemas naturales “modifican la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas afectando en última instancia la propia calidad de vida de las personas” (Paruelo et al., 2006: 47). “Las actividades humanas modifican y modelan los paisajes; pueden alterar su estructura y función, e influir sobre las especies que lo habitan” (Burgi & Turner, 2002; Tschardtke et al., 2012 en Sica, 2016). En esa dirección Dumrauf (2008: 8) destaca que “el desarrollo agrícola implica inevitablemente un cierto grado de transformación del paisaje y de los ecosistemas, por lo cual es esencial poder concebir estrategias que tengan en cuenta métodos y procedimientos para lograr el desarrollo sostenible”. A lo que luego agrega que cada ecosistema posee un límite para su adecuada apropiación, sin atentar contra su renovabilidad y existencia. Así, sólo una producción que permita y que aproveche la continua renovación de su base material será una producción autosostenida y permanente. Los cambios en las actividades humanas en el Bajo Delta del Río Paraná, principalmente la producción ganadera, están asociados a un proceso regional de cambio en el uso y la cobertura del suelo

(Sica, 2016). La expansión acelerada de los cultivos de soja transgénica en la región pampeana implicó la transformación de campos ganaderos en lotes para agricultura, desplazando la actividad ganadera hacia zonas marginales (Aizen & Garibaldi, 2009). “La expansión de la frontera agrícola debido al acelerado desmonte y reemplazo de sistemas naturales o seminaturales por soja implica una pérdida directa de biodiversidad nativa” (Donald 2004; Grau et al. 2005 en Aizen y Garibaldi, 2009: 46). Quintana (2014): en Sica (2016) afirma que, durante este proceso, el Delta del río Paraná aumentó considerablemente la cantidad de cabezas de ganado, desencadenando un impacto en las coberturas vegetales naturales. Sin embargo, el punto clave fue la introducción conjunta de un cambio en el manejo ganadero basado en un sistema permanente y de alta carga en detrimento del sistema tradicional extensivo y estacional.

Con el fin de prevenir las consecuencias derivadas de la modificación de la estructura y funcionamiento de un ecosistema, surgen enfoques como el de servicios ecosistémicos. Estos tipos de abordajes buscan direccionarse hacia la sostenibilidad, tratando de asignarle a los servicios prestados por los ecosistemas una valoración integral que sobrepase la visión económica y se oriente hacia una visión más ambiental, considerando a los mismos como sistemas indispensables para el desarrollo de las sociedades, y entendiendo la gravedad que conllevan los impactos ocasionados por las alteraciones antropogénicas (Caravajal, 2010). El concepto de servicios ecosistémicos surge en la década de los 70's, pero gana importancia en la literatura científica en los 90's, cuando fue integrado por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, que hizo una clasificación en servicios de aprovisionamiento, regulación, culturales y de soporte (Groot, Alkemade, Braat, Hein, & Willemen, 2009). Los servicios ecosistémicos son entendidos como los beneficios que perciben las sociedades producto de diversos procesos ecológicos. Aunque el hecho de que la naturaleza suministre una funcionalidad, debería de una u otra forma ser recompensada, por ejemplo, asumiendo el costo de contrarrestar o remediar los efectos no deseados resultantes de las actividades de la sociedad (Nielsen & Müller, 2009).

La Geografía aporta metodologías, métodos y técnicas clave para el estudio de cambios en usos y coberturas y sus impactos en los ecosistemas; tales como el análisis espacial a partir de Sistemas de Información Geográfica, el procesamiento de imágenes satelitales (Teledetección). Es así que actualmente, existe una gran variedad de misiones satelitales y sensores proveen grandes volúmenes de información a distintas resoluciones sobre los distintos territorios del planeta, que sin la ayuda de las geotecnologías sería muy complejo, y en muchos casos

imposible, de poder manejar y aprovechar en su real dimensión. En las últimas décadas se han realizado numerosas investigaciones destinadas a análisis de cambios de usos y coberturas del suelo desde un enfoque ecosistémico a través del uso de geotecnologías: Paruelo et al., (2006); Alcaraz-Segura (2006); Cabello & Paruelo (2008); Cabello et al. (2008); Rabaglio (2012); Gaitan, Donaldo y Azcona (2015); Reyes; Alcaraz & Cabello (2015); Suárez et al. (2017); Baldassini (2018); Robayo (2019); Mancera (2019); Ávila, Emerio, Madrigal & Pérez (2020); White et al. (2020); Aguirre-Gutiérrez (2021); entre otros.

1.3. Plan de trabajo

Los cambios en los usos y coberturas de los suelos, en su mayoría de origen antrópico, alteran el equilibrio de los hábitats intervenidos. Esto genera impactos negativos en la calidad y cantidad de SSEE provistos por un ecosistema. En los partidos de Villarino y Patagones durante las últimas décadas estos cambios se han conformado generalmente por el desmonte de hábitats naturales y un avance constante de la frontera agrícola. La mayor parte de estas intrusiones se realizan sin contemplar las consecuencias de la pérdida de SSEE, especialmente los de regulación teniendo en cuenta la condición de fragilidad ambiental y la irregularidad climática interanual, principalmente pluviométrica, que presenta el área. En este contexto surge el siguiente interrogante: **¿existe relación entre adoptar un enfoque ecosistémico en la planificación de los cambios de usos y coberturas del suelo y la conservación cuantitativa y cualitativa de los servicios ecosistémicos provistos por los hábitats del territorio?**

De este problema surge el planteamiento de tres hipótesis:

Hipótesis 1: Los cambios en los usos y coberturas de los suelos modifican estructural y funcionalmente los hábitats que conforman ese territorio.

Hipótesis 2: La modificación estructural y funcional de un ecosistema altera la provisión de los Servicios Ecosistémicos del área de estudio.

Hipótesis 3: La opción de tomar un enfoque ecosistémico al planificar los cambios en los usos y coberturas del suelo permitirá garantizar la provisión de servicios ecosistémicos, aumentando la resiliencia y adaptación de la región.

Se proponen los siguientes objetivos general y específicos:

General

- ❖ Generar información geográfica que colabore en la planificación de los cambios en los usos y coberturas del suelo desde un enfoque ecosistémico con el fin de preservar los hábitats presentes y los Servicios Ecosistémicos que estos brindan.

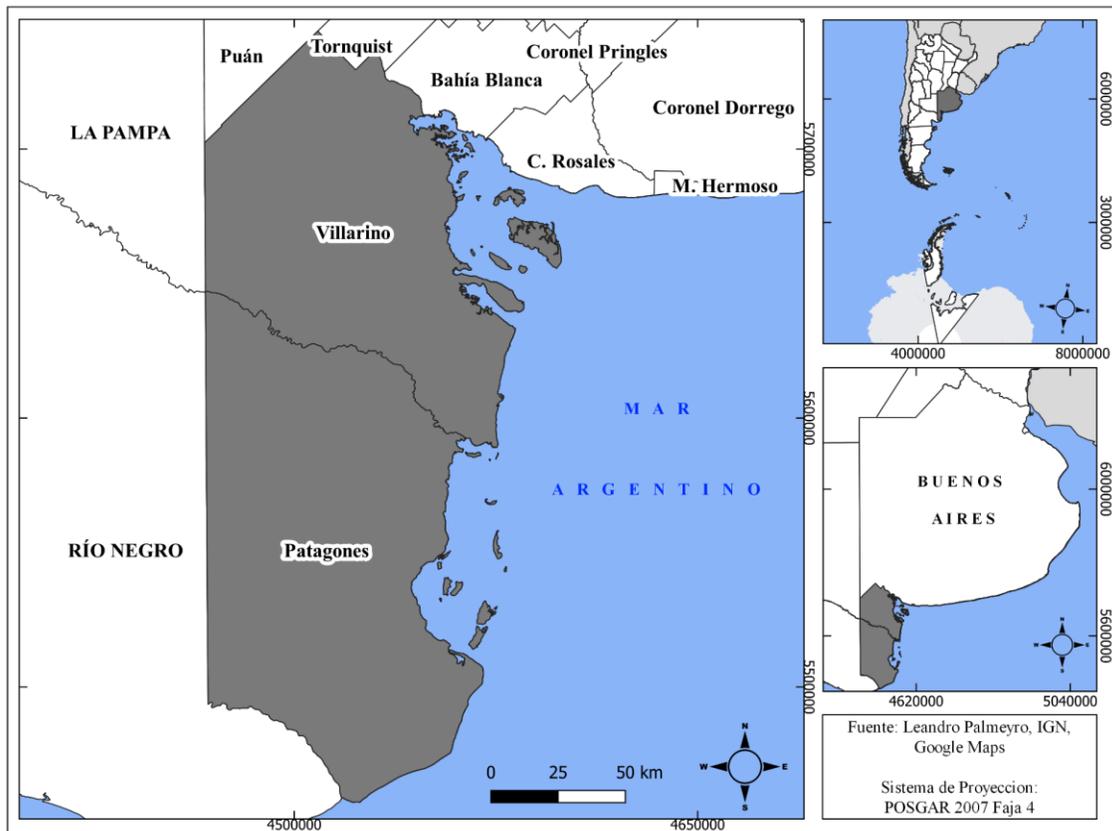
Específicos

- ❖ Identificar los usos y coberturas presentes en el área de estudio.
- ❖ Detectar tendencias de cambio de usos y coberturas pasadas y posibles cambios futuros.
- ❖ Determinar los hábitats de los partidos de Villarino y Patagones.
- ❖ Identificar los Servicios Ecosistémicos presentes en la región y las amenazas y actividades que interfieran en su provisión.
- ❖ Analizar procesos ecológicos de cada cobertura a través de la teledetección y los SIG.
- ❖ Representar mediante productos cartográficos los resultados obtenidos como aporte a la toma de decisiones.

1.4. Área de estudio

El área de estudio de la presente investigación corresponde a los partidos de Villarino y Patagones (Fig. 2), al sur de la Provincia de Buenos Aires. La misma limita al norte con los partidos de Bahía Blanca, Tornquist y Puán (Pcia. de Buenos Aires), al oeste con las provincias de La Pampa y Río Negro y al este y sur con el Mar Argentino. Villarino (1.140.000 ha), con capital en la localidad de Médanos, y Patagones (1.360.000 ha), con capital en la ciudad de Carmen de Patagones, son los dos partidos más extensos de la provincia, con una superficie total de 2.500.000 ha.

Figura 2
Localización del área de estudio



Fuente: Palmeiro, L. 2021

En ambos partidos viven un total de 61.551 habitantes, 30.745 lo hacen en Villarino y 30.806 en Patagones (INDEC, 2010). A pesar de ser similares en cantidad de población, su distribución demográfica no es igual en los dos partidos. Patagones presenta en Carmen de Patagones el 66,7% del total de la población del partido, seguido por la casi cinco veces menos populosa Villalonga que cuenta con el 14,7%. En contraposición, el Partido de Villarino tiene una distribución demográfica más homogénea. Presenta el 83,1% de su población distribuida entre cinco localidades principales: 30,9% en Pedro Luro, 17,3% en Mayor Buratovich, 17% en Médanos, 11,1% en Hilario Ascasubi y 6,8% en Juan Cousté.

El acceso a ambos partidos es a través de la Ruta Nacional 3 (Fig. 3), que une las localidades de Patagones, Igarzábal, Stroeder, Villalonga, Pradere, Luro, Ascasubi, Buratovich, Teniente Origone y sigue su recorrido hacia la ciudad de Bahía Blanca; y de la Ruta Nacional N°22 que se une con la Ruta Nacional N°3 Km 719, uniendo las localidades de Argerich, La Mascota,

Médanos, Juan Cousté y continúa en dirección NE-SO por el partido hasta salir hacia la Provincia de La Pampa. En cuanto a vías de comunicación terrestre, además de las rutas 3 y 22, el ferrocarril General Roca conecta ambos partidos con la región y el resto del país. Cuenta además con cinco aeródromos operativos ubicados en Pedro Luro, Stroeder, Estancia Paso Alsina, Las Isletas y Carmen de Patagones.

Figura 3

Infraestructura de transporte de Villarino y Patagones



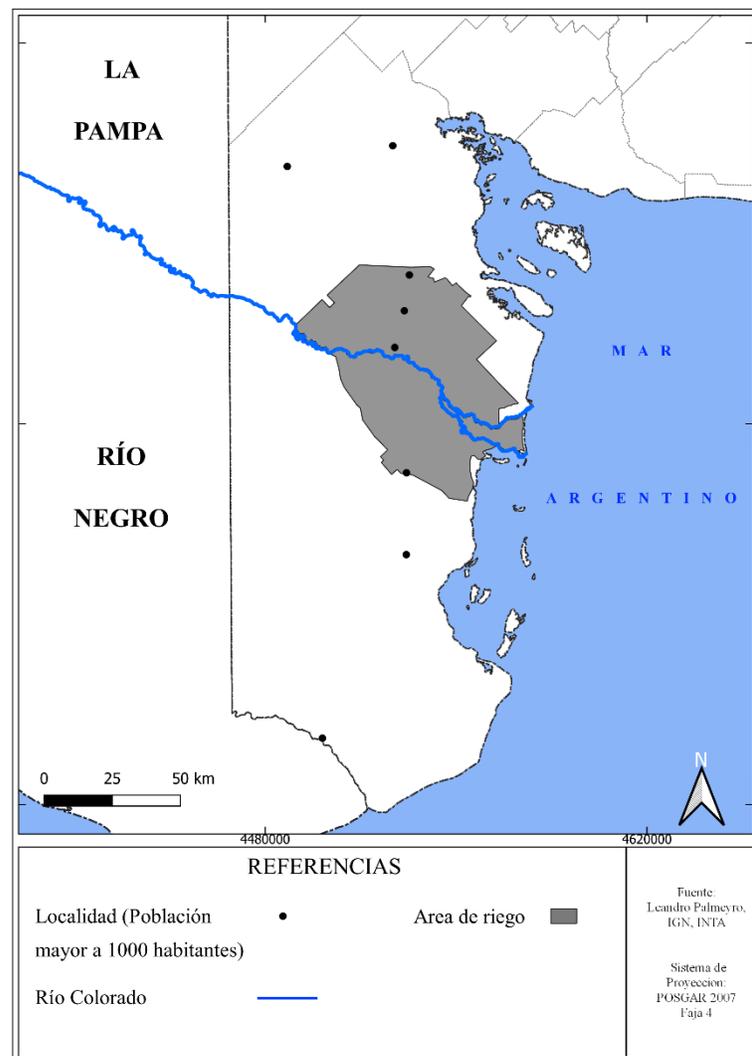
Fuente: Palmeyro, L. 2021

El área está atravesada por el Río Colorado, un río de régimen nival que nace en la cordillera de los Andes, por confluencia de los ríos Barrancas y Grande. El río, que oficia de límite entre los dos partidos, permitió el desarrollo de un área de riego artificial hacia ambas márgenes del río

que posibilita y potencia el perfil agropecuario del territorio. El área de riego (Fig. 4) es administrada por la Corporación de Fomento del Valle Bonaerense del Río Colorado (CORFO), un ente autárquico con capacidad de derecho público y privado creado por Ley Provincial 6245, el 3 de febrero de 1960. Según CORFO, el área de riego comprende una superficie de 516.641 ha, distribuidas hacia ambos márgenes del Río Colorado: 211.297 en Patagones y 305.344 en Villarino, de las cuales 137.145 se encuentran empadronadas para concesión de riego. Los sembradíos fuera del alcance de esta área corresponden a cultivos de secano y representan aproximadamente unas tres cuartas partes del total de los cultivos del área de estudio.

Figura 4

Área de riego del Valle Bonaerense del Río Colorado



Fuente: Palmyro, L. 2021

Al sur del Partido de Patagones se encuentra el Río Negro, un río de régimen pluvial producto de la unión de los ríos Limay y Neuquén. También ejerce de margen político, en este caso de orden provincial, ya que fue establecido como límite interprovincial entre la Provincia de Buenos Aires y la Provincia de Río Negro. Es el más grande de la Patagonia Argentina y uno de los cinco más caudalosos del país, y al igual que el Río Colorado, posibilitó el desarrollo de un área de riego artificial.

El área de estudio forma parte de la Pampa seca, que junto con la Pampa húmeda conforman la Región Pampeana. A lo largo de su territorio presenta condiciones geomorfológicas similares, caracterizadas por ausencia de fuertes contrastes en su topografía. Los suelos son predominantemente Molisoles, que se caracterizan por tener un horizonte superficial muy oscuro, relativamente fértil, profundo y rico en bases, y Entisoles, caracterizados por una evolución incipiente lo que les impide la existencia de horizontes genéticos (Sanchez, Pezzola, & Cepeda, 1998). Es importante destacar que ambos tipos de suelos, en esta zona, son de textura franco arenosa y propensos a la erosión hídrica y eólica (Gabella, Iuorno & Campo, 2013).

Según la clasificación climática de Köeppen el área de estudio se clasifica dentro del clima árido estepario. La temperatura media anual varía entre los 14° y los 18°, presentando una relación inversamente proporcional con el aumento de la latitud. En cuanto a la distribución anual de las precipitaciones, la mayor ocurrencia se produce entre los meses de febrero y marzo, mientras que los bajos pluviométricos ocurren en el bimestre junio-julio. La precipitación total anual varía en dirección NE-SO, presentando isohietas que van desde los 600 mm al norte del partido de Villarino, 530 mm en la localidad de Mayor Buratovich, 450 mm aproximándose a la localidad de Villalonga (entre estas dos localidades queda comprendida el área irrigada) hasta llegar a 360 mm, al sur en el partido de Patagones (Pérez et al., 2003). Esto se refleja en una progresiva aridez que alcanza rasgos netamente patagónicos en las proximidades del río Negro. Con respecto a los vientos se manifiesta un fuerte predominio del cuadrante Noroeste en las estaciones de otoño e invierno, mientras que en primavera se reduce la influencia de los vientos del Oeste para comenzar a tener un predominio del Sudeste al Noreste en verano. Se trata de una región ventosa (Sanchez, Pezzola & Cepeda, 1998) por lo que la predominancia de los suelos franco-arenosos de textura gruesa presentan un escenario propenso a la erosión eólica, intensificada en los períodos de sequía al disminuir la presencia de cobertura vegetal natural. Se estima que una velocidad de 13 Km/h es suficiente para provocar erosión en aquellos suelos

cuya estructura está alterada, y si éstos están desprovistos de vegetación pueden producirse voladuras hasta con vientos de 5 Km/h. Debido al régimen pluviométrico escaso y variable de la región como uno de principales factores formadores de suelo, el desarrollo que han adquirido los mismos es relativamente escaso en términos de cantidad de horizontes o estratos componentes de un perfil, contenido de nutrientes y presencia abundante de carbonato de calcio, lo cual no sólo muestra una historia de la escasa precipitación, sino su temperatura promedio en la que fue concebido (Sanchez, 2011).

En esta zona se comienza a esbozar la meseta patagónica cortada por los ríos Colorado y Negro (Capelli de Steffens & Campo, 1994). Desde el punto de vista fitogeográfico, el partido de Villarino está ubicado en la provincia del Espinal (distrito del Caldén) y Patagones en la provincia del Monte (Cabrera, 1951). En la provincia del Espinal se encuentran especies arbustivas xerófilas tales como la jarilla (*Larrea divaricata*), el chañar (*Geoffroea decorticans*), el caldén (*Prosopis caldenia*), el piquillín (*Caldenia microphylla*) y el algarrobo (*Prosopis flexuosa*). También es posible observar comunidades vegetales asociadas con las características edáficas, tal es el caso de las especies que se desarrollan en las zonas de salitrales y salinas y las propias de los suelos arenosos que se adaptan a lo largo de los cordones de médanos (Cabrera, 1976). Esta provincia fitogeográfica se subdivide en tres distritos: Distrito fitogeográfico del Ñandubay (en Entre Ríos y Corrientes), Distrito fitogeográfico del Algarrobo (en Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires) y Distrito fitogeográfico del Caldén (Córdoba, San Luis, La Pampa, Buenos Aires y Río Negro). La porción de territorio del área de estudio que corresponde a la provincia del Espinal, pertenece al distrito del Caldén. Debe su nombre a la denominación popular de la especie dominante en estos bosques: “el caldén”. Se asienta sobre relieves suaves y de baja altitud, desde el nivel del mar hasta unos 500 msnm. Sus suelos son de textura franco-arenosa, areno-limosas, o areno-arcillosas, con una correcta aptitud agrícola o ganadera. En muchos sectores se presentan médanos muy dinámicos, siendo estos terrenos los de menor aptitud agropecuaria. En la zona correspondiente a la provincia del Monte la vegetación es la estepa arbustiva xerófila y halófila. Es posible encontrar la presencia de un estrato arbustivo compuesto por jarillas (*Larrea divaricata*) y piquillines (*Condalia microphylla*), y un estrato herbáceo de escasa cobertura, con predominio de gramíneas bajas. Los límites entre estos dos territorios no se pueden determinar con exactitud debido a que existe entre ambos un amplio ecotono (Cabrera, 1976). Winschel (2017) afirma que debido a las características climáticas y

de vegetación que presentan ambos partidos durante el período estival es frecuente la ocurrencia de incendios producidos por causas naturales como por ejemplo rayos, originados por tormentas veraniegas de gran carga eléctrica.

En esta región se registra un grado de deterioro y degradación ambiental muy elevado debido al modelo de producción presente, orientado a la explotación de los recursos naturales. Esto se manifestó no solo en la destrucción del medio físico y biológico sino también en la calidad de vida de sus habitantes (Gabella, Iuorno y Campo, 2013). Dentro de los aspectos naturales, se evidencian en la región frecuentes e intensos períodos de sequías, ocurrencia de fuertes heladas durante períodos prolongados e incremento de los vientos en épocas donde los suelos se encuentran sin cobertura. Si bien desde el punto de vista climático y edafológico se trata de una región transicional sujeta a una alta fragilidad, protagonizada por intensas sequías, heladas y fuertes vientos, se asocia a este escenario una actividad antrópica importante, generando una situación ambiental desfavorable la cual se incrementa de norte a sur y de este a oeste. Como dato ilustrativo, más del 70 % de la superficie con monte natural se ha perdido en los últimos 30 años realizando sobre esos suelos cultivos anuales con un alto grado de refinamiento y pulverización (Sánchez, 2008).

La estructura socioeconómica de la región se caracteriza por ser un área dedicada a la agricultura y la ganadería tradicional concentrada en la producción de trigo y la explotación ganadera basada principalmente en verdeos invernales. Dentro de los cultivos, predomina el trigo en el N de Villarino y en el E de Patagones. Este cultivo representa la mayor área cultivada en ambos partidos a pesar de su reducción constante desde los últimos años. Otra de las actividades importantes que se realizan en la zona es la ganadería vacuna. Dentro de los cultivos más significativos de la zona de riego del Valle Bonaerense del Río Colorado está el de la cebolla, que constituye una de las principales actividades económicas de la región. En menor medida, se practica además la apicultura y el cultivo de girasol y alfalfa. Los establecimientos rurales aumentan de tamaño, hacia la costa y hacia el SO, donde las condiciones físicas se tornan adversas para las prácticas agrícolas intensivas, y las redes de comunicación son escasas. Estas regiones son las que se dedican principalmente a la ganadería extensiva (Dumrauf, 2008)

Capítulo 2:
MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. La Geografía y el Ordenamiento Territorial Rural

Definir Geografía a un público no especializado en la materia resulta con frecuencia una tarea difícil, probablemente atribuido a la modificación del contenido semántico de la expresión *Geografía* en los más de dos milenios y medio que ha sido utilizada, incluso encontrando divergencias entre los mismos geógrafos. Como indica Capel (1983) la comparación de algunas obras recientes de Geografía con otras anteriores al siglo XIX puede generar serias dudas sobre la continuidad que pueda existir entre lo que hoy se estudia en esta ciencia y lo que se entendía antes por Geografía, tanto en los temas tratados como en los enfoques. En las obras geográficas modernas ha desaparecido la parte astronómica relacionada con el antiguo tratado de la esfera, y se centra la atención en la superficie terrestre, poniendo mayor énfasis en la relación hombre-medio.

El pensamiento geográfico vive un amplio proceso de renovación. En palabras de Moraes (1983: 47): “Se rompe con las descripciones áridas, con las exhaustivas enumeraciones, en fin, con aquel sentimiento de inutilidad que se tiene al recordar todos los afluentes de la margen izquierda del río Amazonas”. Se busca lograr lo que Lacoste (1976) denomina saber pensar el espacio para saber organizarse en él. Este movimiento abre nuevas perspectivas para el geógrafo. Ya no es suficiente recopilar información para hacer una descripción insípida del espacio, sino que el foco se posa ahora sobre la comprensión y explicación de los hechos geográficos que allí ocurren. La Geografía precisa avanzar hacia la formulación de una teoría del espacio geográfico que tienda a superar las propuestas inconcretas y aisladas en sí mismas, sin articulación en un proceso de interpretación global. En este sentido “... debe centrarse en estudiar la lógica interna [...] y las consecuencias que se derivarán de su actuación sobre el resto de la realidad natural. Desde este punto de vista, la Geografía pasa a ser una ciencia más, la ciencia del espacio geográfico” (Sánchez, 1991:7).

El espacio geográfico:

“...debe considerarse como un conjunto indisociable en el que participan, por un lado, cierta combinación de objetos geográficos, objetos naturales y objetos sociales y por el otro, la vida que le colma y anima, es decir, la sociedad en movimiento. El contenido (la sociedad) no es independiente de la forma (los objetos geográficos) y

cada forma encierra una fracción de contenido. El espacio, por consiguiente, es un conjunto de formas, cada una de las cuales contiene fracciones de la sociedad en movimiento” (Santos, 1995: 127).

Es entendido como “el conjunto de estructuras espaciales y las relaciones entre ellas, que ocurren en la superficie de la tierra como objeto de la acción, la dotación de sentido y la interpretación de los seres humanos” (Tibaduiza, 2008: 19). Se caracteriza como

“... un espacio localizable, diferenciado y cambiante, con una apariencia visible (el paisaje) y evolutivo. Este espacio es reflejo de nuestra realidad, dado que la sociedad evoluciona, y, conforme pasan los años, las necesidades cambian, surgen nuevas tecnologías, conflictos de uso de suelo, problemas de expansión urbana, etc.” (Dollfus, 1976 en Laffeuillade, 2018: 12).

Desde su institucionalización a finales del siglo XIX la Geografía ha abordado su objeto de estudio desde distintos enfoques dando lugar a numerosos paradigmas, especialmente luego de la Segunda Guerra Mundial. A pesar que algunas corrientes epistemológicas han tomado mayor trascendencia que otras, todas han aportado, y continúan haciéndolo, diversas y preciadas visiones sobre el espacio geográfico. Así, llegamos a nuestra contemporaneidad con diversas corrientes que existen en la actualidad, presentando “un eclecticismo científico preocupado por el actual espacio local globalizado” (Capdepón, 2014: 141) y evidenciando un rasgo característico de las ciencias sociales: la coexistencia de paradigmas. En este contexto,

“la Geografía dispone hoy de un amplio y variado conjunto de instrumentos conceptuales y metodológicos que resultan de la riqueza del aporte que han realizado los geógrafos al avance de la disciplina y al conocimiento y la comprensión del espacio como un todo. Un conjunto integrado en permanente transición que es, a la vez, proceso y resultado, y que está representado por las prácticas sociales que lo construyen y re-construyen, y por las instancias de esa construcción que van desde la de la actuación espacial directa, física, a la de la producción simbólica, la proyección o proyecto de espacio y el discurso sobre el mismo” (Valenzuela & Figueroa, 2012: 52-53).

En ocasiones esas construcciones y reconstrucciones del espacio geográfico que hablan Valenzuela y Figueroa ocurren sin una planificación y gestión que las ordene, posibilitando la

aparición de consecuencias negativas o indeseadas en el territorio. Lograr un ordenamiento eficiente requiere de una comprensión integral del espacio en cuestión. En este sentido, “la relación entre Geografía y ordenación del territorio se hace cada vez más real y necesaria” (Naranjo, 1998: 19).

“Para Larrondera López (1982), el ordenamiento territorial es el conjunto de acciones esencialmente de carácter público dirigidas a conseguir, en un territorio definido, la óptima utilización de sus propios recursos y de los recursos ajenos que le sean atribuidos, para que su población pueda desarrollar plenamente sus actividades, en forma equilibrada con su propio marco natural y ambiental, así como con otros territorios integrados en unidades solidarias de ámbito superior” (Goyas, Cabanes & Zambrano, 2016: 9).

Según el español Gómez Orea (1994) el Ordenamiento Territorial es una función pública que responde a la necesidad de controlar el crecimiento espontáneo de las actividades humanas y los problemas y desequilibrios que este crecimiento provoca, en la búsqueda de una "justicia socioespacial" y una calidad de vida que trascienda el mero crecimiento económico. Se podría definir como la voluntad de los poderes públicos de introducir un componente de racionalidad en la disposición de los elementos que conforman el orden territorial. Su objetivo es evitar o minimizar las consecuencias indeseadas y favorecer los procesos de puesta en valor del territorio (Babini, 2019).

“Con el fin de lograr un desarrollo armónico y sostenible de un área, el OT cuenta con dos etapas: Planificación territorial y Gestión territorial. [...] La Planificación territorial [...] incluye un Diagnóstico, entendido como el análisis del sistema territorial para comprender la situación actual y futura de un determinado espacio, y Propuesta, la cual busca categorías y soluciones a una determinada problemática. La etapa de Gestión territorial tiene una base ejecutiva por medio de administradores que queda en manos de funcionarios. La Implementación es la aplicación de las políticas y criterios para el uso y la ocupación del territorio en base a los resultados obtenidos. La Gestión queda en manos de funcionarios que tienen poder decisonal que, además de la administración, incluye el mantenimiento, considerado permanente” (Buzai y Baxendale, 2012 en Lafeuillade, 2018: 13).

La ordenación territorial se presenta como un instrumento en la gestión de recursos naturales si lo que se busca es equilibrar los usos del suelo en función de su capacidad, prevenir impactos negativos y revertir los procesos de degradación actuales (Recalde & Zapata, 2007). Considerar lo que Gomez Orea (1994) define como “capacidad de acogida de los ecosistemas”. Una estrategia de ordenamiento territorial implica “prever con antelación los impactos en el ambiente que ocasionan las actividades humanas [...] de manera que se puedan tomar medidas de mitigación o evitarlos antes de que ocurran” (Gross, 1998:116).

Para Gómez Orea (1994) existen 8 problemas derivados de los conflictos territoriales:

1. Desequilibrio territorial;
2. Impactos ecológicos y paisajísticos debidos a localizaciones incompatibles con el medio;
3. Despilfarro de recursos naturales tanto por falta como por exceso de actividad;
4. Ignorancia de los riesgos naturales en la localización de actividades;
5. Mezcla y superposición desordenada de usos;
6. Incoherencia entre la localización de residencia y empleo y déficit de infraestructuras y equipamientos colectivos;
7. Conflictos entre actividades y sectores;
8. Descoordinación entre organismos públicos.

Los territorios rurales de los partidos de Villarino y Patagones son escenario de varias de estas situaciones, producto de los cambios en los usos y coberturas del suelo experimentados en las últimas décadas. El territorio rural es el espacio en el que la sociedad desarrolla sus actividades primarias y del cual obtiene servicios y recursos naturales (MAGyP, 2012) y es en muchas ocasiones escenario de los problemas enunciados por Gómez Orea. Paruelo et al. (2014: 32) afirman que

“... las actividades productivas que la sociedad despliega sobre el territorio rural plantean desafíos de múltiples dimensiones que incluyen posibles conflictos entre: (1) actores que comparten el uso de un recurso natural común (tierra, agua) y encuentran incentivos individuales que no necesariamente maximizan los beneficios

del conjunto (e.g. “La tragedia de los comunes”, Hardin 1968), (2) usuarios que privilegian beneficios de corto plazo sobre los que puedan obtener ellos mismos o futuras generaciones a largo plazo, y (3) usuarios que con sus actividades afectan bienes y servicios que el territorio ofrece al resto de la sociedad y van más allá del propio proceso productivo en el que están involucrados (generación de externalidades negativas, tragedia de los servicios ecosistémicos, Ruhl et al. 2007).”

El Ordenamiento Territorial Rural (OTR) se presenta como una opción clave para mitigar o disminuir dichos conflictos en el área de estudio. Es un proceso político-técnico-administrativo que busca organizar, planificar y gestionar el uso y la ocupación del territorio rural, en función de las características biofísicas, culturales, socioeconómicas y político-institucionales. Debe ser participativo e interactivo, y fomentar el uso inteligente y justo del territorio, aprovechando oportunidades, reduciendo riesgos, protegiendo los recursos en el corto, mediano y largo plazo y repartiendo de manera lógica los costos y beneficios del uso de estos espacios entre los usuarios del mismo (Basso et al, 2012). Los cambios de usos y coberturas del suelo no planificados generan consecuencias directas e indirectas sobre el sistema social, económico, cultural y político. Estas consecuencias incluyen modificaciones en el tipo de producción, volúmenes producidos, la distribución y tenencia de la tierra, entre otras variables (MAGyP, 2012). Paruelo et al. (2014: 500) afirman que

“los procesos de OTR deben partir de la definición del sistema territorial o Sistema Socio-Ecológico (SSE) sobre el cual se operará y evaluar sus transformaciones en términos de cambios en la provisión de servicios ecosistémicos (SE), nivel de apropiación de los beneficios que derivan de dichos servicios y factores de control que determinan las dinámicas. Los cambios en el uso y la cobertura del suelo suelen ser un control directo de la dinámica de los SSE y responsables de la modificación de la distribución de beneficios entre actores y, por lo tanto, de la generación de conflictos”.

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación. Es una estructura de vital importancia para el desarrollo de la vida, sirve de soporte a las plantas y le proporciona los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo (Winschel, 2017). Es el escenario en el que se desarrolla toda la actividad humana, y la fuente

de los materiales necesarios para esta conducta. Cuando se habla de cambios en las coberturas y usos de suelo, diversos autores encasillan estos dos conceptos dentro de una sola definición.

“A pesar de estas definiciones genéricas, es importante remarcar las diferencias entre los términos de usos de suelo y coberturas de suelo (Sandoval, 2009; Aldana & Bosque-Sendra, 2008; Bocco, Mendoza & Masera, 2001), donde los primeros están definidos como la función humana que se le otorga a un área específica (Pauleit, Ennos & Golding 2005; Lambin & Ehrlich, 1997), mientras que las coberturas corresponden a las características físicas de la superficie terrestre, y su creación puede generarse a partir de elementos tanto naturales como artificiales, creados y mantenidos por el hombre (Sandoval, 2009; Pauleit et al., 2005; Taylor, Brewer, & Bird, 2000)” (Meza Menares, 2017: 10).

El uso que el hombre hace de los recursos del suelo da lugar a un uso del suelo que varía según la finalidad a la cual está dirigida: producción de alimentos, vivienda, recreación, extracción de materias primas, espacios de conservación, entre otros. Estos usos, sumados a las características biofísicas del territorio en cuestión, dan como desenlace una cobertura del suelo resultante. Por lo tanto, la cobertura del suelo es el resultado de dos grandes conjuntos de fuerzas: las necesidades humanas y las características y procesos ambientales.

“La cobertura del suelo tiene una influencia significativa en la función del ecosistema en todas las escalas espaciales, desde la global a la local (Bonan, 2008; Marques et al., 2019; Peters et al., 2019; Song et al., 2018). Cambios en la población humana, las condiciones climáticas (IPCC, 2014), la demanda agroalimentaria (Alexander et al., 2016a) y una variedad de otros factores socioeconómicos y biofísicos (Popp et al., 2017) determinan el ritmo y la dirección del uso de la tierra y cambio de cobertura (Hurt et al., 2011)” (Calderón-Loor, Hadjidakou, & Bryan, 2021).

Los estudios sobre la dinámica en la cobertura de suelo “proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada” (Van Lynden & Oldeman, 1997 en Senisterra, 2014: 6). “El estudio del cambio es definido por Singh (1984) como el proceso que identifica las diferencias en el estado de un objeto o fenómeno observado en distintos tiempos” (Meza Menares, 2017: 10). “El estudio

de las causas, los procesos y las consecuencias del cambio del uso y la cobertura del suelo es uno de los principales tópicos de investigación cuando se abordan problemas relacionados al cambio ambiental global” (Turner II et al. 1995; Lambin et al. 1999; Veldkamp & Lambin 2001 en Eastmond, 2005: 56). La modificación del uso y cobertura del suelo debido a las actividades humanas ha provocado una pérdida generalizada de la biodiversidad mundial, ha desencadenado procesos graves de degradación ambiental y ha contribuido de manera significativa al cambio climático, así como al calentamiento global del planeta (Meyer & Turner, 1992).

El uso y la cobertura del suelo será en el corto plazo el componente más importante del cambio global para los ecosistemas terrestres (Walter & Steffen 1997). Como indica Navarro Rau(2012) el correcto uso de los recursos naturales de cada territorio, a fin de garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones, requieren de un conocimiento exhaustivo sobre la ocupación y el uso del suelo y su dinámica de cambio. Es por esto que la realización de una evaluación de la cobertura y uso del suelo, y el seguimiento de sus cambios, son actividades fundamentales para el manejo sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. El monitoreo de los cambios de uso y cobertura de los suelos se ha convertido en una tarea de importancia crítica para evaluar tanto el efecto del cambio global en la Tierra como el impacto de estos cambios en los servicios de los ecosistemas, la dinámica biogeoquímica, el hábitat natural, la diversidad de especies, y la sostenibilidad en general (Foley et al., 2005; Güneralp et al., 2013; Song et al., 2018; Turner et al., 2007 en Calderón-Loor et al., 2021). El crecimiento exponencial que ha experimentado la población humana a nivel mundial en las últimas décadas, la demanda de recursos naturales para satisfacer las necesidades de supervivencia de esa población y las formas y mecanismos de apropiación de los recursos, con frecuencia ligados a fuerzas sociales, políticas y económicas, han presentado implicaciones estructurales y funcionales sobre los ecosistemas (Rosete et al., 2009). Estas relaciones hombre-ambiente o entre el ambiente y los procesos ligados a la economía social, se manifiestan o materializan como cambios en la cobertura y uso de suelo (Chen & Yang, 2008 en Montoya et al., 2011).

2.2. El Ordenamiento Territorial Rural desde un enfoque ecosistémico

El enfoque ecosistémico surge como respuesta a la presión sobre los ecosistemas del mundo, a la relevancia que estos presentan para el bienestar humano y la importancia de tener en cuenta las necesidades y aspiraciones de los actores y sectores involucrados. Pone a la gente y a sus prácticas de manejo de los recursos naturales en el centro de la toma de decisiones. Según

Andrade (2007: 7) “el objeto fundamental de la aproximación ecosistémica es el manejo de los recursos biofísicos por parte de las sociedades humanas dentro de su contexto ecológico”. Comprende un conjunto de métodos que examinan la estructura y la función de los ecosistemas y la forma cómo estos responden a la acción del hombre.

Al diferenciarlo del enfoque convencional, Andrade (2007: 8) destaca que:

“Los abordajes realizados desde un Enfoque Convencional, han privilegiado el uso específico de algún recurso, como el suelo, los bosques, el agua, la pesca, etcétera, hasta propiciar su degradación y en muchos casos su agotamiento. La comprensión de las relaciones que existen entre los diferentes componentes de un ecosistema, así como su adecuado manejo han sido más de tipo reactivo, es decir, cuando se perciben situaciones extremas de deterioro, sin analizar efectivamente las causas subyacentes de su degradación o exterminio. El Enfoque Ecosistémico ofrece una visión integral orientada hacia el suministro continuo de bienes y servicios ambientales mediante el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y la participación activa de los sectores involucrados en su gestión.”

Está conformado por 12 principios de acción sustentados en las premisas del desarrollo sostenible, el manejo ecosistémico y la conservación de la biodiversidad, que se aplican de manera flexible según el contexto (Ndubusi, 2002). Estos 12 principios, sobre la base de UNESCO (2000), son:

1. La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de la tierra, hídricos y vivos deben quedar en manos de la sociedad
2. La gestión debe estar centralizada en el nivel más bajo
3. Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas
4. Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender el ecosistema en un contexto económico
5. La conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario
6. Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento

7. El Enfoque Ecosistémico debe aplicarse en escalas espaciales y temporales apropiadas
8. Habida cuenta de las diversas escalas temporales de los efectos en los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en su gestión
9. En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable
10. En el Enfoque Ecosistémico se debe procurar un equilibrio apropiado entre la conservación y utilización de la diversidad biológica y su integración
11. En el Enfoque Ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información, incluidos los conocimientos, innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales
12. En el Enfoque Ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes

El desarrollo territorial rural es un proceso que busca la transformación productiva e institucional de un espacio rural determinado, cuyo fin es reducir la pobreza rural (Schejtman & Berdegú, 2004) sin degradar por encima de límites admisibles el ambiente del que se nutre. Actualmente, el cambio de paradigma hacia un enfoque ecosistémico significa pasar de la lógica del crecimiento a la lógica del desarrollo territorial sostenible, contemplando la dimensión medioambiental, económica, social y cultural (Paruelo et al., 2014). La aplicación del Enfoque Ecosistémico es uno de los principales retos de la sociedad y permitirá comprender las relaciones espaciales y funcionales entre los componentes de los ecosistemas naturales y transformados y las demandas de la sociedad y su proyección futura (Andrade & Vides, 2011). El proceso parte de la caracterización espacialmente explícita de aspectos funcionales y estructurales de los ecosistemas, como la dinámica de la productividad primaria, el rendimiento hidrológico, los reservorios de carbono.

Con el propósito de medir y visibilizar no sólo la extensión y estado actual de los ecosistemas, sino también entender cómo su funcionamiento afecta el bienestar humano, surge en la literatura de los últimos años, y en especial a partir de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005), el concepto de Servicios Ecosistémicos (SE). Los SE, definidos como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (MEA, 2005), son la parte más importante del capital natural con que cuenta una comunidad (Martínez et al., 2017). Son esenciales para el ser humano

y funcionan de una manera tan compleja e interconectada entre sí que no pueden ser reemplazados por la tecnología (Daily et al., 1997). A pesar de su importancia, su provisión se ve afectada por diversas presiones sobre dichos espacios. Un desafío clave para el ordenamiento territorial rural es disminuir dichas presiones para mantener dichos servicios en los espacios rurales y naturales de los territorios. Al relacionar la salud de los sistemas naturales con el bienestar humano, los servicios ecosistémicos proporcionan una oportunidad para promover un desarrollo urbano sostenible y resiliente (Biggs, Schlüter & Schoon, 2015). Como indican Avendaño, Cedeño, & Arroyo (2020: 65) “la incorporación explícita de los servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial podría orientar mejor la protección del ambiente ante el desarrollo urbano como parte de procesos de planificación local, regional y nacional”. En este contexto, adoptar un enfoque ecosistémico al planificar y gestionar un territorio se convierte en un aporte de gran valor para el ordenamiento territorial.

MEA (2005) los define como los beneficios que obtenemos los seres humanos directa o indirectamente de los ecosistemas y los clasifica en cuatro grupos: de Provisión, de Regulación, Culturales y de Soporte:

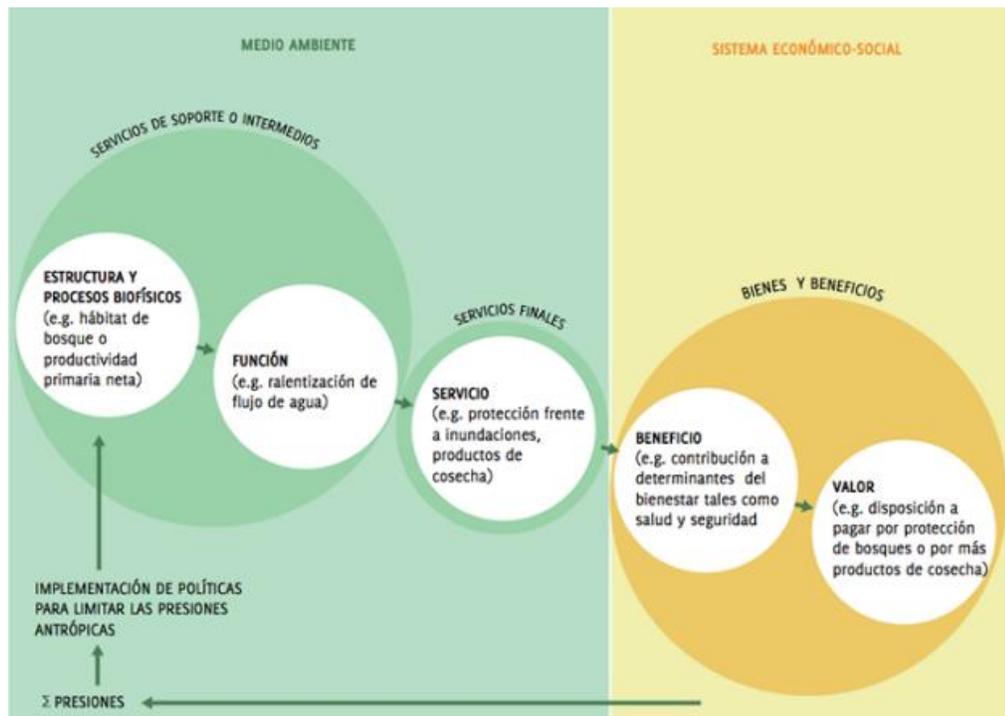
- Los Servicios de Provisión son los recursos naturales, los bienes tangibles o materiales que provienen de los ecosistemas con beneficio directo para las personas. Dan el sustento básico a la vida humana y a menudo tienen valor monetario (Balvanera & Cotler, 2009). Estos incluyen: alimentos para el consumo humano, materia prima, medicinas y abastecimiento de agua.
- Los Servicios de Regulación son procesos complejos mediante los cuales se regulan las condiciones del ambiente en que los seres humanos realizan sus actividades (Balvanera & Cotler, 2009). Estos incluyen: regulación del clima, regulación de la calidad del aire, secuestro y almacenamiento de carbono, moderación de los efectos de eventos extremos, tratamiento de aguas residuales, prevención de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo, control biológico y polinización.
- Los Servicios Culturales son beneficios no materiales que las personas obtienen a través del enriquecimiento espiritual, la recreación y la apreciación de la belleza (MEA, 2005). Estos servicios dependen de las percepciones y los valores colectivos de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes. Estos servicios son el resultado de la

evolución a lo largo del tiempo y del espacio de la relación entre los seres humanos y la naturaleza (Balvanera & Cotler, 2009). Aunque los servicios culturales no dan beneficios materiales directamente, son importantes para el desarrollo de nuestra vida en sociedad. Entre ellos encontramos: la recreación, la salud física y mental, el turismo, la apreciación estética e inspiración para el arte, la experiencia espiritual y el sentido de pertenencia.

- Los Servicios de Soporte son aquellos procesos ecológicos básicos que sostienen y aseguran el mantenimiento adecuado de los ecosistemas, permitiendo los flujos de provisión, regulación y culturales (Balvanera & Cotler, 2009). Son fundamentales para que la naturaleza siga su curso. Estos son: formación de suelos, reciclaje de nutrientes, producción primaria, flujos de energía, entre otros.

Aun cuando la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio es la referencia que usualmente se utiliza para caracterizar los Servicios Ecosistémicos, a partir de 2005 han existido importantes avances respecto a la conceptualización, definición y clasificación de los mismos, particularmente en pos de la operatividad del concepto para su valorización (Wallace, 2007). En ese sentido, se propone un marco conceptual, basado en lo reportado por Potschin-Young et al. (2018), conocido como “Cascada de los Servicios Ecosistémicos” (CSE) (Fig. 5):

Figura 5
Cascada de los Servicios Ecosistémicos



Fuente: Potschin-Young et al. (2018)

La CSE vincula la generación de Servicios Ecosistémicos finales, y sus posteriores bienes y beneficios, con la estructura y los procesos biofísicos que ocurren en dicho ecosistema. En otras palabras, la CSE revela que para obtener un flujo continuo de Servicios Ecosistémicos se requiere proteger y conservar los ecosistemas y la biodiversidad que les dan sustento. Si se hiciera un paralelismo entre la clasificación de Servicios Ecosistémicos de MEA (2005) y la CSE, los Servicios de Soporte formarían parte de los “Servicios de Soporte o intermedios”, mientras que los Servicios de Regulación, Provisión y Culturales constituyen la esfera de “Servicios Finales”. Es importante agregar que los servicios ecosistémicos de soporte son indispensables para el funcionamiento de los procesos ecológicos, por lo que su identificación y cuantificación son etapas necesarias para conocer el estado de los ecosistemas.

En los partidos de Villarino y Patagones la conservación de ciertos de estos servicios, tales como la regulación del clima o la fijación de suelos, son de vital importancia debido a la fragilidad ambiental que presentan producto de su alternancia entre periodos secos y húmedos y sus suelos propensos a la erosión, entre otras cosas. El estudio de los servicios prestados por los ecosistemas, se convierte en un campo de acción para el quehacer geográfico, como una forma

de identificar los beneficios que obtiene la sociedad humana a partir de los diferentes procesos ecológicos desarrollados al interior de los ecosistemas, evidenciando de una u otra manera esa relación entre la sociedad y la naturaleza que tanto se ha preocupado por describir dicha disciplina (Carvajal, 2010).

2.3. La Geografía Automatizada

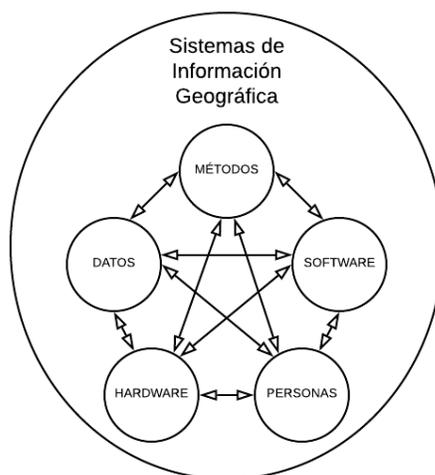
Dentro de ese proceso de evolución de la Geografía ya descrito, surge en la década del '90 la Geografía Automatizada como una “especialidad que revaloriza desarrollos geográficos de años anteriores y la conceptualización de una Geografía Global como disciplina científica de amplio impacto transdisciplinario a través de los conceptos y metodologías geográficas incorporados en los sistemas computacionales” (Buzai, 2004: 58). Este aporte surge como resultado de su reflexión sobre los avances tecnológicos que han permitido automatizar una gran cantidad de métodos utilizados para la resolución de problemáticas geográficas. “La Geografía Automatizada ... representa una revalorización de la Geografía Cuantitativa ante el nuevo ambiente digital” (Buzai, 2005: 34). Un ejemplo claro de estos avances tecnológicos lo conforman los Sistemas de Información Geográfica (SIG), una metodología de apoyo fundamental que permite el modelado de Información Geográfica orientado al análisis de las manifestaciones espaciales.

“Los Sistemas de Información Geográfica han producido una revolución tecnológica y una revolución intelectual. La primera se encuentra asociada con los procedimientos metodológicos y técnicos para el tratamiento de los datos espaciales y la segunda a la forma de pensar la realidad, al traslado de conceptos fundamentales entre disciplinas que comenzaron a incorporar componentes espaciales y al apoyo brindado al desarrollo de una inteligencia espacial. La Geografía como ciencia está en el centro de este proceso y claramente se ha convertido en la disciplina central de esta evolución.” (Buzai & Baxendale, 2015: 393).

Desde esta perspectiva, la Geografía se encuentra estrechamente ligada a su capacidad de ciencia aplicada en el ámbito del ordenamiento territorial (Buzai, Cacace, Humacata & Lanzelotti, 2015). Según Buzai & Baxendale (2013: 114-115) existe en la actualidad una necesidad de comprender las nuevas relaciones conceptuales, metodológicas y aplicativas de la geografía como productora de conocimientos a través del análisis geográfico y ante la posibilidad de

realizaciones que lleven a la solución de problemáticas a través de la tecnología SIG en apoyo al ordenamiento territorial. “La tecnología SIG representa el más alto nivel evolutivo tecnológico orientado al estudio de las distribuciones espaciales y permite incorporar características del espacio geográfico a toda disciplina que considere importante abordar la dimensión espacial de sus objetos de estudio” (Buzai et al., 2012: 64). Victor Olaya (2014) propone entender al SIG como un conjunto de subsistemas que se encargan de funciones particulares: un *subsistema de datos*¹, un *subsistema de visualización y creación cartográfica*² y un *subsistema de análisis*³. El mismo autor también sugiere otra concepción alternativa, la cual atiende a cinco elementos básicos que componen al SIG (Fig. 6):

Figura 6
Componentes de un SIG



Fuente: Palmeyro, L. 2021 sobre la base de Olaya, V. 2014.

La Geografía Automatizada hace hincapié en el estudio del espacio geográfico mediante métodos clasificatorios de los datos espaciales, postulando técnicas y procedimientos objetivos, un vocabulario lógico matemático universal, amparado en la estadística y la probabilidad (Cuadra, 2014). Esto permite el desarrollo de un análisis espacial, definido como “el estudio cuantitativo de aquellos fenómenos que se manifiestan en el espacio” (Anselín, 1989 en Olaya,

¹ “Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG” (Olaya, 2014:5).

² “Crea representaciones a partir de los datos, permitiendo la interacción con ellos” (Olaya, 2014:15).

³ “Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos” (Olaya, 2014:15).

2014: 230). Implica el proceso de modelar y obtener resultados mediante el procesamiento informático y luego examinar e interpretar los resultados del modelo.

“El análisis geográfico, realizado desde un punto de vista cuantitativo, tuvo un continuo desarrollo desde hace medio siglo y a través de su incorporación a la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha convertido en una herramienta fundamental para la toma de decisiones en materia de ordenamiento territorial. [...] Diferentes definiciones operativas de la geografía, tales como el estudio de la relación sociedad-ambiente (ecológica), de la diferenciación areal (corológica) y de las leyes que rigen las pautas de distribución espacial (sistémica), se combinan actualmente bajo la consideración de ciencia de la organización territorial (Baxendale, 2010)” (Buzai & Baxendale, 2013: 114).

El análisis a partir del modelado espacial en entorno SIG permite comprender los territorios actuales gracias a su capacidad de integrar fuentes de información diversa, modelar el territorio y a su potencial para realizar geoprocesamientos complejos, dando como resultado información inédita. “El SIG funciona como una base de datos que administra información geográfica, [...] esto nos permitirá proporcionar una ubicación absoluta y relativa del área que se analiza y es por ello que resultan útiles para la planificación y gestión del territorio” (Laffeuillade, 2018: 19). El ordenamiento territorial es una práctica compleja con etapas muy marcadas. Una de ellas es la *planificación*, la cual se vincula a la actividad académica y científica. Es aquí donde el aporte del análisis geográfico en entornos SIG, encontrará su ámbito de aplicación más eficiente (Buzai & Baxendale, 2013).

“La puesta en práctica lleva a vincular el análisis geográfico con la realización de diagnósticos parciales, en los cuales serán estudiados variables físico-naturales y humanístico-sociales. Los conceptos centrales estarán apoyados por procedimientos metodológicos precisos y la etapa de síntesis aparece tanto en la integración de resultados como de diagnósticos hacia una visión global del sistema territorial” (Buzai & Baxendale, 2013: 115).

2.3.1 El funcionamiento ecosistémico y la teledetección

El funcionamiento ecosistémico se refiere al intercambio de materia y energía entre la comunidad biótica y la atmósfera, por lo tanto, su caracterización involucra la medición de flujos

(Paruelo, 2008). Estas funciones son el resultado de los procesos ecológicos y las estructuras de los ecosistemas y son de una enorme importancia para el bienestar humano. “En las últimas décadas, la proliferación de diversas técnicas (eddy covariance, isótopos estables, sensores remotos, entre otros) ha permitido mejorar la medición directa de diversos aspectos del funcionamiento ecosistémico” (Sala et al., 2000 en Paruelo, 2008: 5). La caracterización funcional de los ecosistemas, complementaria a la estructural, presenta algunas características particularmente atractivas en estudios ecológicos, especialmente a escala regional.

“Por un lado, permiten una valoración cuantitativa directa de los servicios ecosistémicos, en especial aquellos definidos como de soporte (Millenium Assesment, 2003). Por otro, los atributos funcionales suelen responder más rápido a los cambios en las condiciones ambientales debido a la inercia en la respuesta de los atributos estructurales (Pennington, 1986; Milchunas y Lauenroth, 1995)” (Paruelo, 2008).

Una de las principales dificultades a la hora de incorporar indicadores funcionales en la caracterización de los ecosistemas es la cuantificación de propiedades involucradas en los flujos de materia y energía. Mientras que las clasificaciones estructurales se ayudan de elementos visibles (composición específica de comunidades vegetales, aspectos fisionómicos, etc.), las propiedades funcionales son elementos “intangibles” más difíciles de percibir (Fernandez & Piñeiro, 2008). Este problema puede abordarse de manera efectiva mediante el uso de técnicas específicas de teledetección capaces de detectar flujos de energía entre la superficie terrestre y la atmósfera. La teledetección brinda la posibilidad de ir más allá de lo estructural y describir aspectos funcionales de los sistemas ecológicos, particularmente a nivel de ecosistemas (J. ; P. Cabello & Paruelo, 2008). Así, la respuesta espectral captada por sensores remotos proporciona información acerca de patrones de captación y reflexión óptica y térmica directamente relacionados con las propiedades funcionales ecosistémicas (Paruelo, 2008).

El estudio en esta tesis aborda una problemática esencial de la Geografía como son los cambios en los usos y coberturas que influyen directamente la estructura y funcionamiento de los hábitats, afectando directamente la provisión de SSEE. Se lo aborda desde un enfoque sistémico, considerando el territorio como sistema complejo, por lo que el análisis se realiza en entorno SIG y con información extraída de la Teledetección.

Capítulo 3:
METODOLOGÍA

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS

La metodología de trabajo utilizada en la presente investigación tiene su base en la Geografía Aplicada. Según Levi (1970), Stamp y Phlipponneau, autores de las primeras dos obras importantes sobre Geografía Aplicada, toman como tales a aquellas investigaciones geográficas que resuelvan los problemas que se presentan en beneficio de la sociedad, aquellas que han sido directamente pedidas por el usuario o son susceptibles de serlo. Para Levi al orientar trabajos hacia las aplicaciones prácticas, la geografía deja la etapa descriptiva, para convertirse en una ciencia de aplicación. En este sentido, se aborda el estudio de los cambios en las coberturas de los suelos de Villarino y Patagones desde un enfoque ecosistémico, apoyándose en la aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), particularmente procesamientos de imágenes satelitales y manejo de Información Geográfica en entorno SIG, para la elaboración de modelos digitales de la realidad que permitan comprender y analizar problemáticas y proponer alternativas de solución y/o mejor planificación en uso del espacio.

La primera parte de la investigación se sustentó en el Kit TESSA (Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment), un conjunto de métodos desarrollado por BirdLife International en conjunto con otras universidades y organizaciones. Permite una comparación entre los valores de un servicio ecosistémico para estadíos distintos de un mismo sitio (por ejemplo, antes y luego del desmonte), lo cual evidencia las consecuencias de los cambios. Está compuesto por un manual principal de guía para el usuario, métodos, apéndices y notas de guía. La segunda parte consistió en una caracterización funcional basada en el promedio y la variabilidad anual de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa presentada por los distintos hábitats durante el año 2019. A continuación, se detallan los pasos realizados.

3.1 Primera etapa

El primer paso consistió en analizar los actores sociales involucrados en la problemática de la investigación, identificados mediante revisión bibliográfica y entrevistas a informantes clave. El análisis consistió en clasificarlos, utilizando la “*Guía 1: Análisis de los interesados*” (Anexo I) con base en su grado de *interés* y de *influencia*. Para determinar el *interés* de estos grupos se hizo referencia a la importancia que le representa a cada grupo esta problemática. El interés varía en base a la prioridad que respecta este tema en su cotidianidad, el grado de información que poseen para hacer una valoración consecuente, la primacía de intereses más urgentes o cortoplacistas, entre otros. En cuanto a la *influencia*, se consideró la posibilidad de cada grupo

social para influir en la continuidad o modificación de las situaciones descritas en la investigación. Para este caso en particular, se tuvo en cuenta la influencia posible de cada grupo social en la continuación o variación de las coberturas del suelo a una escala regional. Luego se realizó una descripción de cada grupo.

Como segundo paso se realizó la *evaluación preliminar de alcance* lo que permitió obtener un panorama preliminar sobre la realidad del área de estudio con respecto a parámetros de interés. Dicha evaluación consistió en reconocer los hábitats presentes en el año 2019, identificar los servicios ecosistémicos del área y las posibles amenazas a su provisión y, por último, determinar cuál será el estado plausible para el año 2030. Fue realizada con base a revisión bibliográfica del área, información geoespacial provista por el INTA Hilario Ascasubi, el Instituto Geográfico Nacional y talleres con expertos del INTA Hilario Ascasubi realizados los días 17/02/2020 y 09/03/2020 de manera presencial y 01/04/2020, de manera virtual.

Se obtuvo la localización y extensión de los diferentes usos y coberturas del suelo presentes en el área de estudio para el año 2019 con base en información geoespacial del Laboratorio de Teledetección y SIG del INTA Hilario Ascasubi. La misma fue re proyectada y corregida topológicamente con los vectores de Villarino y Patagones provistos por el Instituto Geográfico Nacional. Esas coberturas fueron reclasificadas a *Hábitats (Clasificación de hábitats Anexo II)* según la información obtenida en el primer taller. Se calcularon las superficies de cada hábitat y el porcentaje que ocupan en cada uno de los partidos del área de estudio. El modelo de la realidad se construyó en el software QGIS 3.16.

Para identificar Servicios Ecosistémicos del área de estudio se les brindó a los integrantes del segundo taller un marco conceptual sobre Servicios Ecosistémicos, para que puedan luego reconocer cuales se presentan en el área. Se les permitió expresarse con sus propias palabras en vez de restringirlos a una lista determinada y luego se estandarizaron las respuestas respecto a la clasificación de SSEE de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). A continuación, los participantes reconocieron actividades, fenómenos o situaciones que puedan significar una amenaza para la provisión de servicios ecosistémicos dentro del área de estudio. Al igual que en la identificación de los Servicios Ecosistémicos, las expresiones fueron libres (esto significa sin una lista que restrinja) y luego sus respuestas se englobaron en un solo concepto que incluya cada problemática reconocida.

Como tercer paso se determinó el *estado plausible* de ambos partidos para el año 2030. El *estado plausible* representa un posible futuro de un territorio, teniendo en cuenta los hábitats actuales y las amenazas reconocidas que puedan modificar dichas coberturas. Ese estado plausible debe apoyarse en las amenazas que los entrevistados indiquen como determinantes y que, por lo tanto, sea probable que encaucen los cambios de coberturas. En el caso de esta investigación, se seleccionaron el avance de la frontera agrícola y el desmonte. Con base en esto, consultas a expertos, análisis de tendencias de cambios de coberturas anteriores y la predicción de cambios de usos y coberturas en Villarino y Patagones (Winschel, 2017), se determinó el estado plausible de ambos partidos para el año 2030. Por último, se generó información geoespacial diferenciando los hábitats que aumentan, mantienen o disminuyen su extensión durante el periodo 2019-2030 y así obtener las tendencias de los hábitats para el año 2030.

Como último paso, se procedió a planificar el análisis para determinar las consecuencias ecosistémicas que puedan traer al área de estudio el cumplimiento efectivo del estado plausible y su consecuente cambio de coberturas para el año 2030. Se analizó el carbono almacenado en ambos años debido a la importancia que presenta ese almacenamiento para la regulación del clima, servicio ecosistémico identificado como de gran importancia para la región por su carácter transicional entre climas templados y áridos. Además, es uno de los indicadores más integradores de la estructura y el funcionamiento ecosistémico de un lugar. Se estimó el carbono almacenado en ambos partidos, tanto para el año 2019 como para el año 2030, con los métodos propuestos por TESSA. El almacenamiento de carbono se determinó a partir de los cuatro hábitats más representativos. Estos fueron seleccionados teniendo en cuenta la escala, la información disponible y la consulta a expertos. Los mismos son: Arbustos cerrados, Arbustos abiertos, Pastizales y Cultivos. En el caso del partido de Villarino también se incluyó el hábitat de Bosques Mixtos, no así en Patagones debido a que no hay presencia de los mismos.

El carbono almacenado de cada hábitat se compone por las reservas de carbono en la biomasa aérea, en la biomasa subterránea, en la madera muerta y hojarasca y en el suelo. Para conocer qué métodos utilizar en cada hábitat la decisión se apoyó en los árboles de decisión 1, 2, 3 y 5 (Anexo III). Se determinó que los métodos a utilizar en los 5 hábitats seleccionados son los siguientes:

- Climate M2: Estimación de las reservas de carbono de biomasa viva sobre el suelo utilizando estimaciones del nivel 1 del IPCC.
- Climate M5: Estimación del stock de carbono de biomasa viva subterránea utilizando factores de conversión del IPCC.
- Climate M6: Estimación del stock de carbono de materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) utilizando estimaciones del nivel 1 del IPCC.
- Climate M7: Estimación del stock de carbono orgánico del suelo en suelos minerales y orgánicos.

Para efectuar esas estimaciones se realizaron los siguientes cálculos para cada hábitat y parte del hábitat en particular:

3.1.1. Bosques mixtos

3.1.1.1. Carbono de la biomasa viva sobre el suelo

El carbono almacenado en la biomasa viva aérea (CBA) se estimó a través del método *Climate M2* y los datos del Capítulo 4 del IPCC (2006) para este hábitat. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBA = (H * 80) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 80 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la biomasa.

3.1.1.2. Carbono de la biomasa viva subterránea

El carbono almacenado en la biomasa viva subterránea (CBS) se estimó a través del método *Climate M5* y los datos del Capítulo 6 del IPCC (2006) para este hábitat. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBS = (BA * 0,3) * 0,5$$

donde BA es el valor de toneladas de biomasa aérea en todo el hábitat; 0,3 el factor de conversión calculado para este hábitat y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la biomasa.

3.1.1.3. Carbono en madera muerta y hojarasca.

Se utilizó para el cálculo de carbono de carbono en la materia orgánica muerta el método *climate M6*. Para calcular el carbono en la madera muerta (CMM) se estimó que su masa representa 1/5 de la biomasa viva aérea. Se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{CMM} = (\text{H} * (80 / 5)) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 80 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la madera muerta. Para calcular el C en la hojarasca (CH) se estimó que su masa representa 1/10 de la biomasa viva aérea. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{CH} = (\text{H} * (80/10)) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 80 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la hojarasca.

3.1.1.4. Carbono en el suelo

El carbono almacenado en el suelo (CS) se estimó a través del método *Climate M7* y los datos del Capítulo 2 del IPCC (2006) para suelos del área. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{CS} = \text{H} * 38$$

donde H son la cantidad de hectáreas y 38 el valor estimado de toneladas de carbono almacenado por hectárea.

3.1.1.5. Carbono total del hábitat

Finalmente, para conocer el total de C almacenado en los Bosques Mixtos (Cbm) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Cbm} = \text{CBA} + \text{CBS} + (\text{CMM} + \text{CH}) + \text{CS}$$

3.1.2. Arbustos cerrados

3.1.2.1. Carbono de la biomasa viva sobre el suelo

El carbono almacenado en la biomasa viva aérea (CBA) se estimó a través del método *Climate M2* y los datos del Capítulo 4 del IPCC (2006) para este hábitat. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{CBA} = (\text{H} * 40) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 40 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la biomasa.

3.1.2.2. Carbono subterráneo

El carbono almacenado en la biomasa viva subterránea (CBS) se estimó a través del método *Climate M5* y los datos del Capítulo 6 del IPCC (2006) para este hábitat. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBS = (BA * 0,45) * 0,5$$

donde BA es el valor de toneladas de biomasa aérea en todo el hábitat; 0,45 el factor de conversión calculado para este hábitat y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la biomasa.

3.1.2.3. Carbono en madera muerta y hojarasca.

Se utilizó para el cálculo de carbono de carbono en la materia orgánica muerta el método *climate M6*. Para calcular el carbono en la madera muerta (CMM) se estimó que su masa representa 1/5 de la biomasa viva aérea. Se empleó la siguiente fórmula:

$$CMM = (H * (80 / 5)) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 80 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la madera muerta. Para calcular el C en la hojarasca (CH) se estimó que su masa representa 1/10 de la biomasa viva aérea. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CH = (H * (80/10)) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 80 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la hojarasca.

3.1.2.4. Carbono en el suelo

El carbono almacenado en el suelo (CS) se estimó a través del método *Climate M7* y los datos del Capítulo 2 del IPCC (2006) para suelos del área. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CS = H * 38$$

donde H son la cantidad de hectáreas y 38 el valor estimado de toneladas de carbono almacenado por hectárea.

3.1.2.5. Carbono total del hábitat

Finalmente, para conocer el total de C almacenado en los Arbustos Cerrados (Cac) se utilizó la siguiente fórmula:

$$Cac = CBA + CBS + (CMM + CH) + CS$$

3.1.3. Arbustos abiertos

3.1.3.1. Carbono de la biomasa viva sobre el suelo

El carbono almacenado en la biomasa viva aérea (CBA) se estimó a través del método *Climate M2* y los datos del Capítulo 4 del IPCC (2006) para este hábitat. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBA = (H * 20) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 20 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la biomasa.

3.1.3.2. Carbono subterráneo

El carbono almacenado en la biomasa viva subterránea (CBS) se estimó a través del método *Climate M5* y los datos del Capítulo 6 del IPCC (2006) para este hábitat. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBS = (BA * 0,45) * 0,5$$

donde BA es el valor de toneladas de biomasa aérea en todo el hábitat; 0,45 el factor de conversión calculado para este hábitat y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la biomasa.

3.1.3.3. Carbono en madera muerta y hojarasca

Se utilizó para el cálculo de carbono de carbono en la materia orgánica muerta el método *climate M6*. Para calcular el carbono en la madera muerta (CMM) se estimó que su masa representa 1/5 de la biomasa viva aérea. Se empleó la siguiente fórmula:

$$CMM = (H * (80 / 5)) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 80 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la madera muerta. Para calcular el C en la hojarasca (CH) se estimó que su masa representa 1/10 de la biomasa viva aérea. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CH = (H * (80/10)) * 0,5$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 80 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,5 la fracción de carbono con respecto a la hojarasca.

3.1.3.4. Carbono en el suelo

El carbono almacenado en el suelo (CS) se estimó a través del método *Climate M7* y los datos del Capítulo 2 del IPCC (2006) para suelos del área. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CS = H * 38$$

donde H son la cantidad de hectáreas y 38 el valor estimado de toneladas de carbono almacenado por hectárea.

3.1.3.5. Carbono total del hábitat

Finalmente, para conocer el total de C almacenado en los Arbustos Abiertos (Caa) se utilizó la siguiente fórmula:

$$Caa = CBA + CBS + (CMM + CH) + CS$$

3.1.4. Pastizales

3.1.4.1. Carbono aéreo

El carbono almacenado en la biomasa viva aérea (CBA) se calculó a través del método *Climate M2* y el apéndice *Estimated values of biomass and mineral soil organic matter* (Anexo IV). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBA = (H * 2,3) * 0,47$$

donde H son la cantidad de hectáreas; 2,3 el valor estimado de toneladas de biomasa viva aérea por hectárea y 0,47 la fracción de carbono con respecto a la biomasa.

3.1.4.2. Carbono subterráneo

El carbono almacenado en la biomasa viva subterránea (CBS) se estimó a través del método *Climate M5* y los datos del Capítulo 6 del IPCC (2006) para este hábitat. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBS = (BA * 2,8) * 0,47$$

donde BA es el valor de toneladas de biomasa aérea en todo el hábitat; 2,8 el factor de conversión calculado para este hábitat y 0,47 la fracción de carbono respecto a la biomasa.

3.1.4.3. Carbono en la madera muerta y hojarasca

Este carbono almacenado no se calcula en los hábitats de pastizales debido a que se supone que no hay depósitos significativos de madera muerta y hojarasca para los hábitats dominados por pastos (IPCC 2006).

3.1.4.4. Carbono en el suelo

El carbono almacenado en el suelo (CS) se estimó a través del método *Climate M7* y los datos del Capítulo 2 del IPCC (2006) para suelos del área. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CS = H * 38$$

donde H son la cantidad de hectáreas y 38 el valor estimado de toneladas de carbono almacenado por hectárea.

3.1.4.5. Carbono total del hábitat

Finalmente, para conocer el total de C almacenado en los Pastizales (Cp) se utilizó la siguiente fórmula:

$$Cp = CBA + CBS + CS$$

3.1.5. Cultivos

3.1.5.1. Carbono en la biomasa aérea, biomasa subterránea y madera muerta y hojarasca

En el caso de los cultivos, el Carbono almacenado en la biomasa aérea, en la biomasa subterránea y en la madera muerta y hojarasca no es considerado. Los dos primeros debido a que se supone que no hay existencias de carbono por pérdidas de biomasa derivadas de la cosecha y la mortalidad en el mismo año. En el caso de la madera muerta y la hojarasca debido a que se supone que no hay depósitos significativos de basura y madera muerta para los hábitats dominados por pastos (IPCC 2006).

3.1.5.2. Carbono en el suelo

Para estimar el C en los suelos (S) destinados a cultivos se diferenciaron los suelos utilizados en cultivos de cosecha anual de los perennes. En base a la entrevista realizada al personal del INTA se estimó un 65% de la superficie total al primer grupo y el 35% restante al segundo.

En primer lugar se calculó el carbono almacenado por hectárea en el caso de cada grupo. Para calcular el carbono por hectárea se utilizó la siguiente fórmula:

$$SOCref * FLU * FI * FMG$$

El mismo fue estimado empleando el valor predeterminado de reserva de carbono del suelo donde SOCref representa el valor predeterminado de reserva de carbono del suelo para el área; el factor de cambio por uso del suelo FLU el factor de cambio por uso de suelo, FMG el factor de cambio para el régimen de gestión y FI el factor de cambio por aporte de materia orgánica. Para conocer los valores correspondientes a los suelos de cultivos anuales y perennes se utilizó el Capítulo 4 del IPCC (2006) y estos fueron los resultados obtenidos:

- SOCREF: **38** Tonnes C Ha-1 in 0-30 cm depth
- FLU: **0.8** Cultivo anual **0.93** descanso o perenne
- FMG: **1.02**
- FI: **1**

Cultivo anual: $38 * 0,8 * 1,02 * 1 = 31,01 \text{ Ton C Ha-1}$

Cultivo perenne: $38 * 0,93 * 1,02 * 1 = 36,05 \text{ Ton C Ha-1}$

Por último, para conocer el carbono almacenado en los suelos de los hábitats de cultivos se realizó la siguiente fórmula:

$$CS = (Hcan * 31,01) + (Hcpe * 36,06)$$

donde *Hcan* son las hectáreas correspondientes a cultivos anuales y *Hcpe* las hectáreas correspondientes a los cultivos perennes.

3.1.5.3. Carbono total del hábitat

Finalmente, para conocer el total de carbono almacenado en los cultivos (*Cc*) se tomó el valor obtenido en el carbono almacenado en el suelo debido a que, como se explicó anteriormente, es el único carbono del hábitat que se considera parte de las reservas del hábitat. Por lo tanto:

$$C_c = CS$$

3.1.6. Carbono total del sitio

Para conocer el carbono total almacenado del sitio (CTS) se utilizó la siguiente fórmula:

$$CTS = C_{bm} + C_{ac} + C_{ab} + C_p + C_c$$

Luego de calcular el carbono almacenado en cada año por partido, se presentaron los resultados en gráficos y tablas. A continuación, se espacializaron en Qgis las variaciones en el carbono

almacenado de cada hábitat entre los sitios actuales y plausibles y los valores de carbono almacenado por hectárea que presentó cada uno de los hábitats, permitiendo reconocer la distribución y localización de las áreas de Villarino y Patagones que mayor carbono almacenan.

3.2 Segunda parte

Considerando el avance de la frontera agrícola y el desmonte como un proceso inminente, se caracterizó funcionalmente los bosques mixtos, arbustos cerrados y arbustos abiertos del área de estudio, debido a que son los tres hábitats con mayor carbono almacenado por hectárea y es sobre estos sistemas naturales que avanzan los dos procesos nombrados. Dicha caracterización consistió en calcular el promedio anual de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (fPAR) y su variabilidad anual para el año 2019 de cada parcela correspondiente a dichos hábitats. Estos son dos aspectos de la dinámica de la ganancia de carbono que muestran una relación estrecha con la provisión de servicios ecosistémicos.

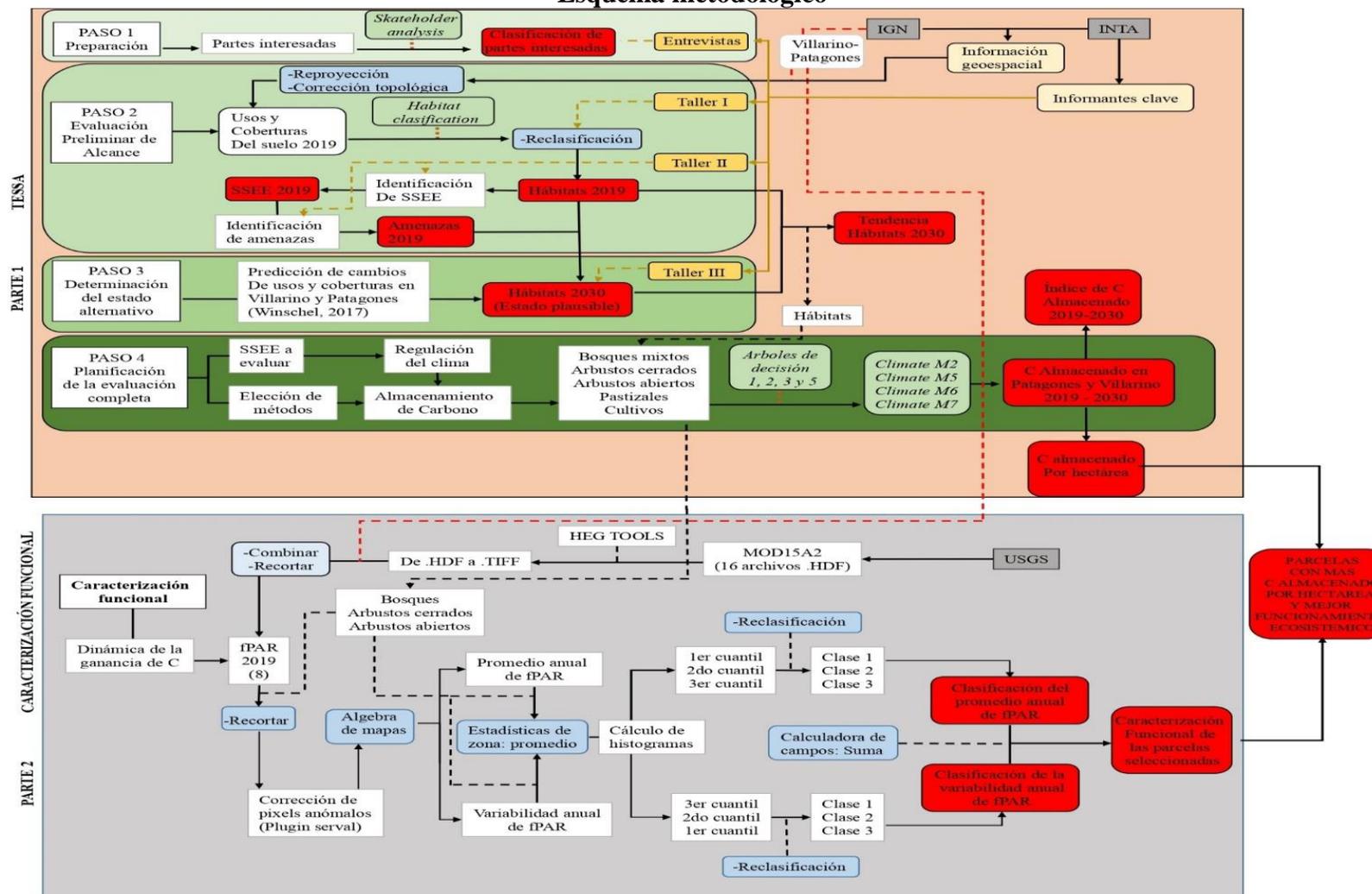
Para la construcción de las variables se descargaron 16 productos MODIS MDC15A2 (LAI/fPAR) de un servidor USGS en formato .HDF correspondientes a distintas fechas distribuidas a lo largo del año. Con el software HEGTools se extrajo archivo correspondiente a fPAR de cada producto y se convirtió a formato .TIFF para poder procesarlo en el software QGIS v.3.16. Una vez incorporados al QGIS, los rasters fueron combinados (el área de estudio corresponde a dos gránulos por fecha) y recortados con el vector del área de estudio descargado del IGN. Como los valores de fPAR varían entre 0 y 100, con calculadora raster se eliminaron los valores superiores a 100, que corresponden a coberturas particulares determinadas por MODIS. Luego, se recortaron las capas rasters de modo que solamente queden en la matriz los valores correspondientes a las parcelas de los 3 hábitats analizados. Del análisis preliminar de los resultados obtenidos se detectaron valores atípicos que no mantenían una correspondencia espacial con los que lo rodean y fueron corregidos utilizando el plugin Serval. Para la corrección de dichos píxeles con valores anómalos se aplicó un filtro de 3x3, asignándoles el valor promedio de los 8 que lo rodean. Luego de estos procesos quedan los ocho rasters en condiciones de ser integrados al modelo y de esta manera realizar los cálculos de las dos variables de interés.

Para calcular el *promedio anual de fPAR* se realizó a través de la calculadora raster la sumatoria de las capas y se dividió al resultado por 8. En el caso de la *variabilidad anual de fPAR* fue necesario calcular el coeficiente de variación de las capas (Desvío estándar/Promedio). Para

esto, se calculó en primera medida el desvío estándar del conjunto de datos. A la capa resultante se la dividió por el promedio y se obtuvo el coeficiente de variación.

A continuación, se calculó el valor promedio que cada parcela perteneciente a los hábitats analizados presenta respecto al *promedio anual de fPAR* y la *variabilidad anual de fPAR*. Luego las parcelas fueron reclasificadas por separado en 3 clases, con base en ambas variables. Dichas clases fueron obtenidas a partir del cálculo del histograma de los valores obtenidos en cada parcela para ambas variables y sus valores cuantiles. En el caso del promedio anual de fPAR, los valores anteriores al primer cuantil se los consideró de *clase 1*, entre el primer y segundo cuantil de *clase 2* y mayores al segundo cuantil de *clase 3*. Para el histograma de la variabilidad anual, los valores mayores al segundo cuantil se los consideró de *clase 1*, entre el primer y segundo cuantil de *clase 2* y menores al primer cuantil de *clase 3*. Por último, se sumaron las capas reclasificadas correspondientes a cada variable, generando la capa final de caracterización funcional de los hábitats analizados. Las parcelas que hayan dado como resultado valores 6 o 5 se las considero de *mayor funcionamiento ecosistémico*, las de valor 4 como de *funcionamiento ecosistémico intermedio* y las de valor 3 o 2 como de *menor funcionamiento ecosistémico*.

Figura 7
Esquema metodológico



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021.

Capítulo 4:
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se expresó anteriormente la Geografía es la ciencia madre para analizar las interrelaciones entre el hombre y los ecosistemas. En la organización espacial y los procesos que se dan en ella, los actores son claves y reveladores. En este sentido, a partir de la aplicación de los primeros pasos del método utilizado, en la tabla I se presenta el resultado del análisis de las partes interesadas.

Tabla I

Clasificación de las partes interesadas según interés e influencia

		Interés de la parte interesada			
		Desconocida	Baja o nula	Media	Significativa
Influencia de la parte interesada	Significativa			-Productores -Municipio	-INTA
	Media				
	Baja o nula			-Habitantes	
	Desconocida				

Fuente: Palmeyro, L., 2021

En la tabla se observa que el **INTA E.E.A Hilario Ascasubi** es el que expone el mayor *interés* e *influencia*. Esto se debe a que dentro de sus funciones está la de generar, adaptar y transferir tecnologías, conocimientos y procesos de aprendizaje para el ámbito agropecuario, forestal y agroindustrial dentro de un marco de sostenibilidad ecológica, por lo que un análisis de los cambios de cobertura de su área de influencia desde un enfoque ecosistémico se relaciona estrechamente con sus intereses. Además, presenta importantes instrumentos, herramientas y técnicas de intervención territorial tales como sus programas de extensión y desarrollo rural, los cuales apoyan procesos de intercambio de información y conocimientos para el desarrollo de las capacidades de innovación de los miembros de las comunidades rurales, urbanas y periurbanas. Asimismo, en una estrategia en red junto a gobiernos provinciales, municipales, ministerios nacionales, universidades, ONG, entre otras entidades, impulsa a los productores y

a sus organizaciones para que sean competitivos, se desarrollen en un marco de equidad e inclusión social y de cuidado del ambiente.

Los **productores** y el **municipio** también presentan una influencia *significativa* (Tabla I). Los primeros, a través de sus libertades en el uso de la propiedad privada, son responsables de muchos cambios o continuidades en las coberturas de sus campos; el segundo, a través de sus facultades políticas para planificar y gestionar el ordenamiento territorial de sus partidos o la promoción o premiación de ciertas prácticas. Sin embargo, su interés por estos servicios se encuentra un escalón por debajo del INTA, por lo que fue clasificado como *medio*. Los fundamentos por los que INTA fue catalogado con un mayor interés radican en que para esta institución el funcionamiento ecosistémico de su área de influencia es uno de sus intereses principales, mientras que para el gobierno municipal y los productores también es una cuestión importante, pero no la mayor ni la única.

Por último, se encuentran los **habitantes** de los partidos de Villarino y Patagones que presentan un interés *medio* por este análisis. A pesar que los habitantes del área son los principales beneficiarios de estos provechos, la falta de conocimiento del común de la población respecto a estos beneficios hace que su interés no sea *significativo*. A ello se suma que los intereses de los ciudadanos pasan generalmente por cuestiones más inmediatas a su realidad, como cuestiones laborales o económicas. Con respecto a la influencia de los habitantes se la consideró como baja debido a que es el grupo que menos posibilidades presenta de influir en la continuación o modificación de las coberturas de los partidos que habitan, a la escala que se está utilizando en esta investigación.

Con base a sus ubicaciones dentro de la tabla I, quedó determinado que el INTA, los productores y los gobiernos municipales pertenecen al “Grupo A” (verde) de partes interesadas. Estos son grupos de gran importancia para planificar y gestionar la localización, extensión y distribución de las coberturas del suelo y los consecuentes servicios ecosistémicos que puedan brindar. Esto implica que cualquier proyecto u organización que intente planificar o gestionar las coberturas de estos partidos, necesitará construir buenas relaciones con estas partes interesadas, para asegurar una coalición efectiva de apoyo para el proyecto. El grupo restante, los habitantes, pertenece al “Grupo B” (amarillo). Son grupos que presentan un interés importante pero con poca influencia, por lo que no tienen gran peso en su gestión. Esto significa que requerirán

iniciativas especiales para proteger sus intereses (asambleas, organizaciones vecinales, manifestaciones, entre otras).

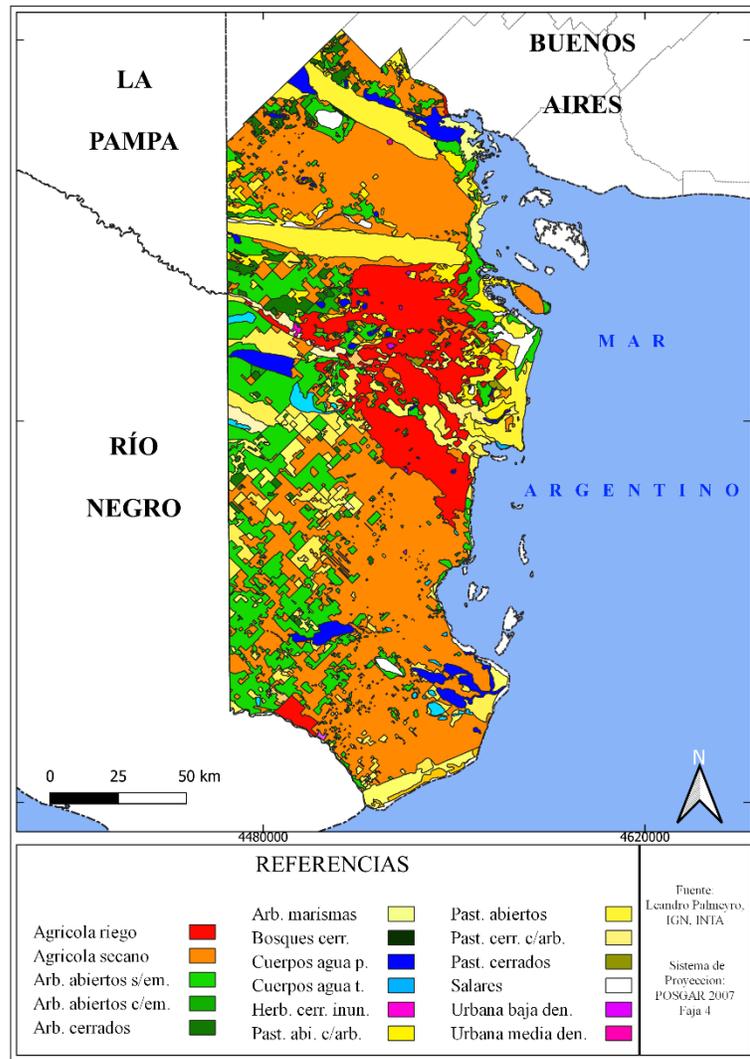
Los cambios en las coberturas de los suelos son inminentes e innatos al proceso de apropiación y uso del espacio que ejercen los seres humanos en los diversos territorios que habitan. Estas modificaciones alteran el funcionamiento de los ecosistemas y generan consecuencias de diverso impacto, por lo que monitorear las coberturas presentes y los posibles cambios ofrece una opción de acción frente a estas consecuencias. Las coberturas del suelo presentes en el área de estudio para el año 2019 se presentan en la figura 8. Los cultivos representan el 53% del área de estudio, distribuidos entre el área de riego del valle inferior del Río Colorado y el área de secano. Ocupan mayormente la parte longitudinal central y centro-oriental, hasta pocos kilómetros antes de la costa atlántica, donde se da el ecotono hacia sistemas naturales, especialmente en Villarino, tales como pastizales y en menor medida arbustales abiertos que representan poco interés productivo debido a que se tratan de suelos con elevada concentración de sales y Na⁺ y con grave peligro de anegamiento periódico. La franja occidental presenta el mayor porcentaje de coberturas de arbustales abiertos y cerrados del área de estudio (Fig. 8) sin embargo, se observan parcelamientos destinados al cultivo lo que evidencia el avance de la frontera agrícola-ganadera sobre dichos sistemas naturales. Los primeros desmontes fueron exclusivamente manuales, en la actualidad se realiza el empleo de maquinarias que aceleran el proceso, dando lugar al denominado desmonte mecánico. Algunas de las especies vegetales representativas son el caldén (*Prosopis caldenia*) y el algarrobo dulce (*Prosopis flexuosa*), junto a especies arbóreas de menor porte como el chañar (*Geoffroea decorticans*), sombra de toro (*Jodina rhombifolia*) y espinillo (*Vachellia caven*). En cuanto a los arbustos existe presencia de palo azul (*Cyclolepis genistoides*), jume (*Allenrolfea vaginata*), piquillín (*Condalia microphylla*), jarilla (*Larrea divaricata*), pájaro bobo (*Tessaria absinthioides*), entre otros (Cabrera, 1951). Dumrauf (2008) reconoce en esta parte del área de estudio un desmonte ganadero, caracterizado por una disminución de la biomasa arbustiva para permitir el acceso para la productividad forrajera del pastizal, y, un desmonte agrícola que consiste en la erradicación total de la vegetación nativa para la implantación de verdeos o cereales.

Al norte del área de riego se desarrollan dos franjas transversales continuas de Pastizales psamófilos (Fig. 8); una más al norte con dirección NO-SE coincidente con el paleovalle poligénico marginal de la Cuenca del Colorado y la otra, más al sur en dirección O-E relacionada

a un paleodrenaje con remociones eólicas arenosas (Spalletti & Isla, 2003). También existen pastizales xerófilos fragmentados tanto sobre la región oriental del área, en cercanías a la desembocadura del Colorado sobre suelos compuestos por sedimentos marinos de las transgresiones cuaternarias (Sanchez, Pezzola & Cepeda, 1998), como en la occidental, siendo los fragmentos de mayor superficie los ubicados al sur del cauce del Río Colorado.

Figura 8

Coberturas del suelo de los partidos de Villarino y Patagones para el año 2019



Fuente: Palmeyro, L. 2021

El avance de la frontera agrícola es uno de los principales causantes de la fragmentación de los sistemas naturales del área, modificando su cobertura original. Una gran parte de dichos sistemas, principalmente los de la franja occidental del área de estudio, fueron desmontados

durante la segunda mitad del siglo XX a través de la promoción de distintas políticas que atrajeron productores de otras regiones y otorgamientos de créditos para el desmonte de tierras para desarrollar cultivos agrícolas (Gabella, 2014). La agricultura y la ganadería representan las principales actividades económicas de la región y por ende las que generan mayores ingresos (Dumrauf, 2008). Estos procesos de intervención antrópica sobre sistemas naturales generan degradación de ecosistemas, del recurso suelo y alteraciones en la biodiversidad natural de estos hábitats. Dicha degradación, intensificada por la condición árida a semiárida de la región, facilita el surgimiento de procesos de desertificación y erosión eólica tales como los ocurridos durante el bienio 2008-2009.

En las coberturas presentes en un territorio se desarrollan diversos hábitats, reconocidos como áreas que comparten características físicas, químicas y biológicas. En la tabla II se presentan los hábitats del área de estudio, obtenidos a través de las coberturas del suelo reconocidas previamente. Se identificaron un total de 10 hábitats, entre los que destacan los *Cultivos*, áreas caracterizadas por vegetación que se ha plantado o se maneja intensamente para la producción de alimentos o fibras; los *Pastizales*, tierras cubiertas por herbáceas, donde la cobertura de árboles o arbustos es menor al 10%; los *Arbustos abiertos*, suelo con vegetación leñosa de menos de dos metros de altura y con una cubierta de dosel de arbustos entre 10% y 60%; los *Arbustos cerrados*, tierras con vegetación leñosa de menos de dos metros de altura y con una cubierta de dosel de arbustos mayor al 60% y los *Bosques mixtos*, tierras dominadas por árboles con un porcentaje de cobertura del dosel mayor al 60% y una altura superior a dos metros. Fueron reconocidos también en el área los hábitats de *Cuerpos de agua*, *Salinas*, *Dunas*, *Residencial de baja densidad* y *Residencial de alta densidad*, respectivamente.

Tabla II

Hábitats correspondientes a cada una de las coberturas presentes en el área de estudio

COBERTURA	HÁBITAT
Cultivos de herbáceas gramíneas en secano	Cultivos
Cultivos de herbáceas gramíneas y no gramíneas bajo riego	

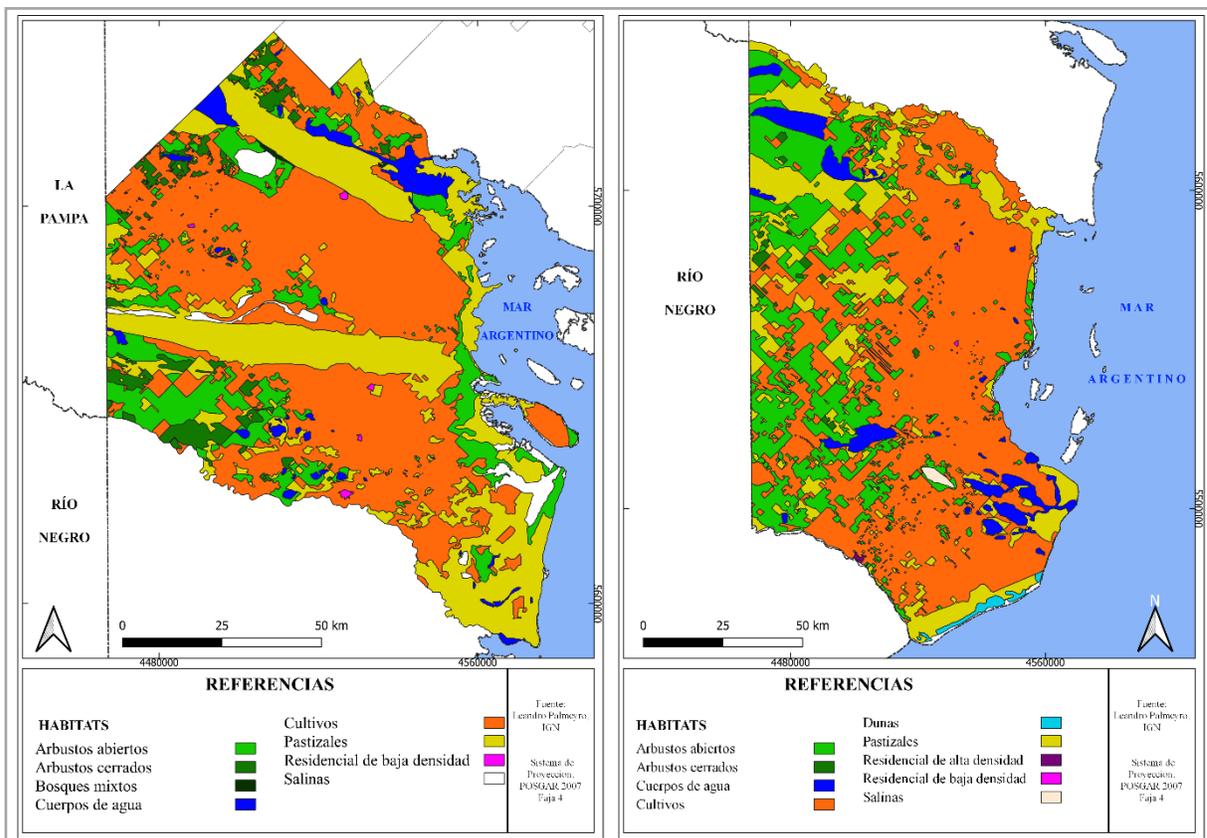
Bosque cerrado	Bosques mixtos
Bosque abierto con arbustos	
Bosque abierto con estrato herbáceo	
Arbustal cerrado	Arbustos cerrados
Arbustal abierto sin emergentes	Arbustos abiertos
Arbustal abierto con emergentes	
Pastizales cerrados de cobertura simple	Pastizales
Pastizales cerrados con árboles	
Pastizales cerrados con arbustos	
Pastizales cerrados con árboles y arbustos	
Pastizales abiertos de cobertura simple	
Pastizales abiertos con arbustos	
Natural estacionarios permanentes (cuerpos de agua)	
Consolidadas (salinas)	Salinas
No consolidadas (dunas y bajos salinos)	Dunas
Urbana de baja densidad	Residencial de baja densidad

Urbana de densidad media	Residencial de alta densidad
--------------------------	-------------------------------------

Fuente: Palmeyro, L., 2021

La representación espacial de la tabla II se presenta en la figura 9. Se observa que ambos partidos tienen mayor cobertura de cultivos y los hábitats naturales se localizan en los extremos con evidente fragmentación de los mismos.

Figura 9
Hábitats de los Partidos de Villarino y Patagones para el año 2019



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

En la tabla III se presentan los porcentajes de cada hábitat por partido. El Partido de Villarino presenta un 49,4 % de su superficie ocupada por cultivos. Estos se distribuyen tanto dentro del área de riego como en la zona de secano. El segundo hábitat más representativo son los pastizales con un 28,9% de extensión, seguidos por los arbustos abiertos y los arbustos cerrados, ocupando un 12,6% y un 4% del partido respectivamente. A diferencia de Patagones, en

Villarino hay presencia de bosques mixtos y representan el 0,1% del partido. El resto de los hábitats presentes son cuerpos de agua, salinas y residencial de baja densidad y representan el 5%. En el caso de Patagones, los cultivos también es el hábitat más extendido, con un 55,8%. En comparación con Villarino, los pastizales ocupan un porcentaje menor del territorio, con un 17,6% (Fig. 10). Esto podría atribuirse a los paleocauces presentes en el partido de Villarino que propiciaron el crecimiento de pastizales psamófilos, que se suman a los xerófilos típicos de esta localización dando lugar a una gran extensión de dicho hábitat. Por último, los arbustos abiertos representan el 20,8% del partido mientras que los arbustos cerrados suceden en una superficie muy poco representativa, ocupando solamente un 0,7%. El resto de los hábitats son cuerpos de agua, salinas, dunas, residencial de baja densidad y residencial de alta densidad y representan el 5,1% (Fig. 10).

Tabla III

Superficie correspondiente a cada hábitat en Villarino y en Patagones para el año 2019

	Villarino		Patagones	
	ha	%	ha	%
Bosques mixtos	1.175	0,10	0	0
Arbustos cerrados	45.756	4,01	9.866	0,73
Arbustos abiertos	144.071	12,64	282.505	20,77
Pastizales	329.871	28,94	239.062	17,58
Cultivos	562.569	49,35	759.464	55,84
Cuerpos de agua	32.006	2,81	58.131	4,27
Salinas	23.140	2,03	3.088	0,23
Dunas	0	0	6.759	0,50
Residencial alta densidad	0	0	634	0,05
Residencial baja densidad	1.412	0,12	490	0,04
TOTAL	1.140.000	100	1.360.000	100

Fuente: Palmeyro, L., 2021

Cada uno de los hábitats identificados brindan Servicios Ecosistémicos (SSEE) determinados que muchas veces no son reconocidos o identificados por la comunidad. Se definen genéricamente como los beneficios que perciben los grupos humanos de los ecosistemas y la capacidad de provisión de estos servicios está estrechamente ligada a las coberturas de un

territorio. En la tabla IV se presentan los SSEE identificados por los entrevistados en el área de estudio:

Tabla IV
Servicios Ecosistémicos reconocidos en los partidos de Villarino y Patagones

DE PROVISIÓN	DE REGULACIÓN	CULTURALES
<ul style="list-style-type: none"> -Alimentos -Fibras -Leña -Caza 	<ul style="list-style-type: none"> -Regulación del clima -Regulación y saneamiento del agua -Regulación de la erosión Polinización 	<ul style="list-style-type: none"> -Valores estéticos -Biodiversidad
DE SOPORTE		
<ul style="list-style-type: none"> -Formación de suelos -Reciclaje de nutrientes -Producción primaria 		

Fuente: Palmeyro, L., 2021

Dentro de los servicios de *provisión* las actividades agropecuarias del área de estudio dan lugar a la obtención de alimentos y fibras para consumo local o comercialización a distintas escalas. Además, los hábitats leñosos, que ocupan cada vez menos porcentaje del territorio, proporcionan leña tanto para combustible de quienes viven en el espacio rural (Fig. 10) como para comercialización formal e informal (Fig. 11), mayormente dentro de la misma área de estudio.

Figura 10

Leña de chañar para uso personal de un campo del partido de Villarino



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Figura 11

Centro de acopio de leña en las afueras de la ciudad de Patagones



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Las partes interesadas reconocen los servicios de *regulación* como de gran importancia teniendo en cuenta la irregularidad climática interanual que presenta el área de estudio. Estos servicios permiten, entre otras cosas, menguar los eventos climáticos extremos que impactan luego en otros servicios y traen consecuencias económicas y sociales a la región. Dentro de los servicios *culturales* se reconocieron los servicios estéticos brindados por la naturaleza de los distintos hábitats y la biodiversidad que los componen (Figuras 12 y 13).

Figura 12

Loros barranqueros (*Cyanoliseus patagonus*) posados sobre piquillines (*Condalia microphylla*) del Partido de Villarino



Fuente: Scoffield, R. (2021). Figura. Recuperada de <https://www.facebook.com/photo/?fbid=3698887730147978&set=g.2561115454114421>

Figura 13

**Grupo de observadores avistando fauna y flora autóctona en
la Laguna la Salada**



Fuente: Gómez, S. (2019). Figura. Recuperada de <https://www.facebook.com/photo/?fbid=2417012538549279&set=g.2561115454114421>

Por último, se reconocieron dentro de los servicios de *soporte* a la formación de suelos, al reciclaje de nutrientes y a la producción primaria. Son beneficios aportados por los ecosistemas que permiten luego la provisión de los otros tres tipos de servicios.

Existen ciertos procesos antrópicos o naturales que alteran o modifican las coberturas de los suelos y por lo tanto amenazan el suministro de dichos beneficios. Es importante reconocer estas amenazas para desarrollar una historia sobre cómo podrían cambiar los hábitats y los SSEE en un futuro plausible, dadas las actividades humanas y fenómenos naturales que ocurren en el área. En el área de estudio fueron reconocidas como amenazas el avance de la frontera agrícola, el sobrepastoreo, los incendios, la tala y desmonte para combustible, la erosión eólica e hídrica, el éxodo rural y la producción de energía.

Con base en la información obtenida hasta este punto y la predicción de cambios de coberturas para el área (Winschel, 2017), se observan en la tabla V los estados plausibles determinados para cada partido para el año 2030. Dichos estados se apoyan en una o dos amenazas principales que encaucen dicha predicción. Para el caso de esta investigación se eligió, previa entrevistas a expertos, centrarlos en el avance de la frontera agrícola y el desmonte tanto agropecuario como combustible, dado que fue lo que los expertos reconocieron como de mayor impacto en las últimas décadas. Esto se refleja en el aumento de la superficie de los cultivos, siendo el hábitat que más incrementa su porcentaje. Los pastizales también incrementaron su superficie, pero en

menor medida y son en su mayoría antiguos arbustales que fueron desmontados para pastoreo. Siguiendo esta lógica, los arbustos abiertos y cerrados disminuyen su superficie en el estado plausible. Lo mismo ocurre con el 0.10% de bosque que hay en Villarino, disminuyendo un 0.01%. Para el resto de los hábitats se mantiene el porcentaje en el estado plausible ya que las dos amenazas centrales no son significativas para estos hábitats, teniendo en cuenta que es un periodo de 10 años.

Tabla V

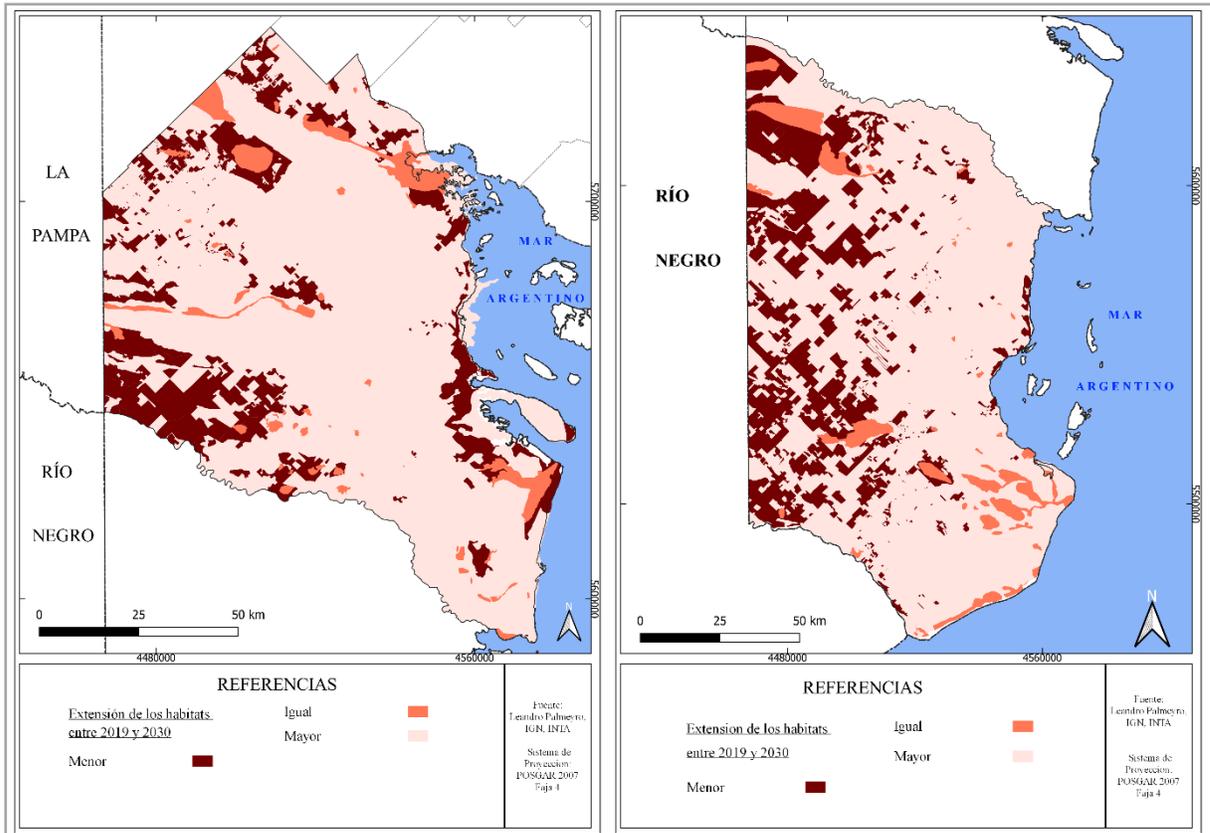
Porcentajes estimados para los estados plausibles de cada uno de los sitios de evaluación

HÁBITAT	VILLARINO 2030			PATAGONES 2030		
	% ACTUAL	% PLAUSIBLE	Tend.	% ACTUAL	% PLAUSIBLE	Tend.
Cultivos	49.35%	50.66%	↑	55.84%	58.59%	↑
Pastizales	28.94%	30.73%	↑	17.58%	19.09%	↑
Arbustos abiertos	12.64%	9.84%	↓	20.77%	16.54%	↓
Arbustos cerrados	4.01%	3.72%	↓	0.73%	0.69%	↓
Bosques mixtos	0.10%	0.09%	↓	0.00%	0.00%	→
Residencial de alta densidad	0.00%	0.00%	→	0.05%	0.05%	→
Residencial de baja densidad	0.12%	0.12%	→	0.04%	0.04%	→
Cuerpos de agua	2.8%	2.8%	→	4.27%	4.27%	→
Salinas	2.03%	2.03%	→	0.23%	0.23%	→
Dunas	0.00%	0.00%	→	0.49%	0.49%	→

Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

En la figura 14 se observan las diferencias de extensión de los hábitats de los partidos de Villarino y Patagones para el año 2030.

Figura 14
**Extensión de los hábitats de los partidos de
 Villarino y Patagones para el año 2030**



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Este patrón de cambio vinculado a un aumento progresivo de la extensión del hábitat de cultivos, en detrimento de sistemas naturales tales como los arbustales, propicia una disminución de los servicios ecosistémicos de regulación, marcados por los expertos como de vital importancia para la región. Como se observa en la tabla VI, para el año 2030 la superficie destinada a prácticas agrícolas aumentará alrededor de 15.000 ha en Villarino y 35.000 ha en Patagones. Los arbustos cerrados y abiertos presentan una disminución en dicho periodo de más de 90.000 ha en toda el área de estudio. En esas localizaciones se reemplaza la cobertura para el año 2030 mayormente por cultivos, especialmente de secano y por pastizales que aparecen producto de la degradación de arbustales por la introducción de ganado para pastoreo. En esa práctica agropecuaria se

encuentra la razón del aumento de alrededor de 20.000 ha de pastizales en Villarino y otras 20.000 en Patagones.

Tabla VI
Hectáreas por hábitat y porcentaje dentro del partido para el año 2019
y estimación para el año 2030

	Villarino				Patagones			
	2019		2030		2019		2030	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Bosques	1.175	0,10	1.026	0,09	0	0	0	0
Arbustos c.	45.756	4,01	42.408	3,72	9.866	0,73	9.384	0,69
Arbustos a.	144.071	12,64	112.176	9,84	282.505	20,77	224.944	16,54
Pastizales	329.871	28,94	350.322	30,73	239.062	17,58	259.624	19,09
Cultivos	562.569	49,35	577.524	50,66	759.464	55,84	796.824	58,59
C. de agua	32.006	2,81	32.034	2,81	58.131	4,27	58.072	4,27
Salinas	23.140	2,03	23.142	2,03	3.088	0,23	3.128	0,23
Dunas	0	0	0	0	6.759	0,5	6.800	0,5
Res. alta d.	0	0	0	0	634	0,05	680	0,05
Res. baja d.	1412	0,12	1.368	0,12	490	0,04	544	0,04
TOTAL	1.140.000	100	1.140.000	100	1.360.000	100	1.360.000	100

Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Estas modificaciones en la localización y extensión de las coberturas de un territorio alteran la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, impactando en su capacidad de proveer SSEE. Planificar dichos cambios de cobertura teniendo en cuenta sus consecuencias ecosistémicas se presenta como una gran alternativa para disminuir el impacto. En este contexto, el análisis del carbono almacenado y sus flujos aparece como una opción interesante para el monitoreo de estas consecuencias, debido a su característica de cuantificable, medible y comparable. El carbono es considerado un indicador integrador de la estructura y funcionamiento de un ecosistema. Los ecosistemas almacenan carbono tanto en su biomasa como en el suelo. Los distintos hábitats de un territorio, según sus características físicas, ofician en mayor o menor medida como reservorios de carbono, cumpliendo una función fundamental en la regulación del clima. Este almacenamiento permite que ese carbono no se encuentre en la atmósfera en forma de CO₂, uno de los mayores impulsores del calentamiento global. Los hábitats naturales son importantes sumideros de carbono por lo que su conservación es necesaria para mantener la regulación del

clima de un territorio. En el área de estudio, la estimación del estado plausible para el año 2030 predice una disminución marcada de los sistemas naturales como arbustales cerrados y abiertos con respecto al año 2019 (Tabla VI), alterando la estructura y funcionamiento de estos hábitats y del carbono que tienen almacenado. Cuantificar las diferencias del almacenamiento de un territorio por variaciones en las coberturas del suelo permite reconocer las consecuencias ecosistémicas que este proceso podría desencadenar. En las tablas VII, VIII, IX y X se observan los valores de carbono almacenado en los hábitats seleccionados de los partidos de Villarino y Patagones, tanto para el año 2019 como para el año 2030.

Tabla VII

Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Villarino para el año 2019

	Biomasa aérea		Biomasa subterránea		Madera muerta y hojarasca		Suelo		ton C TOTAL (miles)
	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	
Bosque	40	47	12	14,1	12	14,1	38	44,7	119,9
Arb. C.	20	915,1	9	411,8	6	274,5	38	1.738,7	3.340,2
Arb. A	10	1.440,7	4,5	648,3	4	576,3	38	5.474,7	8.140
Past.	1,08	356,6	3,03	998,5	0	0	38	12.535,1	13.890,1
Cultivo	0	0	0	0	0	0	32,8	18.436,3	18.436,3

Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Tabla VIII

Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Villarino para el año 2030

	Biomasa aérea		Biomasa subterránea		Madera muerta y hojarasca		Suelo		ton C TOTAL (miles)
	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	
Bosque	40	41	12	12,3	12	12,3	38	39	104,7
Arb. C.	20	848,2	9	381,7	6	254,4	38	1.611,5	3.095,8
Arb. A	10	1.121,8	4,5	504,8	4	448,7	38	4.262,7	6.337,8
Past.	1,08	378,7	3,03	1.060,4	0	0	38	13.312,2	14.751,3
Cultivo	0	0	0	0	0	0	32,8	18.926,4	18.926,4

Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Tabla IX

Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Patagones para el año 2019

	Biomasa aérea		Biomasa subterránea		Madera muerta y hojarasca		Suelo		ton C TOTAL (miles)
	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	
Arb. C.	20	197,3	9	88,8	6	59,2	38	374,9	720,2
Arb. A	10	2.825,1	4,5	1.271,3	4	1.130	38	10.735	15.961,5
Past.	1,08	258,4	3,03	723,6	0	0	38	9.084,4	10.066,4
Cultivo	0	0	0	0	0	0	32,8	24.888,8	24.888,8

Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Tabla X

Carbono almacenado en los distintos hábitats del Partido de Patagones para el año 2030

	Biomasa aérea		Biomasa subterránea		Madera muerta y hojarasca		Suelo		ton C TOTAL (miles)
	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	ton c/ha	C (miles/ton)	
Arb. C,	20	187,7	9	84,5	6	56,3	38	356,6	685
Arb. A	10	2.249,4	4,5	1.012,2	4	899,8	38	8.547,9	12.709,3
Past.	1,08	280,7	3,03	758,8	0	0	38	9.865,7	10.932,2
Cultivo	0	0	0	0	0	0	32,8	26.113,2	26.113,2

Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

En la tabla XI se resumen los resultados obtenidos en los distintos partidos y años. De cumplirse el estado plausible estimado en la evaluación preliminar de alcance, a los partidos de Villarino y Patagones le significaría una pérdida de 711.000 y 1.197.000 de toneladas de Carbono, respectivamente (Fig. 15). Dicho descenso se podría explicar por la disminución de coberturas tales como arbustos abiertos y cerrados en favor de cultivos, o el paso de arbustales a pastizales naturales por causa de sobrepastoreo. Esto se traduce en una menor biomasa aérea y, por lo tanto, menor carbono almacenado. Sumado a que hábitats como pastizales o cultivos no presentan restos de madera muerta y hojarasca que pueda también almacenar una porción de carbono para ese hábitat.

Tabla XI

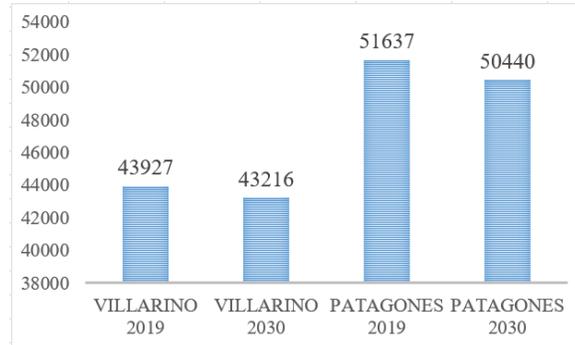
C almacenado (en miles) por hábitat y por partido para los años 2019 y 2030

	Villarino 2019	Villarino 2030	Patagones 2019	Patagones 2030
Bosques	119,9	104,7	0	0
Arbustos C.	3.340,2	3.095,8	720,2	685
Arbustos A.	8.140	6.337,8	15.961,5	12.709,3
Pastizales	13.890,1	14.751,3	10.066,4	10.932,2
Cultivos	18.436,3	18.926,4	24.888,8	26.113,2
TOTAL	43.927	43.216	51.637	50.440

Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Figura 15

C almacenado (en miles de toneladas) por partido el año 2019 y estimación del 2030

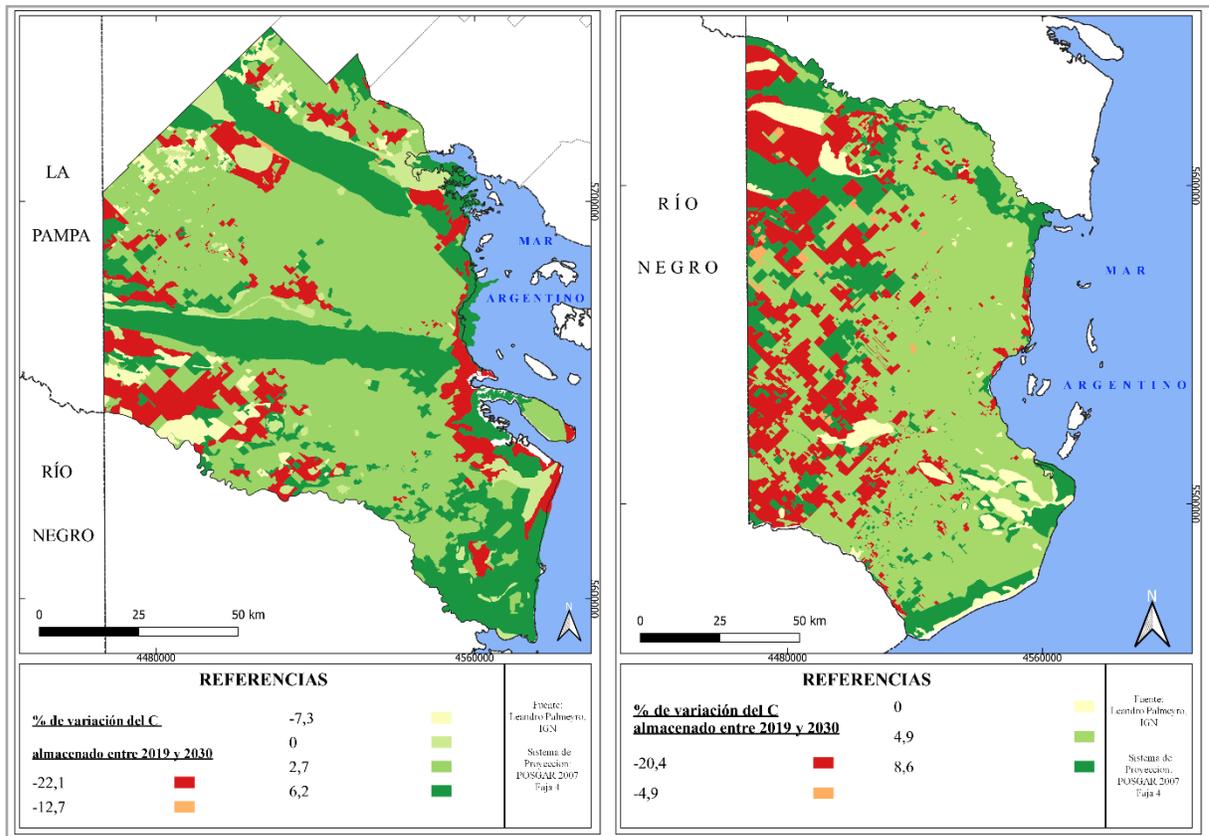


Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

En la figura 16 se observa el índice de carbono almacenado presentado por cada hábitat para el período 2019-2030. Los Arbustos Abiertos se presentan como el hábitat que perderá mayor porcentaje de su almacenamiento, con un 22,1% menos en Villarino y un 20,4% en Patagones.

Figura 16

Índice de carbono almacenado para Villarino y Patagones (2019-2030)

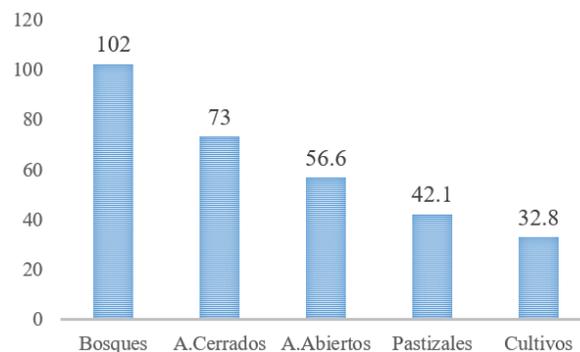


Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

El Carbono almacenado perdido se libera a la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO₂), un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático global. Esta inyección de CO₂ a la atmósfera acentúa las variaciones climáticas interanuales típicas de la región, disminuyendo la regulación climática del área. En este sentido, conservar las regiones de los territorios que almacenan mayor cantidad de carbono por unidad de superficie se convierte en una estrategia que permite disminuir el CO₂ en la atmósfera. En la figura 17 se observa el valor obtenido de carbono almacenado por hectárea en cada uno de los hábitats analizados durante esta investigación. Los bosques mixtos presentan la mayor cantidad de carbono almacenado por hectárea, con 102 t ha⁻¹. Sin embargo, solo se presenta en una pequeña extensión de Villarino y es por ello, que no representa un porcentaje grande en el almacenamiento total. Luego siguen los arbustos cerrados y abiertos con 73 y 56.5 t ha⁻¹, respectivamente. El porcentaje que representan estos hábitats en el almacenamiento de C en el área es más significativo con respecto al de los bosques debido a que poseen una extensión mucho mayor. Los pastizales presentan una biomasa aérea mucho menor que la de los hábitats anteriores, y por consecuencia menor carbono almacenado: 42.1 t ha⁻¹. Por último, figuran los cultivos, con 32.8 t ha⁻¹. Para los cultivos el carbono almacenado en la biomasa no fue considerado, teniendo en cuenta que es una biomasa temporal que será extraída del área en la época de cosecha.

Figura 17

Carbono almacenado por hectárea de cada hábitat



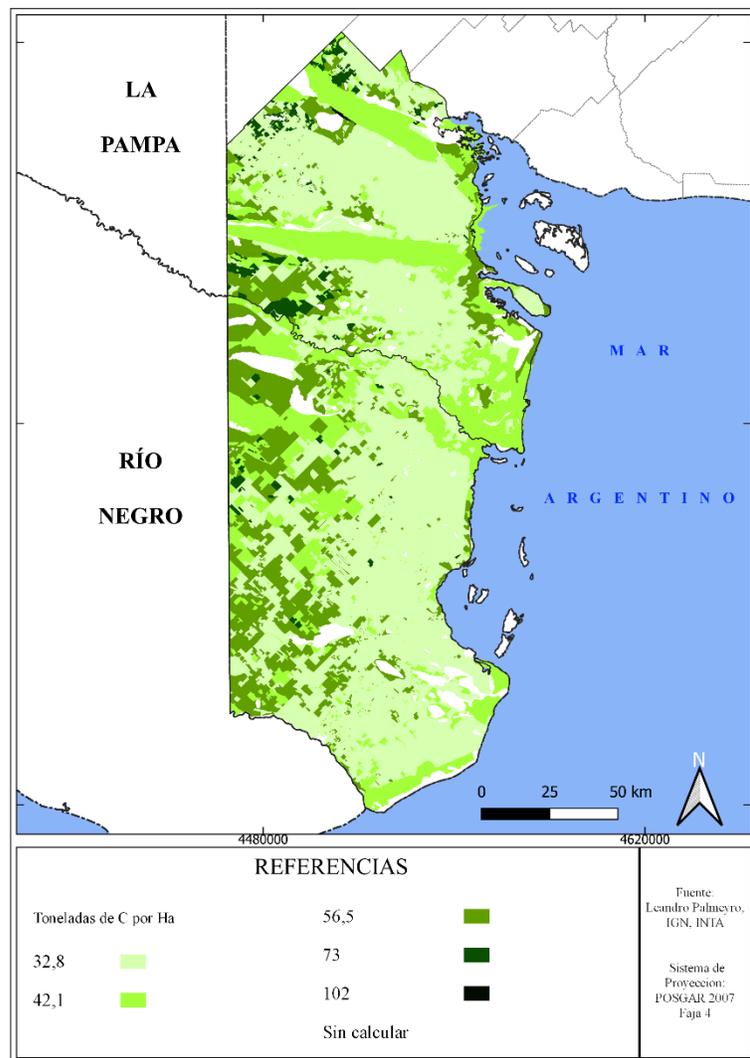
Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Los hábitats desarrollados al oeste de la ruta nacional 3 y al sur de la ruta 22 presentan la mayor parte de los reservorios de carbono del área de estudio (Fig. 18). Coinciden a su vez con las zonas de la región que presentan una menor intervención antrópica y se trata en su mayoría de áreas de secano. En ambos partidos se observa una predominancia de arbustos abiertos, sin

embargo, la extensión de arbustos cerrados en Patagones es muy menor con respecto a la que presenta el partido de Villarino. Esto responde a la mayor pluviosidad anual que presenta este último con respecto al primero. Sobre estos sistemas naturales se dará la mayor parte del avance agrícola, lo cual se evidencia en los valores de extensión que presentan los hábitats del área para el año 2019 y los que presentan para el estado plausible, con aumentos significativos de los cultivos y una disminución de los arbustales.

Figura 18

Toneladas de carbono almacenado por hectárea para los partidos de Villarino y Patagones



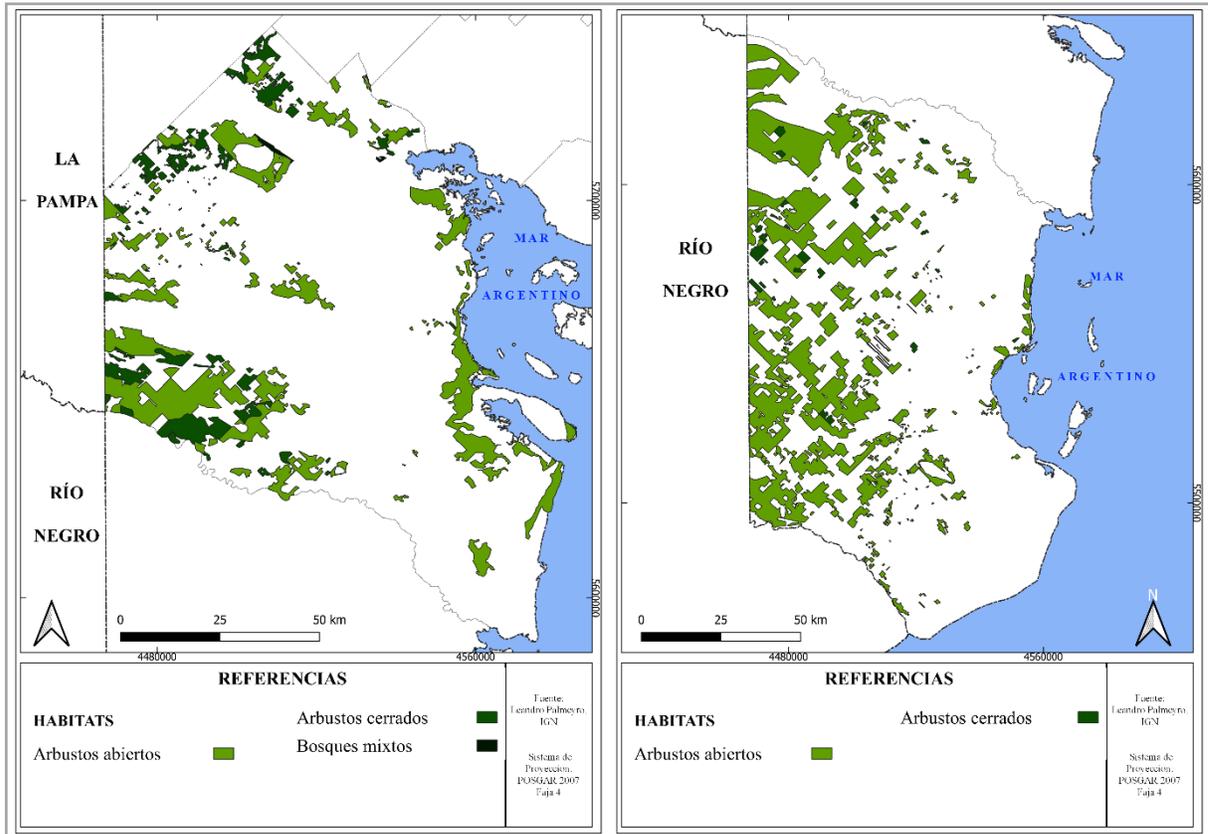
Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Teniendo en cuenta el avance de la frontera agrícola y el desmonte en el área de estudio, es de vital importancia considerar las consecuencias ecosistémicas que generan estas intervenciones y modificaciones de hábitats. La integración de los servicios ecosistémicos en la planificación territorial requiere de alguna forma de compromiso o *trade-off* que implique lograr un balance entre objetivos antagónicos acerca del desarrollo de un territorio. Los cambios en las coberturas del suelo producen variaciones en la cantidad y calidad de un servicio ecosistémico, que afecta generalmente la provisión de otro servicio (Kosmus, Renner & Ullrich, 2012). Este caso se da cuando se debe realizar un trade-off entre aumentar los servicios de provisión y mantener los servicios de apoyo, regulación y culturales. La expansión de la agricultura, por un lado, aporta a la seguridad alimentaria de grupos humanos, pero tiene consecuencias negativas en el ecosistema como degradación de suelos, escurrimiento de nutrientes, emisiones de gases de efecto invernadero y pérdida de hábitats para fauna y flora silvestre. En el caso de Villarino y Patagones, dicho avance agrícola se dará en gran medida sobre los hábitats con mayores reservas de carbono, con las consecuencias que esto implica. En este sentido, es importante generar un trade-off que considere el avance agropecuario sobre los sistemas naturales, pero que contemple y promueva la conservación de los demás servicios ecosistémicos brindados por el área de estudio en la actualidad.

Una posibilidad de lograr ese trade-off es la de caracterizar funcionalmente los sistemas naturales del área para reconocer los sectores que proveen más SSEE, permitiendo darles una prioridad de conservación frente al avance agrícola. Esto acerca la gestión del territorio al compromiso de mantener los servicios de apoyo, regulación y culturales y responde al principio del enfoque ecosistémico de centrarse en relaciones y procesos funcionales de los ecosistemas. Según Fernandez y Piñeiro (2008) la descripción de la heterogeneidad espacial de los ecosistemas es un aspecto central en la gestión ambiental y las políticas de conservación. En la figura 19 se observa la localización y extensión de las parcelas correspondientes a los hábitats naturales que serán caracterizados funcionalmente debido a que son los que mayor carbono almacenan en cada partido.

Figura 19

Hábitats de los partidos de Villarino y Patagones con mayor cantidad de C/Ha



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

La caracterización funcional de un territorio permite una valoración cuantitativa directa de los servicios ecosistémicos (MA, 2003). El funcionamiento ecosistémico hace referencia al intercambio de materia y energía entre la comunidad biótica y la atmósfera (del Val, 2011). Una de las principales dificultades de incorporar indicadores funcionales es la cuantificación de flujos, debido a su cualidad de intangibles. Teniendo en cuenta a Fernandez y Piñeiro (2008) este conflicto "... puede abordarse de manera efectiva mediante el uso de técnicas específicas de procesamiento de imágenes satelitales capaces de detectar flujos de energía entre la superficie terrestre y la atmósfera". Esto sumado a la creciente disponibilidad de sensores y plataformas que proveen los datos espectrales necesarios para calcular atributos funcionales de los distintos ecosistemas (Paruelo, 2008).

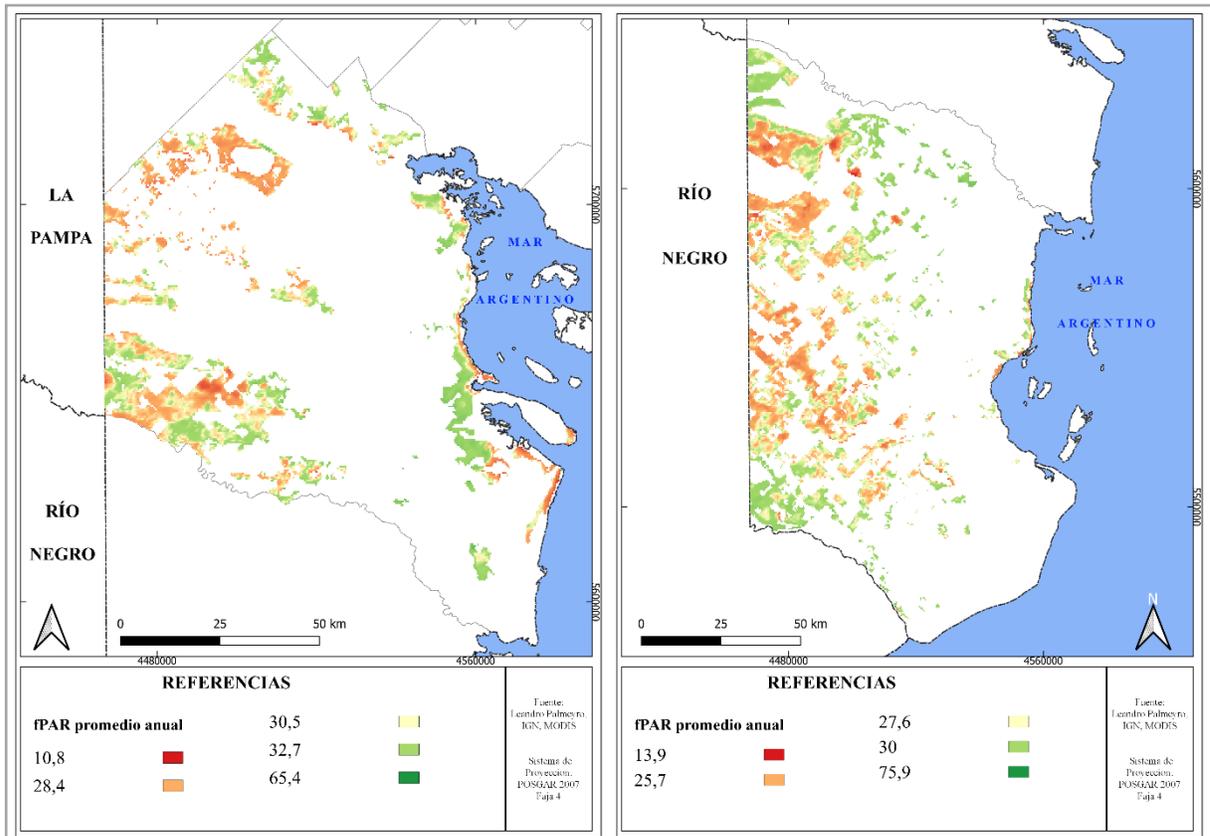
Para el caso de esta investigación la caracterización funcional se realizó a través de dos variables derivadas de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación

(fPAR). Dichas variables fueron el promedio anual de fPAR y la variabilidad anual de fPAR. El espacio funcional así identificado permite describir la variabilidad ecosistémica de un territorio, ya que las variables usadas están relacionadas con la respuesta que los ecosistemas muestran frente al gradiente ambiental completo de una región (Cabello et al., 2008). El fPAR define la cantidad de radiación solar que ingresa al sistema y que es absorbida por la cubierta vegetal. Es un parámetro utilizado en la detección remota y en el modelado de ecosistemas, ya que representa el intercambio de energía, vapor y CO₂ (Fang et al., 2005a en Vega-Araya & Alvarado-Barrantes, 2019).

En la figura 20 se presenta la media de valores de fPAR para el producto MCD15A3H.v6 para el año 2019. El fPAR de un lugar varía entre 0 y 100. Al ser una fracción, el valor hace referencia al porcentaje de la radiación fotosintéticamente activa que incide en la superficie y es absorbida por la biomasa. En el partido de Villarino los valores variaron entre 10,75 y 65,75, mientras que en el partido de Patagones lo hicieron entre 13,87 y 75,88. Cuanto mayor sea el valor de fPAR, mayor es el porcentaje de la fracción de la radiación incidente fotosintéticamente activa que es absorbida por ese hábitat. Los territorios que presentan altos valores de fPAR promedio están asociados a una alta provisión de servicios ecosistémicos.

Figura 20

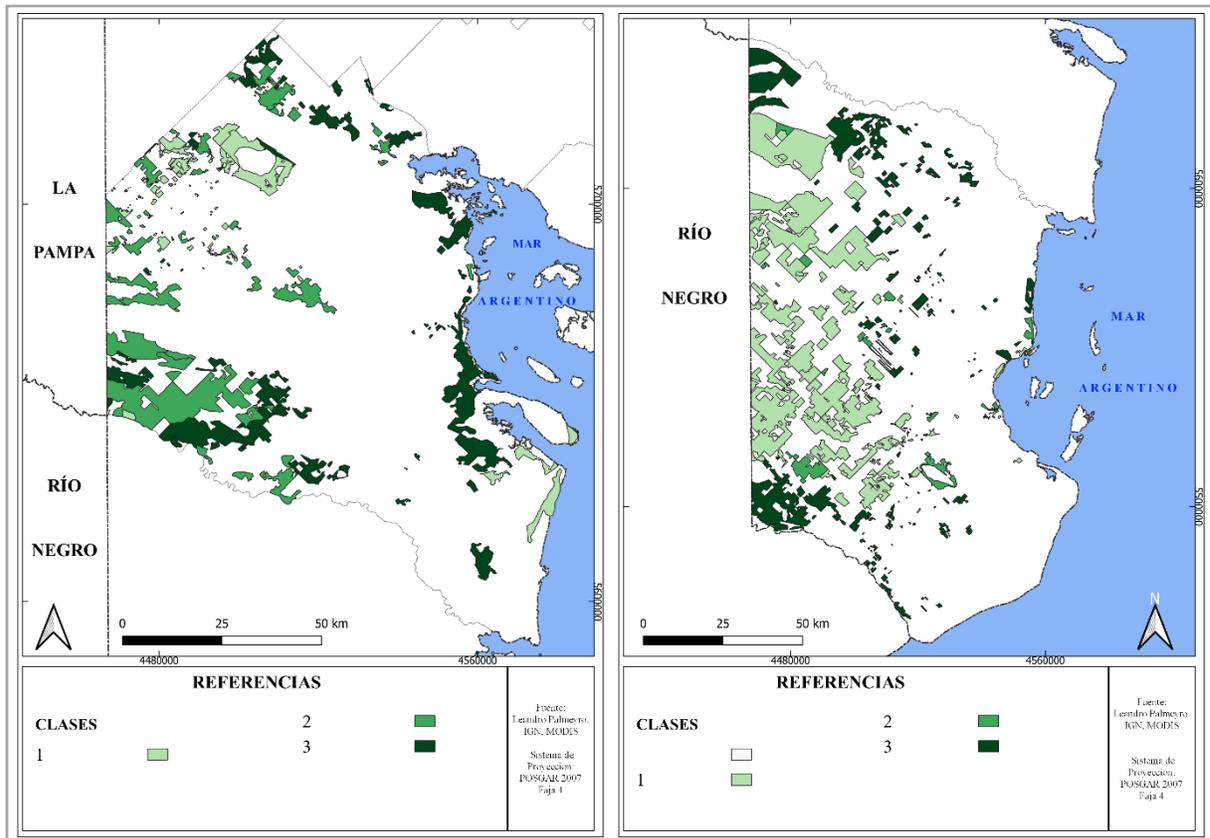
Promedio anual (2019) de fPAR para los hábitats seleccionados de Villarino y Patagones



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Como se explicó en la metodología, se obtuvo una clasificación de las parcelas compuesta por 3 clases, siendo la clase 3 la que mayor fPAR promedio anual presenta. En la figura 21 se observa la distribución de las clases tanto en los partidos de Villarino como de Patagones.

Figura 21
**Clases correspondientes al fPAR promedio anual
 para los partidos de Villarino y Patagones**

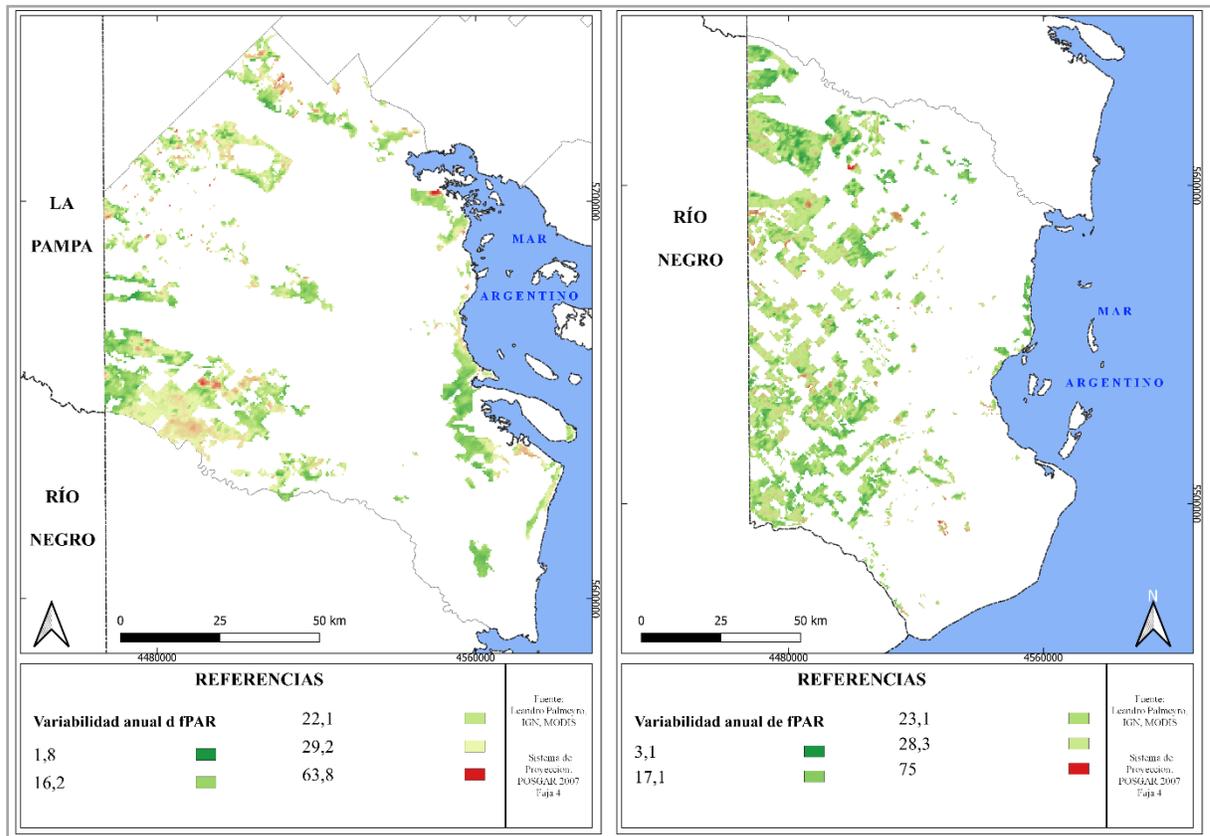


Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

En la figura 22 se presenta la variación anual de fPAR para el producto MCD15A3H.v6 para el año 2019. La variabilidad anual obtenida a través del cálculo del coeficiente de variación fluctúa entre 0 y 100. En Villarino los valores variaron entre 1,82 y 63,79, mientras que en Patagones lo hicieron entre 3,10 y 74,98. Cuanto mayor sea el valor del coeficiente, mayor será el rango de variación de fPAR a lo largo del año. Los territorios que presentan altos valores de fPAR promedio están asociados a una menor regularidad, estabilidad y capacidad de respuesta frente a cambios ambientales con respecto a territorios con una variación anual estable.

Figura 22

Variabilidad anual (2019) de fPAR para los hábitats seleccionados de Villarino y Patagones

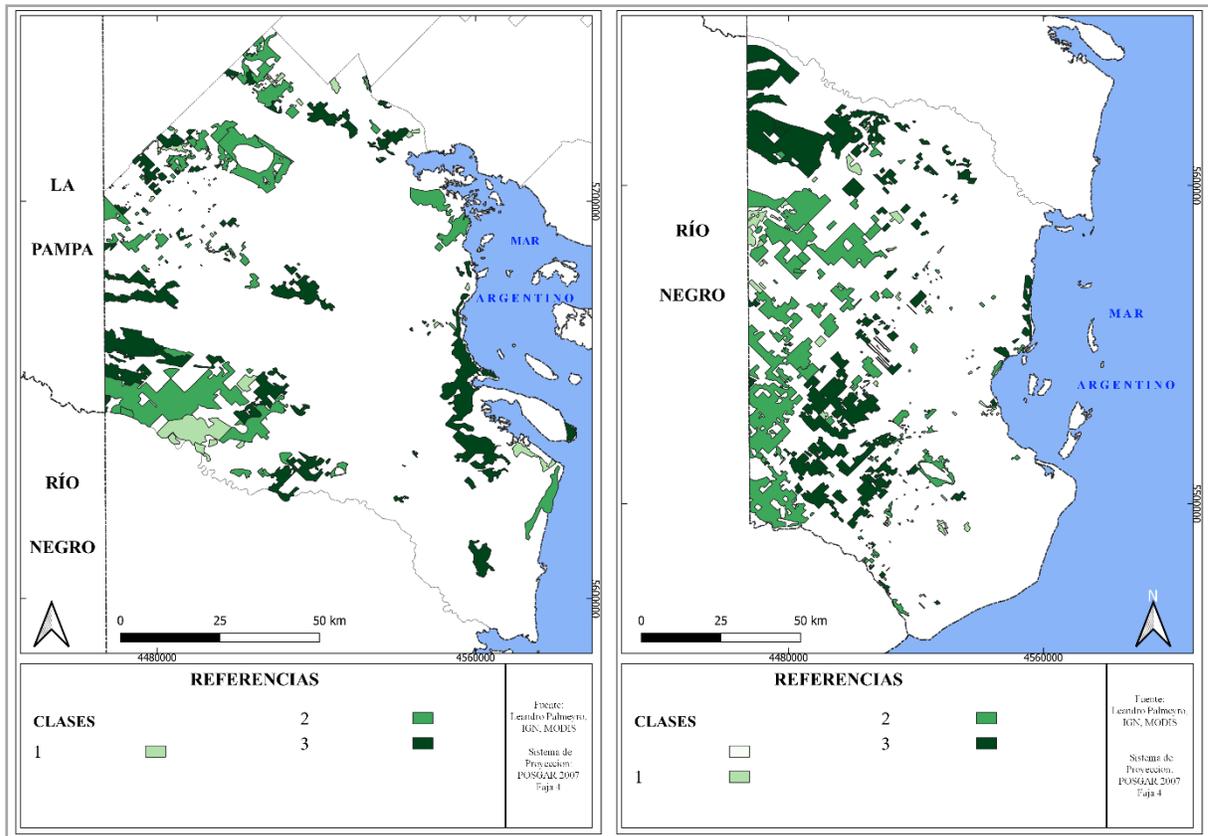


Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Se obtuvo una clasificación de las parcelas compuesta por 3 clases, siendo la clase 3 la que menor variabilidad anual presenta. En la figura 23 se presenta la distribución de las clases tanto en los partidos de Villarino como de Patagones. Se observa que la mayor variabilidad de fPAR está restringida a unas pocas parcelas, en el caso de Villarino hacia el área costera y en el caso de Patagones hacia el noroeste y sur.

Figura 23

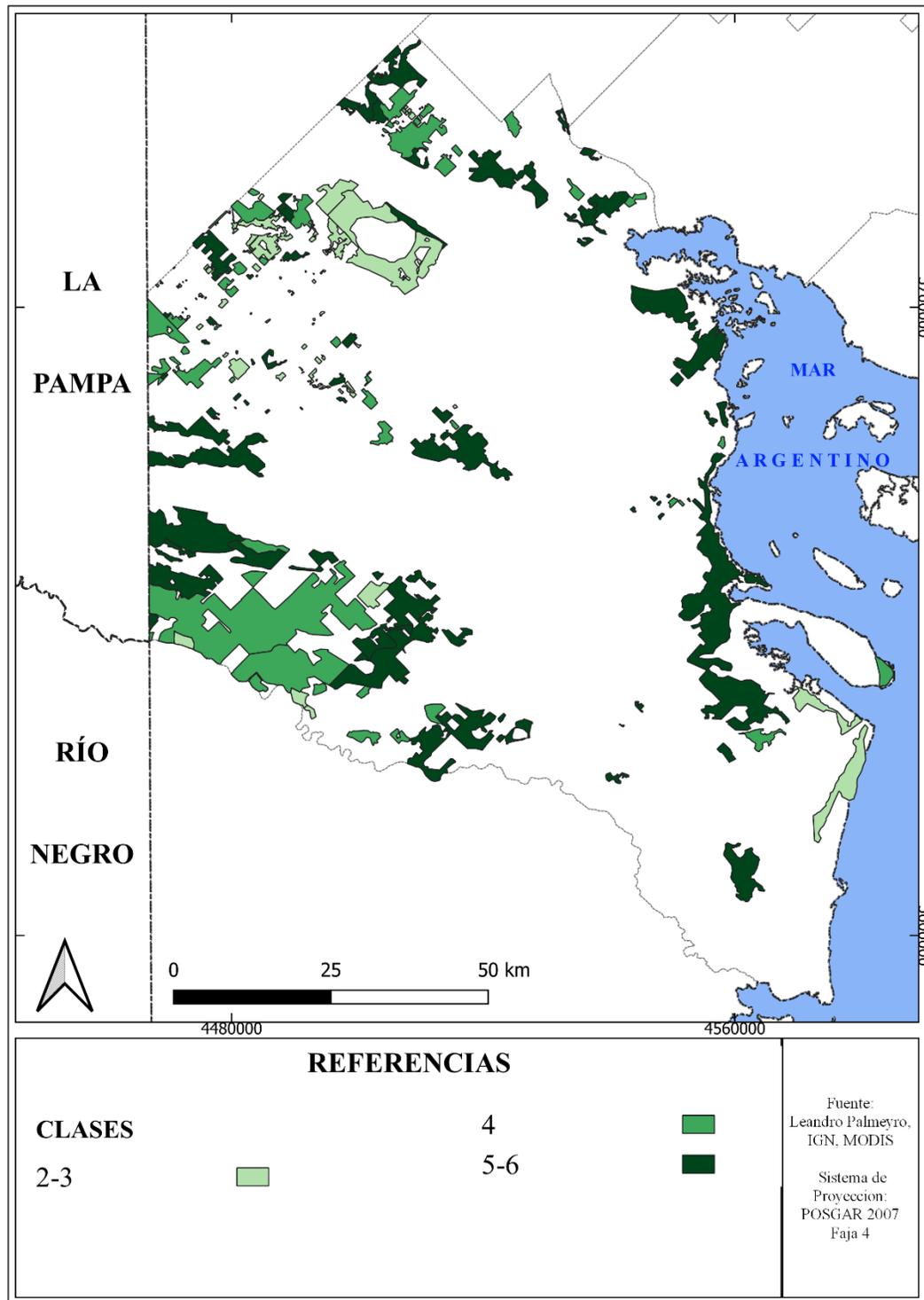
Clases correspondientes a la variabilidad anual de fPAR para los partidos de Villarino y Patagones



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

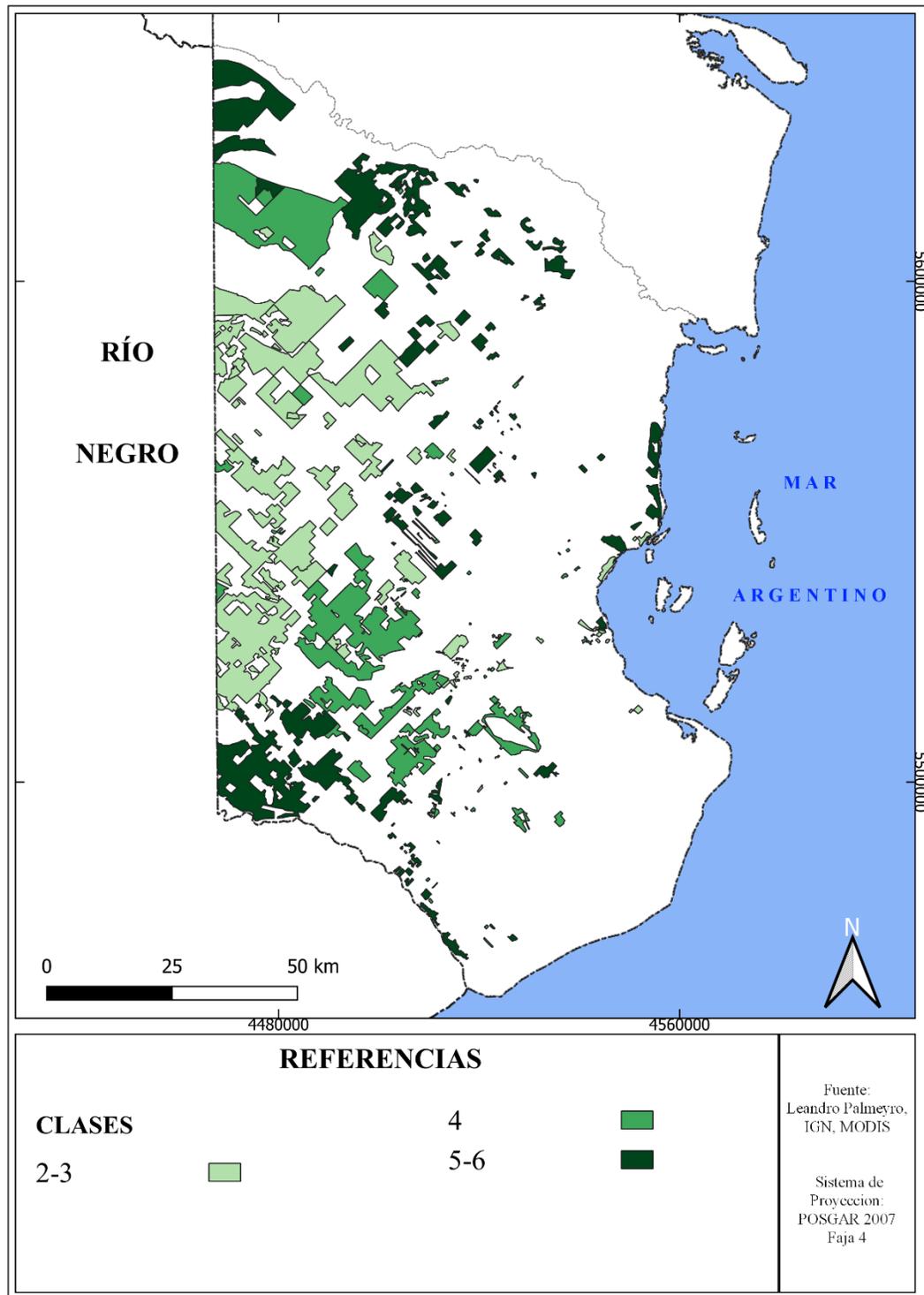
En las figuras 24 y 25 se presenta la caracterización funcional de las parcelas pertenecientes a los hábitats seleccionados en cada partido. Las parcelas clasificadas con valores 6 y 5 son las que presentan un *mayor funcionamiento ecosistémico*, debido a que tienen altos valores de fPAR a lo largo del año, con una baja variación anual lo que indicaría un sistema natural estable a lo largo del año. La conservación de estos espacios contribuye a disminuir el impacto de los cambios en las coberturas del suelo en los servicios ecosistémicos brindados por el área. Las parcelas de valor 4 presentan un *funcionamiento ecosistémico intermedio*, debido a que al menos una de las dos variables analizadas presenta valores de 1 o ninguna de las dos llega a valor 3. Por último, las parcelas de valores 3 y 2 son las que presentan un *menor funcionamiento ecosistémico* ya que sus valores promedio de fPAR anual son bajos o son muy variables a lo largo del año, representando cierta inestabilidad anual.

Figura 24
**Clasificación del funcionamiento ecosistémico de los hábitats seleccionados
 del Partido de Villarino**



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

Figura 25
**Clasificación del funcionamiento ecosistémico de los hábitats seleccionados
 del Partido de Patagones**



Fuente: Leandro Palmeyro, 2021

CONCLUSIONES

A partir de mediados del siglo XX el avance de la frontera agrícola y el desmonte para combustibles o ganadería han sido las principales causas que rigen los cambios en los usos y las coberturas de los suelos de los partidos de Villarino y Patagones. Tanto dentro del área de riego como en secano numerosas hectáreas de arbustos cerrados y abiertos han sido desmontados alterando la biodiversidad de estos hábitats. Su intervención no sólo trajo consecuencias estructurales a la flora y la fauna de estos ambientes, sino que también modificó su funcionamiento al alterar los flujos de energía y materia que presentaba la cobertura de origen. Estas alteraciones dan como resultado una merma en la provisión de ciertos servicios ecosistémicos, principalmente los de regulación, soporte y culturales, en pos de un aumento de servicios de provisión materializados en las cosechas y la leña utilizada como combustible.

El contexto de vulnerabilidad que presenta la región debido a sus variaciones climáticas interanuales y sus suelos de textura franco-arenosa propensos a la erosión hídrica y eólica, aumenta la necesidad de conservación de hábitats naturales que puedan regular el clima y fijar los suelos. El Ordenamiento Territorial posee instrumentos que permiten planificar los cambios en el uso y la cobertura de los suelos, brindando la posibilidad de controlar y minimizar las consecuencias ya expuestas.

Tras la estimación del estado plausible se pudo confirmar que durante la próxima década la superficie destinada a cultivos aumentará aproximadamente en 50.000 hectáreas. Este avance de la frontera agrícola se estima que ocurra principalmente sobre coberturas naturales que almacenan la mayor parte de carbono almacenado por hectárea como son los bosques mixtos (102 tC/Ha), los arbustos cerrados (73 tC/Ha) y los arbustos abiertos (56.5 tC/Ha). Con respecto a dichos hábitats, se localizan principalmente en la franja longitudinal oeste del área de estudio, mayormente en áreas de secano y alejados de las vías de transporte principales presentes en el área.

La conservación de estos ecosistemas permitiría que el carbono que almacenan no sea liberado a la atmósfera en forma de CO₂ y que los suelos no queden descubiertos y propensos a ser erosionados. Sin embargo, como quedó expuesto en el estado plausible, el avance de la frontera agrícola y desmonte de estos hábitats es inminente, por lo que caracterizarlos funcionalmente permite incluir dentro de la planificación territorial del área de estudio la prioridad de

conservación de los hábitats que almacenen mayor carbono y que estén brindando una mayor y mejor provisión de servicios ecosistémicos, principalmente de soporte y regulación.

La teledetección y los SIG dieron la posibilidad de obtener, integrar y procesar cuantiosa y compleja información geográfica que permitió el desarrollo de un modelo de la realidad. Esto dio la facultad de obtener la localización y extensión de los hábitats a analizar y los flujos de energía entre los ecosistemas y la atmósfera que presentó cada cobertura. El indicador utilizado para realizar la caracterización funcional fue el fPAR del año 2019, usando como variables el promedio y la variabilidad anual.

Tras el análisis realizado, se reconocieron en los partidos de Villarino y Patagones las parcelas de los hábitats que presentaron un mayor carbono almacenado y un mejor funcionamiento ecosistémico, representados en las salidas cartográficas como clase “5-6”. Estos se encontraron en su mayoría cerca de los ríos o del mar, probablemente beneficiados por la humedad que provee dicha localización. Con respecto a la extensión de las parcelas, las de menor extensión, principalmente en Villarino, presentaron un menor funcionamiento ecosistémico, atribuido probablemente a las consecuencias propias de la fragmentación de los ecosistemas y su consecuente alteración de estructura y funcionamiento.

Si bien es cierto que el Ordenamiento Territorial implica un análisis integral y multifactorial del territorio en cuestión y los procesos que en él ocurren, la construcción del modelo geográfico de esta investigación permitió un primer acercamiento a una planificación de los cambios en los usos y coberturas del suelo desde un enfoque ecosistémico. Por lo expuesto, se corroboran las hipótesis planteadas en el inicio de la investigación. En este contexto, la opción de tomar un enfoque ecosistémico al planificar estos cambios podría prevenir o menguar las consecuencias eco sistémicas de dichas variaciones, evidenciando un enorme potencial para la conservación de los ecosistemas y sus servicios proporcionados.

Elaboración de propuestas

En las últimas décadas los partidos de Villarino y Patagones han experimentado una creciente intervención de sus hábitats naturales, principalmente el desmonte de arbustales cerrados y abiertos, producto del avance de la frontera agropecuaria. Estos cambios en las coberturas de los suelos afectan la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos que estos hábitats presentan, muchos de los cuales son de gran importancia teniendo en cuenta la condición de

fragilidad ambiental y variación climática interanual que presenta el área de estudio. Con base al análisis de la presente investigación es posible realizar las siguientes propuestas para planificar el avance de la frontera agropecuaria conservando en su mayor posibilidad los servicios ecosistémicos presentes en el área:

- Llevar adelante un monitoreo continuo de los cambios en las coberturas de los suelos de la región y las variables socioeconómicas y biofísicas intervinientes, así como su impacto en los servicios ecosistémicos brindados por ambos partidos. Con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible y disminuir el impacto de las intervenciones antrópicas se propone utilizar los instrumentos propios del ordenamiento territorial, con el fin de planificar y gestionar soluciones ante las consecuencias propias de dichos cambios en los suelos.
- Involucrar a los distintos actores sociales presentes con el fin de aumentar su interés e influencia con respecto a la planificación y gestión territorial de su espacio de vida. Para esto se sugiere la realización de encuestas, exposiciones, entrevistas, talleres de trabajo, de tal forma que los distintos actores sociales puedan generar opiniones sustentadas en información científica con respecto al uso de su territorio, los beneficios que reciben de los servicios ecosistémicos del área y cuáles son las amenazas de dichos servicios.
- Se propone que los bosques, arbustos cerrados y arbustos abiertos de la región que presenten un mejor funcionamiento ecosistémico tengan una prioridad de conservación sustentable frente al avance de la frontera agropecuaria, debido a su gran capacidad de proveer servicios ecosistémicos a la región. De acuerdo a la caracterización funcional y los resultados obtenidos los sectores que presentan dicha característica son los correspondientes a las clases 5 y 6 del producto final.
- Desalentar las prácticas de desmonte mediante el otorgamiento de incentivos económicos a los dueños de los campos donde se localicen y extiendan hábitats que cumplan la función de sumideros de carbono para el área de estudio.
- Generar grupos consolidados entre los productores, el INTA y la Universidad Nacional del Sur que generen acciones en el territorio de carácter sustentable y proponer así políticas de incentivos económicos para la conservación y manejo sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE-GUTIERREZ, J. (2021). *Pantropical modelling of canopy functional traits using Sentinel-2 remote sensing data*. *Journal of Remote Sensing of Environment* 252.
- AIZEN, M. & GARIBALDI, L. (2009). *Expansión de la Soja y diversidad de la agricultura argentina*. *Ecología Austral* 19: 45-54. Asociación Argentina de Ecología.
- ALCARAZ SEGURA. (2006). *Caracterización del funcionamiento de los ecosistemas ibéricos mediante teledetección*. *Ecosistemas* 15: 113–117. Asociación Española de Ecología Terrestre.
- ANDRADE, A. (2007). *Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica*. CEM - UICN. Bogotá, Colombia.
- ANDRADE, A. & VIDES, R. (2011). *Enfoque ecosistémico y políticas públicas : aportes para la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático en Latinoamérica*. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global.
- ANTUENO, D., GASPARI, F. & GUZMÁN, A. (2020). *Análisis del efecto del cambio en el uso del suelo sobre el escurrimiento en la cuenca alta del río Sauce Chico , Argentina*. *Revista Estudios Ambientales* 8(1): 20–42.
- APONTE, J. (2020). *Evaluación y aproximación a la valoración económica de los servicios ecosistémicos de provisión, regulación y apoyo de la reserva del Centro de Estudios Agroambientales sede Fusagasugá de la Universidad de Cundinamarca*. Tesis de Grado. Universidad de Cundinamarca.
- ARANA, V. (2015). *Análisis y Valoración de los Bienes y Servicios de los Ecosistemas de Humedales asociados al río León (Urabá Antioqueño – Colombia). Su relación con el sistema hídrico subterráneo y con el bienestar humano*. Universidad Nacional de la Plata.
- AVENDAÑO, D., CEDEÑO, B. & ARROYO, M. (2020). *Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial*. *Revista Geográfica de América Central*, (65), 63-90. <https://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.3>
- ÁVILA, D., EMERIO, A. MADRIGAL, L & PÉREZ, R. (2020). *Variación espacio-temporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, evaluada con sensores remotos*. *Revista de Biología Tropical* 68 (1): 321–335.
- BABINI, E. (2019). *Planificación estratégica territorial en relación del Plan Estratégico de Rosario, análisis teórico y metodológico*. XXI Jornadas de Geografía de la UNLP. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
- BAEZA, S., BALDASSINI, P., BAGNATO, C., PINTO, P. & PARUELO, J. (2014). *Caracterización del uso / cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS*. *Agrociencia Uruguay*, 18(2), 95–105.
- BAEZA, S. & PARUELO, J. (2014). *Land Use / Land Cover Change (2000 – 2014) in the Rio de la Plata Grasslands : An Analysis Based on MODIS NDVI Time Series*. *Journal of Remote Sensing* 72, 381: 1–22.
- BALDASSINI, P. (2018). *Provisión de Servicios Ecosistémicos en el Chaco Semiárido : efectos*

de los cambios en el uso del suelo y la variabilidad climática sobre la dinámica del carbono. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

- BALVANERA, P. & COTLER, H. (2007). *Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones : retos y perspectivas.* Gaceta ecologica numero especial 84-85: 117-123. Instituto Nacional de Ecología, México.
- BALVANERA, P. & COTLER, H. (2009). *Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos.* Capital natural de México Vol. II : Estado de conservación y tendencias de cambio.
- BERBEROGLU, S. & AKIN, A. (2009). *Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean.* International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 11: 46–53.
- BUZAI, G. (2005). *Geografía Automatizada , Ciencias de la Información Geográfica y Ciencias Sociales Integradas Espacialmente. Avances cuantitativos para los estudios territoriales del siglo XXI.* Fronteras (Buenos Aires) Año 4, N°4, pp 31-36.
- BUZAI, G. & BAXENDALE, C. (2013). *Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica , metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial.* Aportes del analisis geografico con Sistemas de Informacion Geografica. Universidad Alberto Hurtado. XXVII (2): 113–141.
- BUZAI, G. & BAXENDALE, C. (2015). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica marco conceptual basado en la teoría de la geografía.* Revista Ciencias Espaciales 8(2): 391–408.
- BUZAI, G., BAXENDALE, C., CACACE, G. & HUMACATA, L. (2012). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la escuela secundaria . Reflexiones y propuestas para el trabajo en las aulas de la República Argentina.* Revista Geografica 152.
- BUZAI, G., CACACE, G., HUMACATA, L. & LANZELOTTI, S. (2015). *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa.* Libro 1: Por una Geografía de lo real. MCA Libros.
- CABELLO, J., ALCARAZ-SEGURA, D., ALTESOR, A. & DELIBES, M. (2008). *Funcionamiento ecosistémico y evaluación de prioridades geográficas en conservación.* Ecosistemas 17(3): 53-63.
- CABELLO, J., PARUELO, J.M. (2008). *La teledetección en estudios ecológicos.* Ecosistemas 17(3): 1-3.
- CALDERÓN-LOOR, M., HADJIKAKOU, M. & BRYAN, B. (2021). *High-resolution wall-to-wall land-cover mapping and land change assessment for Australia from 1985 to 2015.* Elsevier 252. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112148>
- CAMACHO-SANABRIA, J., PÉREZ, J., PINEDA, N. & CADENA, E. (2015). *Cambios de cobertura/ uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de montaña.* Madera y Bosques 21(1):93-112.
- CAPDEPÓN, F. (2004). *La Geografía y las distintas acepciones del Espacio Geográfico.* Investigaciones Geográficas 34: 141-154. Instituto Universitario de Geografía Universidad de Alicante.

- CARRIÓN, D. (2017). *Análisis de la dinamica de los cambios de uso del suelo mediante teledeteccion en una microcuenca alto andina de Ecuador*.
- CARVAJAL, A. (2010). *Servicios Ecosistemicos: Su relacion con la geografía y la toma de decisiones ambientales*. Nadir: revista electronica de Geografía austral. 2(1): 43–50.
- CASANOVES, F. & DI RENZO, J. (2011). *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistemicos*. Serie tecnica. Informe técnico No. 384. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza.
- CORK, S. & PROCTOR, W. (2005). *Implementing a Process for Integration Research : Ecosystem Services Project , Australia*. Journal of Research Practice 1(2): 1–25.
- CORRALES, G., PLATA, W., HINOJOZA, G., & AGUILAR, J. (2014). *Análisis de los cambios de uso y cobertura del suelo para el Estado de Sinaloa mediante Sistemas de Información Geográfica*. XVI Congreso Nacional de Tecnologías de La Información Geográfica 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.
- CRISTECHE, E. & PENNA, J. A. (2007). *Métodos de valoración económica de los servicios ambientales*. Estudios socioeconomicos de la sustentabilidad de los sistemas de produccion y recursos naturales. ISSN 1851 - 6955. INTA.
- CUADRA, D. (2014). *Los enfoques de la Geografía en su evolución como ciencia*. Revista Geográfica Digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 11. N° 21: 1–22.
- DAILY, G., EHRLICH, P., LUBCHENCO, J. & MOONEY, H. (1997). *Ecosystem Services : Benefits Supplied to Human Societies by Natural*. Journal of Issues in ecology 2. Spring 1997. Ecological Society of America.
- DEL VAL, V. (2011). *Tipos Funcionales de Ecosistemas y Cambios en el Uso del Suelo en el NOA*. Universidad Nacional de Salta. INTA.
- DELGADO, L., MATTEUCCI, S., ACEVEDO, M., VALERI, C., BLANCA, R. & MÁRQUEZ, J. (2017). *Causas directas que inducen el cambio de uso del suelo y de la cobertura boscosa, a escala de paisaje, en el sur de Venezuela*. Interciencia 42(3): 148-156.
- DUMRAUF, V. (2008). *Evolucion de la frontera agricola en los partidos de Villarino y Patagones, período 1975-2005 y su implicancia en el deterioro ambiental*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Sur.
- DZENDOLETAS, M. (2015). *Determinación y análisis de áreas de potencial conflicto en el uso del suelo en el ejido municipal de San Carlos de Bariloche, Río Negro, Patagonia, Argentina, utilizando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Revista Ciencias Espaciales 8(2): 227–242.
- EASTMOND, A., DE JONG, B., OCHOA, S, HERNÁNDEZ, S. & ISAAC-MÁRQUEZ, R. (2005). *Estrategias productivas campesinas: un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México*. Universidad y Ciencia, 21(42),57-73.. ISSN: 0186-2979. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15404202>
- FALASCA, S., ZABALA, S., BERNABÉ, M., ULBERICH, A. & MORDENTI, S. (1997).

- Agua con fines agrícolas en el Partido de Tandil*. Revista Facultad de Agronomía 17(2): 247–252.
- FERNANDEZ, N. & PIÑEIRO, G. (2008). *La caracterización de la heterogeneidad espacial de los ecosistemas: el uso de atributos funcionales derivados de datos espectrales*. Ecosistemas 17(3):64-78. ISSN:1132-6344. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54017106006>
- FOLEY, J. (2005). *Global Consequences of Land Use*. Science 309, 570. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- GABELLA, J. (2014). *Gestión territorial y gestión ambiental en áreas rurales de la diagonal árida templada Argentina. Partido de Patagones, Provincia de Buenos Aires*. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur.
- GABELLA, J., IUORNO, M. & CAMPO, A. (2013). *Análisis integral de un sistema territorial degradado. El caso del partido de Patagones, Buenos Aires, Argentina*. Proyeccion vol. VIII: 68-91.
- GAITAN, J., DONALDO, D. & AZCONA, C. (2015). *Tendencia del NDVI en el período 2000-2014 como indicador de la degradación de tierras en Argentina : ventajas y limitaciones*. Agriscientia 32(2): 83–93.
- GALLEGOS REINA, A. & PERLES ROSELLÓ, M. (2019). *Relaciones entre los cambios en los usos del suelo y el incremento de los riesgos de inundabilidad y erosión: análisis diacrónico en la provincia de Málaga (1957–2007)*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 81, 2740, 1–38. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2740>
- GOMEZ, L. (2020). *Simulación de escenarios futuros de cambios de usos del suelo usando Redes Neuronales Artificiales. Aplicación en la ciudad de Curuzú Cuatiá, Corrientes, Argentina*. Estudios Socioterritoriales, Revista de Geografía 28(54). ISSN 1853-4392
- GONZÁLEZ, A. & HERNÁNDEZ, M. (2020). *Implementación del modelo WEAP (Water Evaluation and Planning System) a la cuenca del río Apulo para la determinación de la disponibilidad hídrica de la cuenca bajo escenarios de cambios en usos del suelo*. Universidad Santo Tomas.
- GOYAS, L., CABANES, I., & ZAMBRANO, S. (2016). *Análisis jurídico del ordenamiento territorial y el uso del suelo como recurso natural insustituible*. Universidad y Sociedad [seriada en línea], 8(3): 6-12. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>
- GROOT, R., ALKEMADE, R., BRAAT, L., HEIN, L., & WILLEMEN, L. (2009). *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning , management and decision making*. Ecological Complexity, 7(3): 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- HENRÍQUEZ, C., AZÓCAR, G., & AGUAYO, M. (2006). *Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial : aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles , VIII Región del Biobío , Chile*. Revista de Geografía Norte Grande, (36),61-74. ISSN: 0379-8682. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30003604>
- HERNÁNDEZ, C. (2001). *Reseña de "La naturaleza del espacio" de Milton Santos*. Economía,

- Sociedad y Territorio*, III(10),379-385. ISSN: 1405-8421. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11101008>.
- HUMACATA, L., & BUZAI, G. (2018). *Análisis espacial de los cambios de usos del suelo con Sistemas de Información Geográfica*. Disponible en: <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/791/buzai.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IBARRA MONTOYA, J., ROMÁN, R., GUTIERREZ, K. & GAXIOLA, J. (2011). *Cambio en la cobertura y uso de suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático*. *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2): 111-128. ISSN: 1980-993X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92819767008>
- KIESLISH, M. & SALLES, J. (2021). *Implementation context and science-policy interfaces: Implications for the economic valuation of ecosystem services*. *Ecological Economics*, 179, 106857. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106857>
- KOSMUS, M., RENNER, I. & ULLRICH, S. (2012). *Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación del desarrollo: Un enfoque sistemático en pasos para profesionales basado en TEEB*. Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- LACOSTE, Y. (1976). *La Geografía: un arma para la guerra*.
- LAFEUILLADE, L. (2018). *Análisis espacial multivariado para la localización de sitios óptimos de balnearios. Caso de estudio: Laguna Epecuén. Partido de Adolfo Alsina*. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Sur.
- LAMBIN, E., GEIST, H. & LEPEERS, E. (2003). *Dynamics of Land-Use and Land-Cover change in tropicals regions*. *Annual Review of Environment and Resources*. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- LATERRA, P., JOBBÁGY, E. & PARUELO, J. (2011). *Valoración de Servicios Ecosistémicos: Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA
- LEVI, S. (1970). *Capítulo 8. Concepto de Geografía Aplicada*. *Investigaciones Geográficas (MX)*, Num. 03. Disponible en: <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/58855/51843>
- LÓPEZ, E., BOCCO, G. & MENDOZA, M. (2001). *Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia*. *Investigaciones Geográficas (Mx)* 45: 56-76. ISSN: 0188-4611. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56904505>
- LOZANO, D. (2019). *Análisis multitemporal y predictivo del cambio de uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal*. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería* 2(3): 81–89.
- MANCERA, J. (2019). *Aporte de la geomática en el mapeo de servicios ecosistémicos para la regulación hídrica, en la microcuenca del Río Murca, Colombia*. Trabajo de Grado. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- MARTÍNEZ, M., VIGUERA, B., DONATTI, C. & HARVEY, C. (2017). *La importancia de*

los servicios ecosistémicos para la agricultura. Materiales de Fortalecimiento de Capacidades Técnicas Del Proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). 40 páginas. <https://doi.org/10.7818/re.2014.22-1.00>

- MEZA MENARES, R. (2017). *Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el Área Metropolitana de Concepción, período 1986-2015*. Tesis de Grado. Universidad de Chile.
- METZGER, M., ROUNSEVELL, M., ACOSTA-MICHLIK, L., LEEMANS, R. & SCHRÖTER, D. (2006). *The vulnerability of ecosystem services to land use change*. *Agriculture Ecosystems & Environment* 114: 69–85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.025>
- MEYER, W. & TURNER, B. (1992). *Human population growth and global land-use/cover change*. *Annual Review of Environment and Resources* 23: 39–61.
- MILKOVIC, M. (2005). *Consecuencias del cambio en el uso del suelo sobre la dinámica del agua en dos sistemas semiáridos*. Tesis presentada para optar al título de Magister. Universidad de Buenos Aires.
- MOLINERO, R., AGUILERA, F. & GÓMEZ, M. (2021). Geographically Weighted Logistic Regression to identify explanatory factor of land use distribution in future scenarios of urban growth. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (88). <https://doi.org/10.21138/bage.3052>
- MORAES, C. (1983). *Geografía: Pequeña historia crítica*. EDUNTREF. HUCITEC.
- MURRAY, F., BALDI, G., BERNARD, T., VIGLIZZO, E. & JOBBÁGY, E. (2016). *Productive performance of alternative land covers along aridity gradients : Ecological , agronomic and economic perspectives*. *Agricultural Systems* 149: 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.08.004>
- MUSTARD, J., DEFRIES, R., FISHER, T. & MORAN, E. (2004). *Monitoring and understanding trajectories of change on the earth ' s surface*. *Land Use-Land Cover pathways and impacts*. Chapter 26.
- NÁJERA, O., BOJORQUEZ, J., CIFUENTES, J. & MARCELEÑO, S. (2010). *Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del Río Mololoa, Nayarit*. *Revista Biociencias* 1(1): 19-29.
- NARANJO, F. (1998). *Geografía y Ordenación del Territorio*. Íber, Didáctica de las ciencias sociales. *Geografía e Historia*, Barcelona: nº 16, abril 1998. Nuevas fronteras de los contenidos geográficos, p. 19-31.
- NAVARRO RAU, M. (2012). *Dinámica de la Cobertura y Uso del Suelo. Departamentos Curuzú Cuatiá – Esquina – Mercedes – Monte Caseros - Sauce*. Informe PNECO 092022. INTA.
- NIELSEN, S., & MÜLLER, F. (2009). *Understanding the functional principles of nature — Proposing another type of ecosystem services*. *Ecological Modelling* 220: 1913–1925.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.04.022>

- NOLASCO, M., WILLINGTON, E. & BOCCO, M. (2014). *Clasificación del uso de suelo en agricultura a partir de series temporales de imágenes LANDSAT*. Sexto Congreso Argentino de Agroinformática, CAI 2014: 64–73.
- OCHIUZZI, S. (2011). *Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.
- OLAYA, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*.
- OLIVA, V., BLANCO, J., NIETO, J., & MARTÍNEZ, M. (2010). *Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla*. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 72: 23–38. UNAM. ISSN 0188-4611.
- ORTIZ, E. (2020). *Análisis de los cambios de cobertura del suelo en el Departamento del Guaviare en los años 2002-2018 y estimación para el año 2030*. Universidad Militar Nueva Granada.
- OYARZUN, C., NAHUELHUAL, L. & NUÑEZ, D. (2005). *Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica*. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA* XX(3): 88–95.
- PARUELO, J.M. (2008). *La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos*. *Ecosistemas*, vol. 17, núm. 3, septiembre-diciembre, 2008, pp. 4-22. Asociación Española de Ecología Terrestre Alicante, España.
- PARUELO, J.M., GUERSCHMAN, J., PIÑEIRO, G. & JOBBÁGY, E. (2006). *Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis*. *Agrociencia* X(2): 47-61.
- PARUELO, J.M., JOBBÁGY, E., LATERRA, P., & DIEGUEZ, H. (2014). *Ordenamiento Territorial Rural. Conceptos, métodos y experiencias*. FAO. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. INTA. FAUBA.
- PÉREZ, S., SIERRA, E., CASAGRANDE, G. & VERGARA, G. (2003). *Comportamiento de las precipitaciones (1918/2000) en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)*. *Revista Facultad de Agronomía* 14. UNLPam. ISSN0326-6184.
- PINEDA, N., BOSQUE, J., GOMEZ, M. & FRANCO, R. (2011). *Análisis de los factores inductores de los cambios ocurridos en la superficie forestal del estado de México en el periodo 1993-2000*. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* N°56: 9-34.
- PORTELA, L., RIVERO, A. & PORTELA, L. (2019). *Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos en montañas de Guamuhaya, Cienfuegos, Cuba*. *Universidad y Sociedad*, 11(3), 47-55. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- POTSCHIN, M., HAINES, R., GÖRG, C. & HEINK, U. (2018). *Understanding the role of conceptual frameworks : Reading the ecosystem service cascade*. *Ecosystem Services* 29: 428–440. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.015>
- PUPO, L. & PARADA, J. (2015). *Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos*

del golfo de Tribugá - Colombia. Revista Panorama Económico 23: 39-54.

- RABAGLIO, M. (2012). *Impacto del uso del suelo sobre el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) en el noroeste argentino*. Trabajo final presentado para la Especialización en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Estudio de los Recursos Naturales y la Producción Agropecuaria. Universidad de Buenos Aires
- RECALDE, D. & ZAPATA, R. (2007). *La Ordenación del Territorio Recursos Naturales*. Ediciones INTA. Serie publicaciones del Área de Investigación del INTA EEA La Rioja. ISSN 1669-323X.
- REYES, A., ALCARAZ, D. & CABELLO, J. (2015). *Implicancias del filtrado de calidad del índice de vegetación EVI para el seguimiento funcional de ecosistemas*. Revista de teledetección 43: 11-29. Asociación española de teledetección. <https://doi.org/10.4995/raet.2015.3316>
- RINCÓN, A., ECHEVERRY, M., PIÑEROS, A. & TAPIA, C. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia, 151 pp
- ROBAYO, C. (2019). *Identificación de servicios ecosistémicos de regulación asociados a la cobertura vegetal de la ciudad de Bogotá utilizando SIG y teledetección, como apoyo a la línea de investigación de coberturas vegetales urbanas del jardín botánico de Bogotá Jose Celestino Mutis-JBBJCM*. Informe de pasantía. Universidad Distrital Francisco José Caldas.
- RODRÍGUEZ, L., CURETTI, G., GAREGNANI, G., & GRILLI, G. (2016). *La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales : un caso de estudio en Los Alpes Italianos*. Bosque 37(1), 41–52. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100005>
- ROJAS, L. (2015). *Análisis Cambio De Cobertura Y Uso De Suelo En Los Periodos 2002 – 2012 En El Municipio De Mocoa , Putumayo* . Tesis de grado. UNAD. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10596/3410>
- ROJAS BRICEÑO, N. B., BARBOZA CASTILLO, E., MAICELO QUINTANA, J. L., OLIVA CRUZ, S. M. & SALAS LÓPEZ, R. (2019). *Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 81: 1–34.
- RUALES MESTANZA, M. (2019). *Efectos del cambio del uso del suelo sobre el servicio ecosistémico hidrico de provision en la microcuenca del Río Itambi*. Trabajo de titulación. Ingenieros en Recursos Naturales Renovables. Universidad Tecnica del Norte.
- SALAZAR, E. (2020). *Configuración de la nueva área metropolitana de Quito. Usos del suelo y escenarios futuros para la planificación*. Tesis Doctoral. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- SÁNCHEZ, J.E. (1990). *Espacio, economía y sociedad*. Siglo XXI de España Editores, S.A. ISBN: 84-323-0716-5.
- SANCHEZ, R. (2011). *Historia de la evolución de las condiciones ambientales de los partidos*

- bonaerenses Villarino y Patagones*. Jornada sobre "Evolucion y Futuro del Desarrollo de Producciones Agricola-Ganaderas en el S.O. Bonaerense". pp.362–372. ISSN: 0327-8093
- SÁNCHEZ, R., PEZZOLA, A. & CEPEDA, J. (1998) *Caracterizacion edafo climatica del area de influencia del INTA EEA Hilario Ascasubi. Partidos de Villarino y Patagones*. INTA EEA Hilario Ascasubi. Boletín de divulgación N°18, 1998.
- SANDOVAL, V., & OYARZUN, V. (2003). *Modelamiento y prognosis espacial del cambio en el uso del suelo*. Quebracho. Revista de Ciencias Forestales, 11, 9–21.
- SCHEJTMAN, A. & BERDEGUÉ, J. (2004). *Desarrollo territorial rural*. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.
- SENISTERRA, G. (2014). *Influencia del cambio de uso del suelo sobre el escurrimiento superficial. Estudio de caso: Cuenca del Arroyo Napaleofú, Provincia de Buenos Aires, Argentina*. Universidad Nacional de la Plata.
- SICA, Y. (2016). *Cambios en el uso del suelo y sus efectos a diferentes escalas espaciales y temporales sobre la diversidad de aves en el Bajo Delta del río Paraná*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Buenos Aires.
- SPALLETTI, L & ISLA, F. (2003). *Características y evolución del Delta del Río Colorado ("Colú-Leuvú"), Provincia de Buenos Aires, República Argentina*. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, vol. 10, núm. 1, julio, 2003, pp. 23-37. Asociación Argentina de Sedimentología Buenos Aires, Argentina
- STAIANO, L., CAMBA, G., BALDASSINI, P. & GALLEGOS, F. (2021). *Putting the Ecosystem Services idea at work: Applications on impact assessment and territorial planning*. Environmental Development 38. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100570>
- SUÁREZ, A., JIMÉNEZ, A., CASTRO, M. & CRUZ, A. (2017). *Clasificación y mapeo automático de coberturas del suelo en imágenes satelitales utilizando Redes Neuronales Convolucionales*. Orinoquia 21(1): 64-75. Universidad de los Llanos.
- TELLO, D., DE PRADA, J. & CRISTECHE, E. (2015). *Valoración económica de servicios ecosistémicos no comerciales del bosque de caldén, sur de Córdoba Argentina*. XLVI Reunion Anual de la AAEEA, Tandil, Argentina. Asociacion Argentina de Economía Agraria.
- TIBADUIZA, O. (2008). *Construcción del concepto de espacio geográfico en el estudio y enseñanza de la Geografía*. Geoenseñanza 13(1): 19-30. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36014579003>.
- TORRES, J., MAGAÑA, O. & MORENO, F. (2016). *Predicción del cambio de uso/cobertura arbolada en México a través de probabilidades de transición*. Agrociencia 50(6) 769–785.
- VALENZUELA, C. & FIGUEROA, M. (2012). *Implicancias de la resignificación de la espacialidad en las categorías de análisis geográfico . La revalorización del territorio como constructo social*. Perspectiva Geográfica 17: 40-70. ISSN: 0123-3769.
- VALVERDE, E. (2018). *Modelacion hidrológica para cuantificar la producción de agua y sedimento actual y futuro a partir de cambios de cobertura forestal, sector Prusia, Parque*

- Nacional Volcan Irazu*. Tesis de Grado. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- VEGA-ARAYA, M. & ALVARADO-BARRANTES, R. (2019). *Análisis de las series de tiempo de variables biofísicas para cuatro ecorregiones de Guanacaste, Costa Rica*. *Revista de Ciencias Ambientales* 53(2), 60–96. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.4>
- VIGLIZZO, E. & FRANK, F. (2006) *Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine Pampas in response to climate and farming during the last century*. Pergamon-Elsevier Science Ltd. *Quaternary International* 158(1): 122-126. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.05.022>
- VITOUSEK, P., MOONEY, H., LUBCHENCO, J. & MELILLO, J. (1997). *Human Domination of Earth's Ecosystems*. *Science* 277 (5325): 494-499. DOI:10.1126/science.277.5325.494
- VOLANTE, J. (2014). *Dinámica y consecuencias del cambio en la cobertura y el uso del suelo en el Chaco Semi-Árido*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- VON THADEN, J., LABORDE, J., GUEVARA, S. & MOKONDOKO, P. (2020). *Dinámica de los cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (2006-2016)*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91. Instituto de Biología. UNAM.
- WALLACE, K. (2007). *Classification of ecosystem services: Problems and solutions*. *Biological Conservation* 139(2007): 235-246. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.015>
- WHITE, J., GAUL, W., SADYKOVA, D. & LEÓN-SÁNCHEZ, L. (2020). *Quantifying large-scale ecosystem stability with remote sensing data*. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 6(3): 354–365. DOI: <https://doi.org/10.1002/rse2.148>
- WINSCHHEL, C. (2017). *Integración por medio de geotecnologías de la información ambiental en estudios de degradación de los suelos para los partidos de Villarino y Patagones, Provincia de Buenos Aires, Argentina*. Universidad Nacional del Sur.
- YUMISACA, J. (2020). *Valoración económica ambiental de los servicios ecosistémicos mediante métodos directos de mercado de la Parroquia San Luis*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- ZAMORA, M., BUENDÍA, J, MARTÍNEZ, P. & GARCÍA, R. (2020). *Diagnóstico del uso del suelo y vegetación en la microcuenca Tula, México*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(1): 57–68.



ANEXO

ANEXO

ANEXO I

Guidance 1 stakeholder analysis



	Importance of Stakeholder			
	Unknown	Little / No importance	Some importance	Significant importance
Influence of Stakeholder	Significant influence	C	A	B
	Somewhat influential			
	Little / No influence	D	B	B
	Unknown			

Boxes A, B and C are the key stakeholders of the project. The implications of each box is summarised below:

Box A

These are stakeholders with a high degree of influence on the project, who are also of high importance for its success. This implies that the implementing organisation will need to construct good working relationships with these stakeholders, to ensure an effective coalition of support for the project. Examples might be senior officials and politicians.

Box B

These are stakeholders of high importance to the success of the project, but with low influence. This implies that they will require special initiatives if their interests are to be protected. An example may be traditionally marginalised groups (e.g. Indigenous people, youth, women), who might be dependent on a site, but who have little 'voice' in its management.

Box C

These are stakeholders with high influence, who can affect project outcomes, but whose interests are not necessarily directly related to the objective of the project. This implies that these stakeholders may be a source of significant risk, and they will need careful monitoring and management.

Box D

The stakeholders in this box, with low influence on, or importance to the project objectives, may require limited monitoring or evaluation, but are of low priority.

ANEXO II

Habitat classification

Habitat classification

Tree-dominated habitats

The tree-dominated and grass-dominated habitat classifications given below are based on the International Geosphere-Biosphere Project (IGBP) land-cover classification system ([International Geosphere-Biosphere Project \(IGBP\) land-cover classification system](#)).

Evergreen Needleleaf Forests – Lands dominated by trees with a percentage canopy cover >60% and height exceeding 2 metres. Almost all trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.

Evergreen Broadleaf Forests – Lands dominated by trees with a percentage canopy cover >60% and height exceeding 2 metres. Almost all trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.

Deciduous Needleleaf Forests – Lands dominated by trees with a percentage canopy cover >60% and height exceeding 2 metres. Consist of seasonal needleleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.

Deciduous Broadleaf Forests – Lands dominated by trees with a percentage canopy cover >60% and height exceeding 2 metres. Consist of seasonal broadleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.

Mixed Forests – Lands dominated by trees with a percent canopy cover >60% and height exceeding 2 metres. Consist of tree communities with interspersed mixtures or mosaics of the other four forest cover types. None of the forest types exceeds 60% of landscape.

TOOLKIT FOR ECOSYSTEM SERVICE SITE-BASED ASSESSMENT

Habitat classification

vegetation; non-natural woody vegetative canopy accounts for 25-100% of the cover.

Planted/Cultivated (non-woody crops)/Others – Areas characterized by herbaceous vegetation that has been planted or is intensively managed for the production of food, feed, or fibre; or is maintained in developed settings for specific purposes. Herbaceous vegetation accounts for 75-100% of the cover. This includes pasture/hay - areas of grasses, legumes, or grass-legume mixtures planted for livestock grazing or the production of seed or hay crops; row crops - areas used for the production of crops, such as corn, soybeans, vegetables, tobacco, and cotton; small grains - areas used for the production of graminoid crops such as wheat, barley, oats, and rice; fallow - areas used for the production of crops that do not exhibit visible vegetation as a result of being tilled in a management practice that incorporates prescribed alternation between cropping and tillage; and urban/recreational grasses - vegetation (primarily grasses) planted in developed settings for recreation, erosion control, or aesthetic purposes. Examples include parks, lawns, golf courses, airport grasses, and industrial site grasses.

Developed areas

Low Intensity Residential – Includes areas with a mixture of constructed materials and vegetation. Constructed materials account for 30-80% of the cover. Vegetation may account for 20-70% of the cover. These areas most commonly include single-family housing units. Population densities will be lower than in high intensity residential areas.

High Intensity Residential – Includes highly developed areas where people reside in high numbers. Examples include apartment complexes and row houses. Vegetation accounts

TOOLKIT FOR ECOSYSTEM SERVICE SITE-BASED ASSESSMENT



Habitat classification

Closed Shrublands – Lands with woody vegetation less than 2 metres tall and with shrub canopy cover of >60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.

Open Shrublands – Lands with woody vegetation less than 2 metres tall and with shrub canopy cover of between 10 and 60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.

Woody Savannas – Lands with herbaceous and other understorey systems, and with forest canopy cover between 30 and 60%. The forest cover height exceeds 2 metres.

Grass-dominated habitats

Savannas – Lands with herbaceous and other understorey systems, and with forest canopy cover between 10 and 30%. The forest cover height exceeds 2 metres.

Grasslands – Lands with herbaceous types of cover. Tree and shrub cover is less than 10%.

Crop-dominated habitats

The crop-dominated habitat and developed area classifications are adapted from the National Land-cover Data (NLCD) land-cover class definitions ([National Land-cover Data \(NLCD\) land-cover class definitions](#)).

Orchards/Vineyards (woody crops) – Areas planted or maintained for the production of fruits, nuts, berries, or ornamentals. Areas dominated by non-natural woody

1

TOOLKIT FOR ECOSYSTEM SERVICE SITE-BASED ASSESSMENT



Habitat classification

for less than 20% of the cover. Constructed materials account for 80-100% of the cover.

Commercial/Industrial/Transport – Includes infrastructure (e.g. roads, railways, etc.) and all highly developed areas not classified as High Intensity Residential.

Wetlands

The codes below are based upon the Ramsar Classification System for Wetland Type as approved by Recommendation 4.7 and amended by Resolution VI.5 of the Conference of the Contracting Parties. The categories listed herein are intended to provide only a very broad framework to aid rapid identification of the main wetland habitats represented at each site.

Marine/Coastal Wetlands

- A **Permanent shallow marine waters** in most cases less than six metres deep at low tide; includes sea bays and straits.
- B **Marine subtidal aquatic beds**; includes kelp beds, sea-grass beds, tropical marine meadows.
- C **Coral reefs**.
- D **Rocky marine shores**; includes rocky offshore islands, sea cliffs.
- E **Sand, shingle or pebble shores**; includes sand bars, spits and sandy islets; includes dune systems and humid dune slacks.
- F **Estuarine waters**; permanent water of estuaries and estuarine systems of deltas.

3

TOOLKIT FOR ECOSYSTEM SERVICE SITE-BASED ASSESSMENT



2



4

Habitat classification

- G **Intertidal mud, sand or salt flats.**
- H **Intertidal marshes;** includes salt marshes, salt meadows, saltings, raised salt marshes; includes tidal brackish and freshwater marshes.
- I **Intertidal forested wetlands;** includes mangrove swamps, nipah swamps and tidal freshwater swamp forests.
- J **Coastal brackish/saline lagoons;** brackish to saline lagoons with at least one relatively narrow connection to the sea.
- K **Coastal freshwater lagoons;** includes freshwater delta lagoons.
- Zk(a) **Karst and other subterranean hydrological systems,** marine/coastal

Inland Wetlands

- L **Permanent inland deltas.**
- M **Permanent rivers/streams/creeks;** includes waterfalls.
- N **Seasonal/intermittent/irregular rivers/streams/creeks.**
- O **Permanent freshwater lakes** (over 8 ha); includes large oxbow lakes.
- P **Seasonal/intermittent freshwater lakes** (over 8 ha); includes floodplain lakes.
- Q **Permanent saline/brackish/alkaline lakes.**
- R **Seasonal/intermittent saline/brackish/alkaline lakes and flats.**
- Sp **Permanent saline/brackish/alkaline marshes/pools.**

TOOLKIT FOR ECOSYSTEM SERVICE SITE-BASED ASSESSMENT



Habitat classification

- Ss **Seasonal/intermittent saline/brackish/alkaline marshes/pools.**
- Tp **Permanent freshwater marshes/pools;** ponds (below 8 ha), marshes and swamps on inorganic soils; with emergent vegetation water-logged for at least most of the growing season.
- Ts **Seasonal/intermittent freshwater marshes/pools** on inorganic soils; includes sloughs, potholes, seasonally flooded meadows, sedge marshes.
- U **Non-forested peatlands;** includes shrub or open bogs, swamps, fens.
- Va **Alpine wetlands;** includes alpine meadows, temporary waters from snowmelt.
- Vt **Tundra wetlands;** includes tundra pools, temporary waters from snowmelt.
- W **Shrub-dominated wetlands;** shrub swamps, shrub-dominated freshwater marshes, shrub carr, alder thicket on inorganic soils.
- Xf **Freshwater, tree-dominated wetlands;** includes freshwater swamp forests, seasonally flooded forests, wooded swamps on inorganic soils.
- Xp **Forested peatlands; peat swamp forests.**
- Y **Freshwater springs; oases.**
- Zg **Geothermal wetlands**
- Zk(b) **Karst and other subterranean hydrological systems,** inland

Note : "floodplain" is a broad term used to refer to one or more wetland types, which may include examples from the R, Ss, Ts, W, Xf, Xp, or other wetland types. Some examples

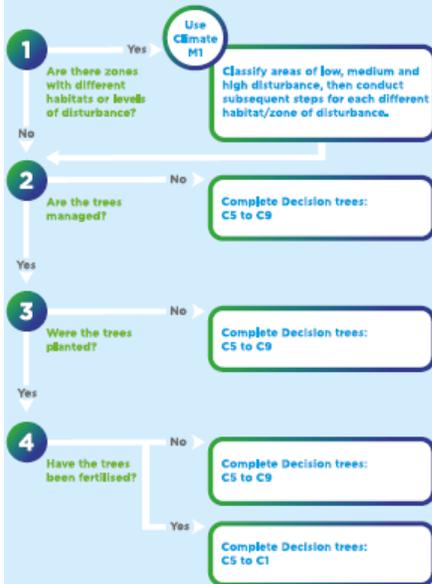
TOOLKIT FOR ECOSYSTEM SERVICE SITE-BASED ASSESSMENT



ANEXO III

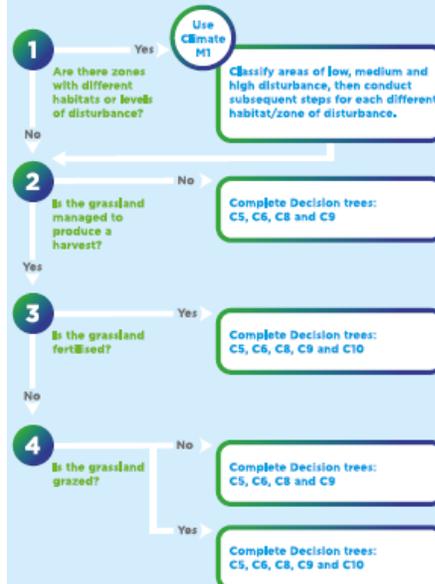
Global climate regulation

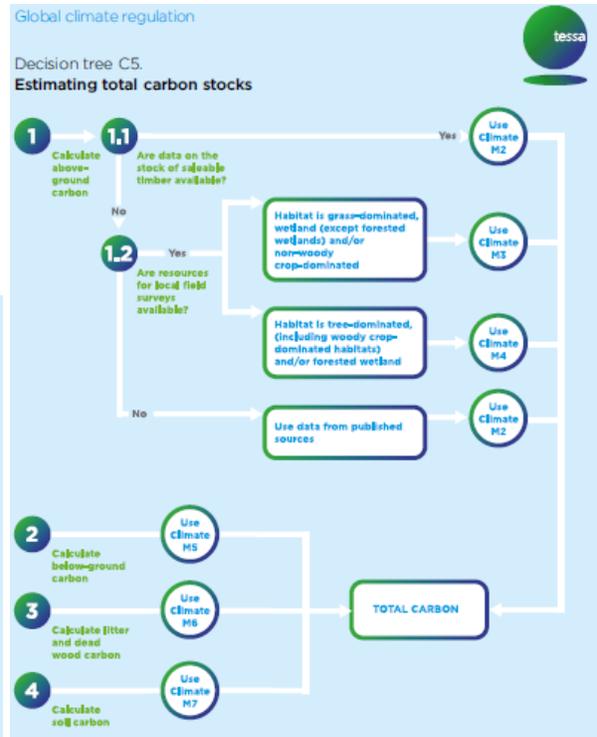
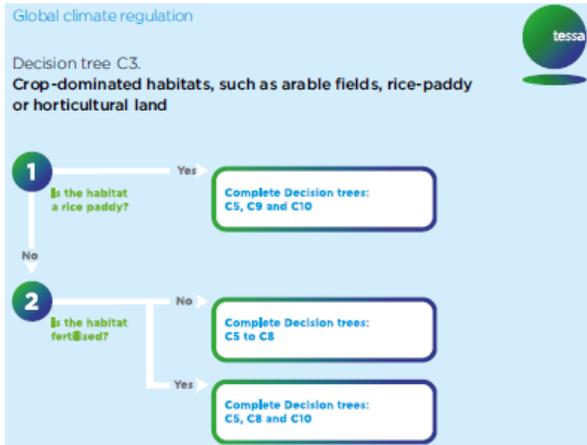
Decision tree C1.
Tree-dominated habitats, such as natural forest or woody crop plantations/orchards



Global climate regulation

Decision tree C2.
Grass-dominated habitats, such as pastoral agricultural systems, steppe or savannah





ANEXO IV

Estimated values of biomass and mineral soil organic matter

Estimated values of biomass and mineral soil organic matter

The estimates of above-ground live biomass (AGB), below-ground biomass (BGB), dead wood (DEAD), litter or peat (LITTER) and soil organic matter in mineral soil (SOM) values (expressed in terms of Mg dry matter ha⁻¹) are primarily compiled from Anderson-Tweira and delucia (2011). Where otherwise identified, values are taken from Fourqurean et al. (2012)^a and Pendleton et al. (2012)^b. Estimates are mean values. Refer to individual references for the number of sites contributing to the estimates and details of derivation. ^a Values are for above-ground live biomass and top metre of soil combined.

Habitats*	AGB	BGB	DEAD	LITTER	SOM
<i>Native habitats</i>					
Tropical peat forest	444	107	?	1,389	297
Northern peatland	101	18	3	946	369
Freshwater Marsh and swamp	150	19	?	25	350
Saltmarsh ^b			162 ^a		
Seagrass beds ^a	2.16	5.02			140
Tropical forest	250	55	20	10	297
Temperate forest	534	139	103	51	275
Boreal forest	128	28	6	59	160
Mangrove forest ^a			254 ^a		
Tropical savanna	21	39	0	14	228
Temperate scrub/woodland	48	48	0	6	153

Estimated values of biomass and mineral soil organic matter

Temperate grassland	2.3	14	0	6	202
Tundra	11.7	12	0	120	245
Desert	7	8	0	0.2	107
<i>Aggrading habitats</i>					
Tropical forest	0	2	0	1	0
Temperate forest	0	2	0	1	0
Boreal forest	0	2	0	1	0
Tropical non-forest	0	2	0	1	0
Temperate non-forest	0	2	0	1	0
<i>Managed habitats</i>					
Tropical pasture	3.6	15.2	0	0	228
Temperate pasture	2.3	14	0	6	202
Tropical cropland	10	2	0	1	-
Temperate cropland	10	2	0	1	-
Wetland rice	10	2	0	6	107