



ESCENARIOS
HÍDRICOS
2030
CHILE

Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres, Región de Magallanes

Estudio realizado para

Escenarios Hídricos 2030, Fase III

por Patricio Pliscoff, Profesor

Pontificia Universidad Católica de Chile,

septiembre 2024

Los principales procesos que determinan el estado actual de los ecosistemas son la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales. Estos procesos están definiendo la contribución de la naturaleza a las personas, que incluye a todos los beneficios que el ser humano obtiene del sistema natural

(Díaz et al., 2019).



Índice

Resumen ejecutivo	3
Executive summary	4
1. Introducción	5
2. Metodología	5
2.1.-Análisis de la pérdida y fragmentación de los ecosistemas	5
2.2.-Análisis de cambio de uso de suelo	7
2.2.-Análisis vegetación ripariana	8
2.3.-Definición de áreas de valor ecológico	8
3. Resultados	9
3.1.1-Cambios por ecosistema	10
3.1.2.-Cambios de uso de suelo	13
3.1.3.-Fragmentación por ecosistema	15
3.3.-Análisis vegetación ripariana	17
3.4.-Áreas de mayor valor ecológico	19
4. Identificación de brechas de información	21
5. Conclusiones	22
6. Bibliografía	23
7. Anexo	



XII Región de
Magallanes y de la
Antártica Chilena

Resumen ejecutivo

En el marco del proyecto Escenarios Hídricos 2030 (EH2030), se realizó un análisis del estado actual de los ecosistemas presentes en la región de Magallanes. La propuesta metodológica incluye un análisis de cambio temporal de 24 años, entre dos fechas (1995-2019), a partir de los resultados de cobertura actual de uso de suelo generados por el proyecto "Catastro de los recursos vegetacionales nativos" llevado a cabo por la Corporación Nacional Forestal. El análisis de cambio de uso de suelo mencionado se evaluó con la distribución de los ecosistemas terrestres, tomando como definición de ecosistema, las formaciones de vegetación. Además, se analizan los cambios en el tiempo para las dos fechas analizadas, evaluando la fragmentación de la vegetación natural. Finalmente, se propone la identificación de una señalización territorial que informe de las áreas prioritarias para la protección en las cuencas analizadas.

El análisis permite identificar las zonas de la región que han sufrido un proceso de fragmentación, y pérdida de los ecosistemas producto del cambio de uso de suelo. Estos cambios se concentran principalmente en un conjunto limitado de cuencas, asociadas a las comunas de Punta Arenas y Puerto Natales, relacionados a la expansión urbana, de zonas industriales y a las zonas agrícolas.

Los ecosistemas dominantes en las zonas que presentan una dinámica de cambio de uso de suelo en los últimos 24 años, corresponden a los Bosques y Matorrales Caducifolios, Bosque Siempreverde y Estepas y Pastizales. Este último concentra los mayores cambios. Se identifican más de 30 mil hectáreas con usos de suelos antrópicos en el último año de análisis (2019). Esto corresponde a 10 veces lo identificado en la primer fecha de estudio (1995), por lo que a pesar de no ser relevante en relación a la superficie de la región, este aumento de magnitud en el cambio de uso de suelo, además concentrado en un área específica de la región, merece el análisis y las proyecciones futuras, para el mantenimiento de los ecosistemas naturales y sus especies relacionadas.

En términos proporcionales, las zonas que han experimentado cambios de uso de suelo son una pequeña fracción tomando toda la superficie regional. Pero estas modificaciones se deben relacionar a otros procesos que pueden ser tan relevantes como el cambio de uso de suelo, como son los procesos erosivos. Los cuales se concentran en los ecosistemas de estepas y pastizales, y pueden potencialmente generar un daño en los ecosistemas igual o superior a la fragmentación y pérdida de hábitat producto del cambio de uso de suelo. Finalmente, es relevante relacionar el impacto de la erosión en los humedales permanentes que están asociados a la presencia de especies de avifauna identificadas como amenazadas.

Executive summary

Within the framework of the Water Scenarios 2030 project (EH2030), an analysis of the current state of the ecosystems in two basins present in central Chile; Coastal basins of Mataquito-Maule and Maule-Eight region border. The methodological proposal includes an analysis of temporal change over 20 years, between two dates (1995-2016), based on the results of current land use coverage generated by the project Cadastral of native vegetation resources carried out by the National Forestry Corporation (CONAF). The analysis of land use change will be evaluated with the distribution of terrestrial ecosystems, taking vegetation formations as surrogate of ecosystems. In addition, the changes over time for the two time periods were analyzed, evaluating the fragmentation of natural vegetation, and finally used to identify and propose priority areas for protection in the two basins analyzed.

The analysis identifies the areas of the region that have suffered a process of fragmentation and loss of ecosystems because of land use change. These changes are mainly concentrated in a limited set of basins associated with the municipalities of Punta Arenas and Puerto Natales, associated with urban expansion, industrial areas, and agricultural areas.

The dominant ecosystems in the areas showing a dynamic change in land use over the last 24 years are deciduous forests and scrublands, evergreen forests and steppes and grasslands. The latter concentrates the greatest changes. More than 30 thousand hectares are identified with anthropic land use in the last year of analysis (2019), this corresponds to 10 times what was identified in the first date of study (1995), so that despite not being relevant in relation to the surface of the region, this increase of magnitude in land use change, also concentrated in a specific area of the region, deserves analysis and future projections, for the maintenance of natural ecosystems and their related species.

In proportional terms, the areas that have experienced land use changes are a small fraction of the total regional area. But these changes must be related to other processes that can be as relevant as land use change, such as erosion processes. These are concentrated in steppe and grassland ecosystems and can potentially generate damage to ecosystems equal to or greater than the fragmentation and loss of habitat resulting from land use change. Finally, it is relevant to relate the impact of erosion on permanent wetlands that are associated with the presence of bird species identified as threatened.



1. INTRODUCCIÓN

Los principales procesos que determinan el estado actual de los ecosistemas son la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales. Estos procesos están definiendo la contribución de la naturaleza a las personas, que incluye a todos los beneficios que el ser humano obtiene del sistema natural (Díaz *et al.*, 2019). Este análisis estará enfocado en caracterizar dos procesos fundamentales para caracterizar el estado de salud de los ecosistemas: la *pérdida* y la *fragmentación* del hábitat de los ecosistemas terrestres, ambos procesos producto del cambio de uso de suelo. Para evaluar la pérdida, se utilizarán dos criterios de evaluación definidos en el marco conceptual y metodológico de la Lista roja de Ecosistemas de la Unión Internacional de la Naturaleza. Estos criterios permiten evaluar, por cada ecosistema, los patrones espaciales y temporales de la pérdida de superficie en los ecosistemas terrestres. Finalmente, la fragmentación se estimará por ecosistema, siguiendo las mismas ventanas temporales del cálculo de pérdida, utilizando métricas de ecología del paisaje. Todos los análisis anteriores se estimarán por ecosistemas y enfocándose además en los ecosistemas boscosos riparianos, por su valor esencial en la regulación del sistema hídrico.

La presencia de la vegetación ripariana produce una serie de impactos positivos en los cursos de agua, los que incluyen: procesar mayor cantidad de materia orgánica y capturar más nitrógeno, mejorar la cantidad y calidad del agua, facilitar el procesamiento de contaminantes y regular la temperatura y luz. Al mantenerse las condiciones naturales de la vegetación ripariana, se dispone de un mayor número de hábitats y microhábitats para las especies acuáticas y semiacuáticas presentes en los cursos de los ríos. Además, por su estructura lineal, actúan como corredores biológicos tanto estructurales (conectando fragmentos de vegetación nativa) y funcionales (áreas disponibles para el movimiento de especies.).

A continuación, se detallan aspectos metodológicos de los cálculos de pérdida y fragmentación de los ecosistemas terrestres en la región de Magallanes.

2. METODOLOGÍA

2.1.-Análisis de pérdida y fragmentación de los ecosistemas

Para el cálculo de la pérdida de hábitat, se aplicarán métricas de pérdida de hábitat en dos ventanas temporales, pérdida histórica y pérdida reciente. Este cálculo se realizará utilizando como descriptor de ecosistemas las formaciones vegetacionales, propuestas por Luebert & Pliscoff 2017, este nivel corresponde al superior en la estructura jerárquica de esta clasificación y se basa en la fisonomía (estructura) de la vegetación dominante (ej. Bosque Caducifolio, Bosque Siempreverde, Estepas y Pastizales, etc.). Así los resultados se pueden explicar en forma más general, que al utilizar una unidad con mayor detalle espacial (ej. Pisos de vegetación), los cuales se definen además por aspectos climáticos y florísticos. Se aplicaron dos cálculos a partir de los criterios de evaluación definidos por la Lista Roja de Ecosistemas. Estos cálculos corresponden al criterio asociado a la disminución de la distribución de los ecosistemas (Pliscoff, 2015; Bland *et al.*, 2016).

El primer cálculo estima la pérdida histórica, basada en la diferencia entre un periodo histórico y un periodo actual. En este caso, el periodo histórico está definido por la distribución potencial del ecosistema (obtenidas de Luebert & Pliscoff, 2017) y el periodo actual a la versión más actualizada de la cobertura vegetal, obtenida del Catastro de los recursos vegetacionales nativos de CONAF (1995; 1999). El segundo cálculo corresponde a la pérdida reciente que, en la metodología de Lista Roja de Ecosistemas, corresponde a cualquier periodo de 50 años que involucre un tiempo pasado al actual y uno futuro. Para este análisis, se tomará como primera etapa del periodo la primera versión del Catastro CONAF, correspondiente al año 1995 (entregado el año 1997) y a la versión más actualizada, que corresponde a los años 2017 al 2019 (CONAF 2019) esto entrega una ventana de tiempo de 24 años, para analizar la pérdida y fragmentación de las cuencas en estudio (Figura 2). Para el caso de la fragmentación, a partir de los resultados de la pérdida de hábitat, se caracteriza cada ecosistema en el periodo de pérdida reciente con un conjunto de métricas de paisaje (Tamaño

	1.Tamaño	2.Efecto borde	3.Fragmentación	4.Conectividad	5. Forma
Mejor					
Peor					
	Tamaños grandes son mejores.	Parches con menos bordes son mejores que aquellos con más.	Fragmentos agrupados son mejores que aquellos fragmentados y aislados.	Fragmentos conectados son mejores que aquellos desconectados.	Formas con mayor relación perímetro-área son mejores que aquellas lineales.

Figura 1. Esquema efectos fragmentación del paisaje: se comparan las mejores situaciones para los ecosistemas (arriba) versus las condiciones que implican efectos negativos (abajo). (1) Un ecosistema de mayor tamaño puede garantizar mayor disponibilidad de espacios para que las especies se mantengan (disponibilidad de nicho). (2) Un ecosistema no fragmentado posee menos bordes (perímetro lineal del fragmento) y por lo tanto menos barreras para el movimiento de las especies. (3) Un ecosistema con fragmentos menos aislados y (4) conectados, permite mayor intercambio entre las especies. Modificado de Diamond 1975.

promedio, densidad, densidad de borde, etc.) calculadas con el software Fragstats (McGarigal, *et al.*, 2002). Además de estas métricas, se calculará un índice de conectividad equivalente (Saura y Torné, 2009), mediante el software CONEFOR, que permite tener una cuantificación integral del estado de fragmentación del ecosistema, el cual puede ser comparado por ecosistema para los dos periodos de cambio reciente (1995 a 2016). Para el cálculo del índice de estado de fragmentación por ecosistema, se debe establecer un umbral de distancia para establecer un flujo de movimiento entre los fragmentos. En este caso se estableció un umbral de 1 kilómetro en las cuencas de la región de Magallanes.

Un punto relevante por señalar en la comparación de las coberturas de uso de suelo del Catastro de CONAF, para los periodos de 1995 y 2016, es que existe diferencias metodológicas relevantes. Esta se refiere a la unidad mínima de análisis, en el caso de la versión original de 1995 (CONAF 1999) donde la unidad mínima de análisis corresponde a un polígono de 6,25 hectáreas, y en la versión actualizada (CONAF, 2017), la unidad mínima es de 0,27 hectáreas. Por ello, los resultados de la comparación deben ser observados con cuidado, ya que en algunos casos es posible que las diferencias entre las distintas coberturas en los dos periodos de análisis se asocian más a una diferencia metodológica que a una variación real de la cobertura. En el caso de la región de Magallanes, al presentarse los cambios de uso de suelo en zonas muy específicas de la región, se espera que estas diferencias metodológicas sean menos relevantes que en las regiones ubicadas en la zona central de Chile, donde las dinámicas de cambio de uso de suelo son mucho mayores.

Finalmente, es relevante señalar que existen procesos de degradación de los ecosistemas naturales que no están relacionados solamente a la fragmentación y a la pérdida de hábitat. En específico el caso de las Estepas y Pastizales es muy relevante en la región de Magallanes y requiere un análisis específico, el que fue incorporado al analizar la erosión actual en la región, que puede

generar procesos de perturbación que no quedan relevados en el análisis del cambio de uso de suelo.

2.2.-Análisis de cambio de uso de suelo

Utilizando las dos fechas del Catastro de los recursos vegetacionales nativos de CONAF (1995 y 2019), se realizó un análisis de cambios para las tres coberturas de uso de suelo de origen antrópico: Agricultura, Plantaciones Forestales y Urbano/Industrial. Para cada una de estas coberturas, se calculó el área de **estabilidad**: mantención de la cobertura en los dos periodos de tiempo; la **expansión**: presencia de la cobertura solamente en la fecha más reciente (año 2016), y **cambio**: reemplazo de la cobertura que estaba en el primer periodo (año 1995) por otro tipo de cobertura en el segundo periodo (año 2019). Se realizaron los cálculos a nivel comunal para las dos cuencas de estudio, calculando la superficie en hectáreas por comuna para la estabilidad, expansión y cambio. Además, se realizó el cálculo porcentual, respecto al área total de la comuna dentro de la cuenca.

2.3.-Análisis de vegetación ripariana

Además del análisis por ecosistemas, se realizó un análisis específico para la vegetación boscosa ripariana (presente en los bordes de los ríos). Para la definición de la vegetación boscosa ripariana, se definió un área buffer de 200 metros para todos los tipos de drenes que cumplan las características de río o estero. Para esto se utilizó la cobertura de red hidrográfica de Chile, disponible en la mapoteca online del Congreso Nacional (https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales). La distancia de 200 metros de buffer para la definición de la vegetación boscosa ripariana se definió a partir de la ley 20.283 del año 2008, sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal (Romero *et al.*, 2014), la que define esta distancia para la protección de superficies boscosas sobre los 45% de pendiente. Se analizaron todas las superficies boscosas dentro de esta área buffer, independiente del grado de pendiente.

2.4. Definición de áreas de valor ecológico

A partir de los resultados de pérdida y fragmentación en las cuencas analizadas, así como de los ecosistemas específicos (vegetación boscosa ripariana y bosques en cabeceras de cuencas), se identificaron las áreas de mayor valor ecológico, señalizando territorialmente las zonas recomendadas para conservación, rehabilitación y/o restauración ecosistémica, para avanzar en la adaptación del Cambio Climático y la restauración del ciclo hidrológico. Para ello, se combinaron cinco criterios que den cuenta del valor de la diversidad biológica en las cuencas de estudios, a nivel de ecosistemas (riesgo, protección, diversidad) y de especies (riqueza de flora y fauna). Estos criterios se complementaron con la presencia de los ecosistemas específicos analizados. A continuación, se detallan cada uno de los criterios utilizados en la definición de las áreas de valor ecológico.



1. Riesgo por ecosistema

La categorización de riesgo de ecosistemas amenazados definidos en la Lista Roja de Ecosistemas de Chile (Pliscoff *et al.*, 2015), que se encuentra a nivel de pisos de vegetación (unidad inferior luego de la formación de vegetación en la jerarquía de la clasificación de Luebert & Pliscoff, 2017). La metodología de la Lista Roja de Ecosistemas utiliza criterios de pérdida de ecosistemas, tamaño y perturbación biótica o abiótica de los ecosistemas.

2. Protección

Se categorizaron los pisos de vegetación presentes en cada cuenca, a partir del análisis de representatividad ecosistémica (Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011) más actualizado para Chile (Luebert & Pliscoff, 2017).

3. Diversidad de ecosistemas azonales

A partir de la propuesta de clasificación de pisos de vegetación de Chile, se realizó un conteo de los ecosistemas azonales (ecosistemas que están definidos por elementos distintos al clima zonal, ej. suelos, relieve) presentes en cada piso de vegetación.

4. Diversidad de flora

Número total de especies de flora colectadas dentro de un piso de vegetación, a partir de la base de datos del sistema global de información de biodiversidad, GBIF (www.gbif.org).

5. Diversidad de fauna

Número total de especies de fauna colectadas dentro de un piso de vegetación, a partir de la base de datos del sistema global de información de biodiversidad, GBIF (www.gbif.org).

6. Erosión actual

Nivel de erosión actual del suelo, a partir de los resultados de CIREN, IREN & FIA (2021).

Estos seis elementos se estandarizaron y clasificación en 4 categorías (1=bajo, 2=medio, 3=alto y 4=muy alto) (Figura 5 y 6). El valor ecológico final por cuenca se obtuvo sumando estos seis criterios más la distribución de vegetación ripariana y de humedales. A estos últimos dos elementos se les asignó el valor más alto (4) para la suma final.

3. RESULTADOS

3.1.-Ecosistemas de la región de Magallanes

En la región de Magallanes se identifican seis tipos de ecosistemas, siendo el Bosque Siempreverde el tipo de ecosistema con mayor superficie en la región. Este se distribuye principalmente en la zona costera de archipiélagos, junto a las Turberas, que es el segundo ecosistema con mayor cobertura. Estos dos ecosistemas se presentan en forma concatenada en la zona costera y están presentes en toda la región, incluyendo el sector sur de Tierra del Fuego. El tercer ecosistema más dominante son las Estepas y Pastizales, que corresponde a la vegetación característica del sector oriental de la región, siendo dominante hacia la frontera con Argentina y en amplios sectores de Tierra del Fuego. Además, se presentan otros tipos de ecosistemas con menor cobertura, como el Bosque Caducifolio que se distribuye en las zonas interiores y el Matorral Caducifolio, asociado a condiciones ambientales más extremas en los bordes de los

cuerpos de hielo y glaciares. Finalmente, en las zonas de mayor altitud, el ecosistema de Herbazal de Altitud señala el límite de la vegetación en la región.

3.1.1.-Cambios por ecosistema

Los resultados del cambio por ecosistema para los dos periodos analizados (periodo histórico 1995-periodo más reciente 2019), son presentados en la Tabla 1 y 2. Se puede observar que las mayores pérdidas históricas se presentan en los ecosistemas de Estepas y Pastizales, con más de 20 mil hectáreas reemplazadas por usos de suelo antrópicos. Estos cambios se identifican principalmente en la comuna de Punta Arenas y Puerto Natales (Figura 3). Luego, el ecosistema de tiempo de 24 años, para analizar la pérdida y fragmentación de las cuencas en estudio (Figura 2). Para el caso de la fragmentación, a partir de los resultados de la pérdida de hábitat, se caracteriza cada ecosistema en el periodo de pérdida reciente con un conjunto de métricas de paisaje.

Tabla 1. Pérdida histórica por ecosistema en la región de Magallanes.

	Superficie Formación (Hectáreas)			
	Histórico	2019	Diferencia	% Pérdida
Estepas y Pastizales	2063308	2042371	-20937	1.01
Bosque Caducifolio	1057152	1056905	-247	0.02
Matorral Caducifolio	714247	708379	-5868	0.85
Bosque Siempreverde	3112551	3110635	-1886	0.06

Al observar la pérdida reciente, se mantiene el mayor cambio en los ecosistemas de Estepas y Pastizales, seguido por el Matorral Caducifolio, concentrándose en las comunas de Punta Arenas y Puerto Natales.

Tabla 2. Pérdida reciente por ecosistema en la región de Magallanes

	Superficie Formación (Hectáreas)			
	1995	2016	Diferencia	% Pérdida
Estepas y Pastizales	2061553	2042371	19182	1,01
Bosque Caducifolio	1057152	1056905	247	0,02
Matorral Caducifolio	714012	708379	5633	0,82
Bosque Siempreverde	3112551	3110635	1886	0,06

1995

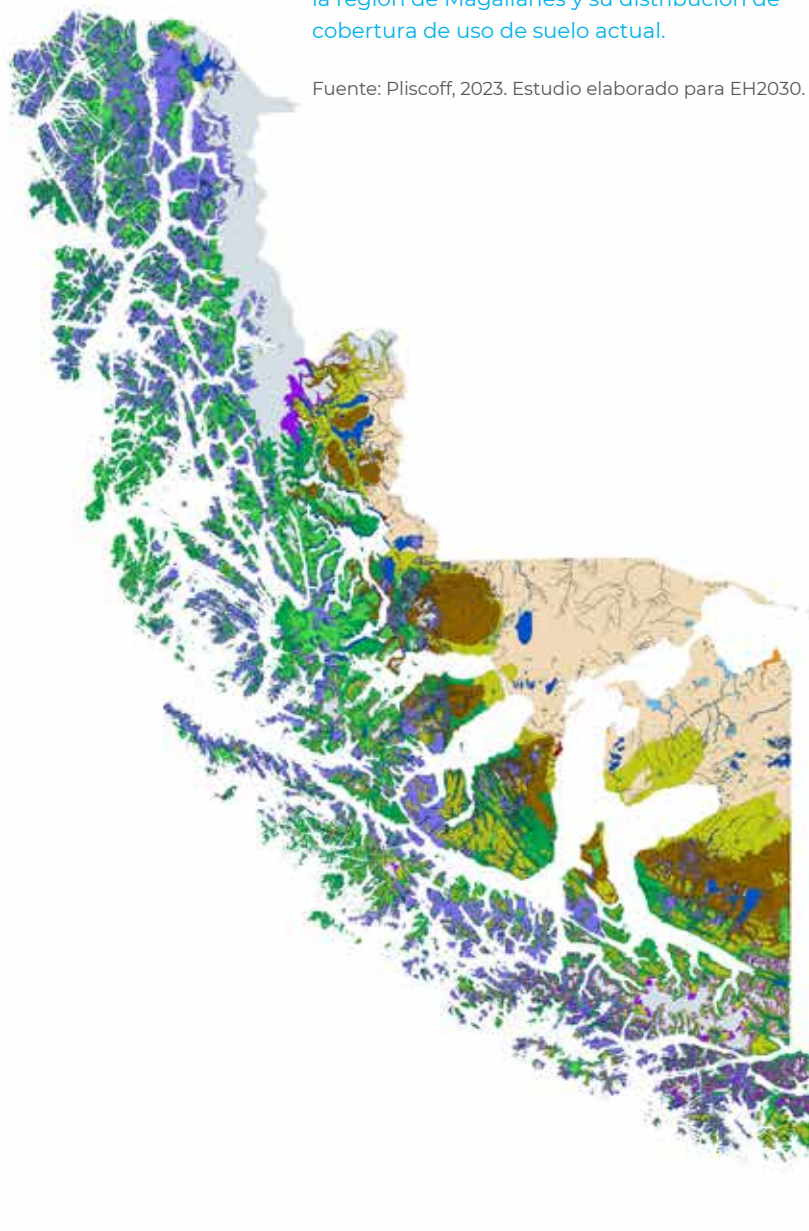
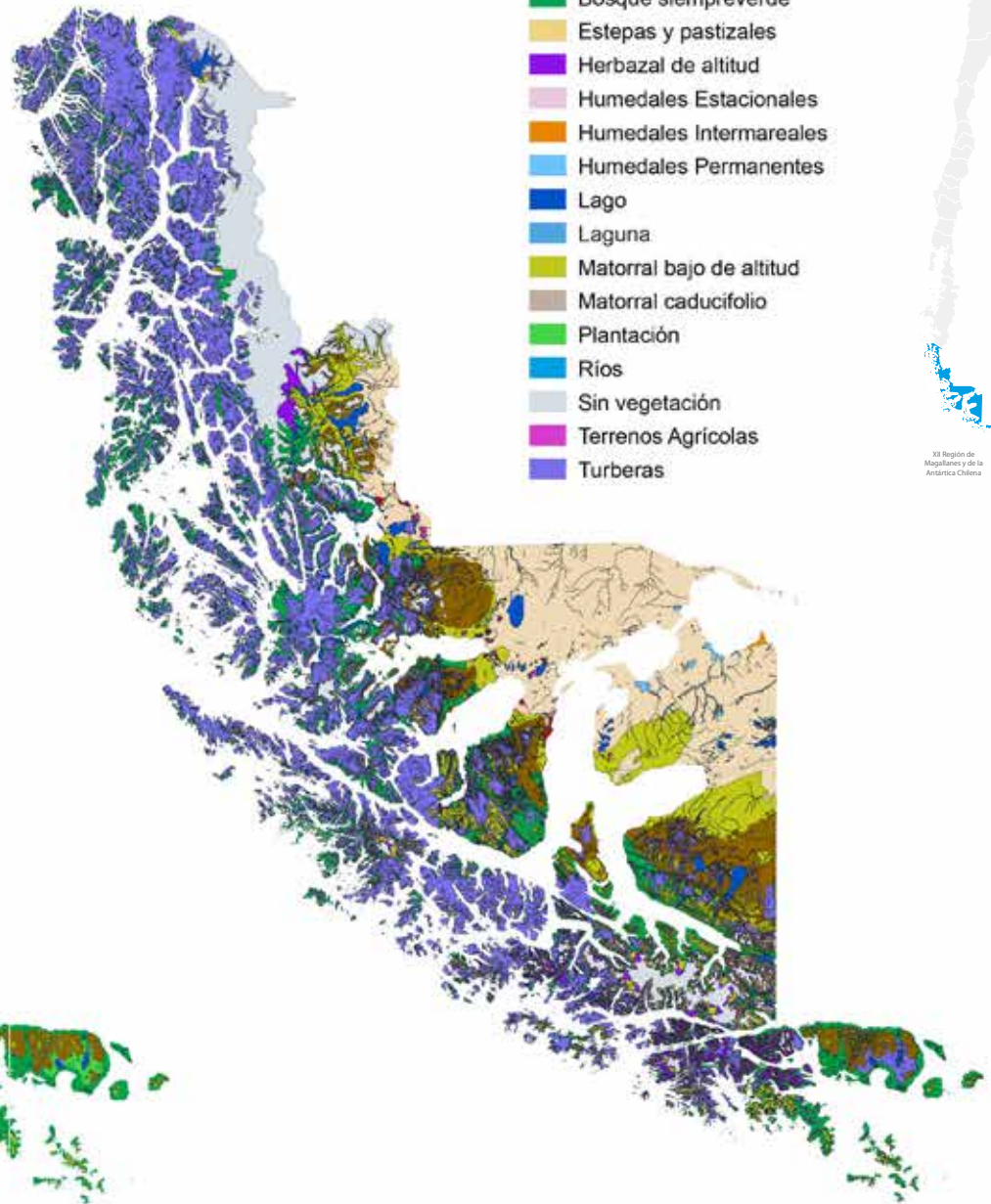


Figura 2.

Comparación entre la distribución histórica potencial de los ecosistemas presentes en la región de Magallanes y su distribución de cobertura de uso de suelo actual.

Fuente: Pliscoff, 2023. Estudio elaborado para EH2030.

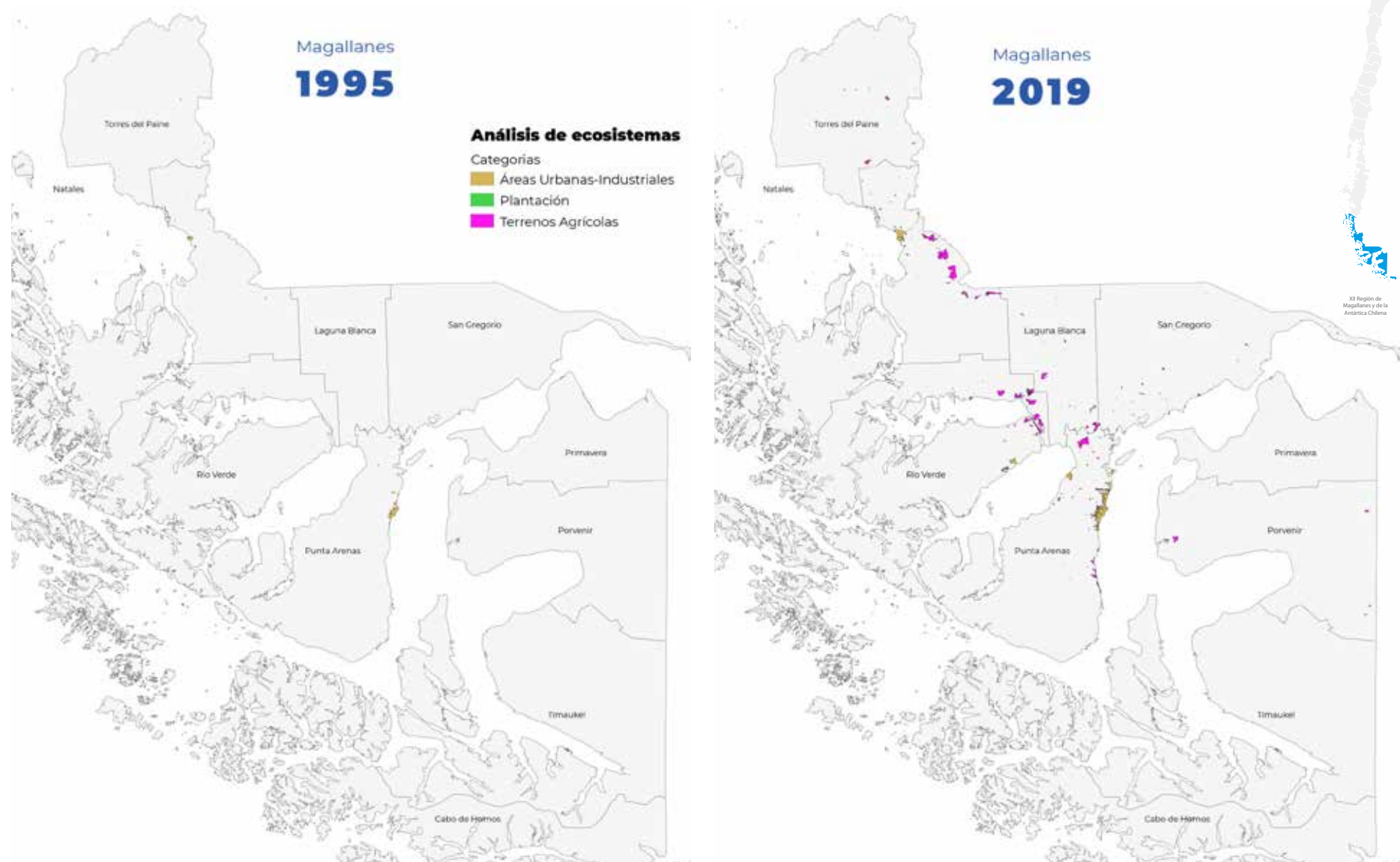
2019



- Áreas Urbanas-Industriales
- Bosque caducifolio
- Bosque siempreverde
- Estepas y pastizales
- Herbazal de altitud
- Humedales Estacionales
- Humedales Intermareales
- Humedales Permanentes
- Lago
- Laguna
- Matorral bajo de altitud
- Matorral caducifolio
- Plantación
- Ríos
- Sin vegetación
- Terrenos Agrícolas
- Turberas



Figura 3. Zona de la región de Magallanes que presenta los cambios de uso de suelo en el periodo analizado.



3.1.2.-Cambios de uso de suelo

Los resultados del análisis de uso de suelo para las tres categorías analizadas (Agricultura, Plantaciones forestales y Urbano/Industrial) son presentados para las cuencas de Magallanes (Figura 3; Tablas 3,4,5 y 6). Los resultados dan cuenta de la escasa distribución de las coberturas de uso de suelo de origen antrópico, concentrándose en tres comunas (Puerto Natales, Punta Arenas, Porvenir).

El uso de suelo agrícola es el que más se expande en el último periodo de análisis, principalmente en la comuna de Puerto Natales (Tabla 6), luego la cobertura de uso de suelo urbano/industrial es el que tiene mayor superficie, la que se concentra en más de un 60% en la comuna de Punta Arenas debido a la mancha urbana de la capital regional y a la expansión de las zonas industriales (Tabla 4).

Tabla 3. Cambios de uso de suelo en las cuencas de Magallanes para los dos periodos de tiempo analizados (1995-2019). Las superficies están calculadas en hectáreas. La superficie estable corresponde al área que se ha mantenido en el periodo, la expansión indica áreas donde se ha extendido el uso y el cambio corresponde a la pérdida por otro tipo de cobertura de suelo.

Nombre	Total Región	Superficie			Porcentaje		
		estable	expansión	cambio	estable	expansión	cambio
Urbano/Industrial	11538	2348	8287	442	20,35	71,82	3,83
Forestal	272	2	261	8	0,74	95,96	2,94
Agrícola	20168	20	19882	46	0,10	98,58	0,23

Tabla 4. Cambios de uso de suelo urbano e industrial en las cuencas de Magallanes para los dos periodos de tiempo analizados (1995-2019). Las superficies están calculadas en hectáreas y se muestran solo las comunas donde se han identificado procesos de cambio. La superficie estable corresponde al área urbana que se ha mantenido en el periodo, la expansión indica áreas donde se ha extendido el uso urbano y el cambio corresponde a la pérdida del uso de suelo urbano por otro tipo de cobertura de suelo.

Nombre	Total	Superficie			Porcentaje		
		estable	expansión	cambio	estable	expansión	cambio
Cabo de Hornos	11538	0	2	0	0,00	0,01	0,00
Laguna Blanca	11538	0	43	0	0,00	0,37	0,00
Puerto Natales	11538	303	2360	19	2,63	20,46	0,16
Porvenir	11538	99	167	0	0,86	1,45	0,00
Punta Arenas	11538	1946	7111	16	16,87	61,64	0,14
Rio Verde	11538	0	641	0	0,00	5,56	0,00
San Gregorio	11538	0	246	0	0,00	2,13	0,00
Timaukel	11538	0	2	0	0,00	0,02	0,00
Torres del Paine	11538	0	63	0	0,00	0,54	0,00

En el caso de las plantaciones estas, se concentran en la comuna de Río Verde y en Puerto Natales, con superficies aún mínimas en comparación a la zona centro sur de Chile o incluso a la región de Aysén, que en los últimos años presenta una expansión de la industria forestal.

Tabla 5. Cambios de uso de suelo forestal (Plantaciones) en las cuencas de Magallanes para los dos periodos de tiempo analizados (1995-2019). Las superficies están calculadas en hectáreas y se muestran solo las comunas donde se han identificado procesos de cambio. La superficie estable corresponde al área agrícola que se ha mantenido en el periodo, la expansión indica áreas donde se ha extendido el uso agrícola y el cambio corresponde a la pérdida del uso de suelo agrícola por otro tipo de cobertura de suelo.

Nombre		Superficie			Porcentaje		
Comuna	Total	estable	expansión	cambio	estable	expansión	cambio
Laguna Blanca	272	0	5	0	0,00	1,72	0,00
Punta Arenas	272	0	22	0	0,00	7,97	0,00
Río Verde	272	0	176	0	0,00	64,68	0,00
Puerto Natales	272	2	62	8	0,74	22,74	2,94

Las superficies agrícolas en la región han tenido una gran expansión en el último periodo de análisis, ya que en el primer periodo solo estaban identificadas en una comuna (Puerto Natales). Ahora están presentes en prácticamente todas las comunas de la región, concentrándose en Puerto Natales, Río Verde y Punta Arenas.

Tabla 6. Cambios de uso de suelo agrícola en las cuencas de Magallanes para los dos periodos de tiempo analizados (1995-2019). Las superficies están calculadas en hectáreas y se muestran solo las comunas donde se han identificado procesos de cambio. La superficie estable corresponde al área forestal que se ha mantenido en el periodo, la expansión indica áreas donde se ha extendido el uso forestal y el cambio corresponde a la pérdida del uso de suelo forestal por otro tipo de cobertura de suelo.

Nombre		Superficie			Porcentaje		
Comuna	Total	estable	expansión	cambio	estable	expansión	cambio
Laguna Blanca	20168	0	1696	0	0,00	8,41	0,00
Puerto Natales	20168	20	7183	0	0,10	35,62	0,00
Porvenir	20168	0	776	0	0,00	3,85	0,00
Primavera	20168	0	5	0	0,00	0,03	0,00
Punta Arenas	20168	0	3526	0	0,00	17,48	0,00
Río Verde	20168	0	5932	0	0,00	29,42	0,00
San Gregorio	20168	0	540	0	0,00	2,68	0,00
Torres del Paine	20168	0	284	0	0,00	1,41	0,00

3.1.3.-Fragmentación por ecosistema

A continuación, se presentan un conjunto de métricas de paisaje, que permite caracterizar el proceso de fragmentación de los ecosistemas. En la Tabla 7 se presentan las que describen el tamaño y número de fragmentos de superficie con vegetación natural en los dos periodos de análisis reciente. En general se observa que para todos los

ecosistemas que han experimentado cambios en la cobertura de uso de suelo, aumenta el número de fragmentos. Es un aumento relativamente pequeño en términos de superficie lo que queda relevado por la casi mínima disminución del tamaño promedio y de la desviación estándar del tamaño promedio de los fragmentos.

Tabla 7. Métricas de paisaje, tamaño, número y desviación de fragmentos en las cuencas costeras Mataquito-Maule.

	Tamaño promedio		Número de		Desviación estándar	
	de fragmento		fragmentos		tamaño fragmento	
	1995	2019	1995	2019	1995	2019
Bosque Caducifolio	447	445	1996	2005	4363	4352
Bosque Siempreverde	124	123	15882	15901	1087	1086
Estepas y Pastizales	2624	2141	758	920	39113	35195
Matorral Caducifolio	1110	984	600	671	9068	8562

El borde corresponde al perímetro lineal que rodea los fragmentos: es un elemento muy relevante en términos de fragmentación, ya que los bordes de los fragmentos pueden transformarse en barreras para el movimiento y flujo de especies e individuos. En el caso de la región de Magallanes, todas las métricas dan cuenta de un aumento del área de bordes, asociado a la mayor fragmentación que se mencionó anteriormente. Este aumento es menor en todos los ecosistemas; solamente en los de Estepas y Pastizales y Matorral Caducifolio, hay un mayor aumento de los bordes totales, de la densidad y disminución del promedio por fragmento.

Tabla 8. Métricas de paisaje relacionadas al borde de los fragmentos en las cuencas costeras Mataquito-Maule.

	Bordes		Densidad		Promedio de borde	
	totales		de bordes		por fragmento	
	1995	2019	1995	2019	1995	2019
Bosque Caducifolio	18541769	18584574	3.35	3.38	9289	9269
Bosque Siempreverde	74492405	74622955	13.48	13.57	4690	4692
Estepas y Pastizales	10000707	10878960	1.81	1.97	13193	11824
Matorral Caducifolio	7889434	8257459	1.42	1.50	13149	12306

Al igual que el tamaño y la disposición espacial de los fragmentos (Figura 1), la forma de los fragmentos es un indicador también de fragmentación, ya que dan cuenta de procesos similares de fragmentación. Todos los ecosistemas presentan una estabilidad en los dos periodos de tiempo con excepción de las Estepas y Pastizales y en menor medida el Matorral Caducifolio. Esto apoya que estos dos ecosistemas son los que más están presentando procesos de fragmentación del hábitat.

Tabla 9. Métricas de paisaje relacionadas a la forma de los fragmentos en las cuencas costeras Mataquito-Maule.

	índice promedio		Relación promedio	
	de forma		perímetro-área	
	1995	2019	1995	2019
Bosque Caducifolio	4.71	4.70	137758	137173
Bosque Siempreverde	2.07	2.07	13641	13981
Estepas y Pastizales	11.37	9.77	472666	391471
Matorral Caducifolio	5.51	5.14	196244	176667

Finalmente, para evaluar la conectividad en cada ecosistema, se analizan los resultados del software CONEFOR para cada ecosistema en los dos periodos de tiempo. En la tabla 10 se presentan los resultados para las cuencas de Magallanes, donde se observa un cambio mínimo en el número de conexiones y componentes, así como también en la conectividad equivalente. Este índice de conectividad es más sensible en zonas que presentan una gran dinámica de cambio de uso de suelo, como los que se encuentran en la zona centro y centro sur de Chile. En la región de Magallanes, los ecosistemas tienen dos problemas respecto a este índice: la gran superficie y que, por la distribución de algunos en zonas de archipiélagos e islas, se produce una disminución en la conectividad natural, por lo que se presentan los resultados en los dos ecosistemas que muestran mayor fragmentación y pérdida de hábitat y que están en zonas preferentemente continentales.

Tabla 10. Métricas de conectividad en las cuencas costeras Mataquito-Maule.

Categoría	Número de conexiones		Número de componentes		Conectividad equivalente	
	1995	2016	1995	2016	1995	2016
Estepas y Pastizales	432	450	314	381	0,73	0,68
Matorral Caducifolio	378	390	274	314	0,51	0,46

3.3.-Análisis vegetación ripariana

Los resultados del análisis de la vegetación ripariana son presentados en las tablas 11 y 12 para los ecosistemas de la región de Magallanes. En la figura 4, se presenta la distribución espacial de la vegetación boscosa ripariana para el periodo de tiempo de análisis más reciente (2019), a partir del buffer de 200 metros definido en los ríos y esteros presentes en las comunas con mayor cambio de uso de suelo: Puerto Natales, Río Verde, Laguna Blanca y Punta Arenas. Los resultados indican una disminución mínima de superficie de la vegetación

ripariana dentro de ecosistemas boscosos en ambas cuencas. En la tabla 11, se presenta el análisis para los ecosistemas con mayor cambio de uso de suelo, donde se puede observar que un total de 556 han sido reemplazadas en los últimos 24 años. Esto corresponde a un cambio pequeño en superficie, especialmente para los ecosistemas dominados por Bosques y Matorral; solamente en los ecosistemas de Estepas y Pastizales registra 456 hectáreas de vegetación ripariana, lo que ha ocurrido preferentemente en la comuna de Punta Arenas, con la expansión urbana y agrícola.

Tabla 11. Superficie (hectáreas) de vegetación ripariana por ecosistema, en las comunas con mayor cambio de uso de suelo en la región de Magallanes.

Categoría	1995	2016	Diferencia
Bosque siempreverde	12138	12100	38
Bosque caducifolio	15132	15120	12
Matorral caducifolio	20544	20494	50
Estepas y pastizales	47203	46747	456

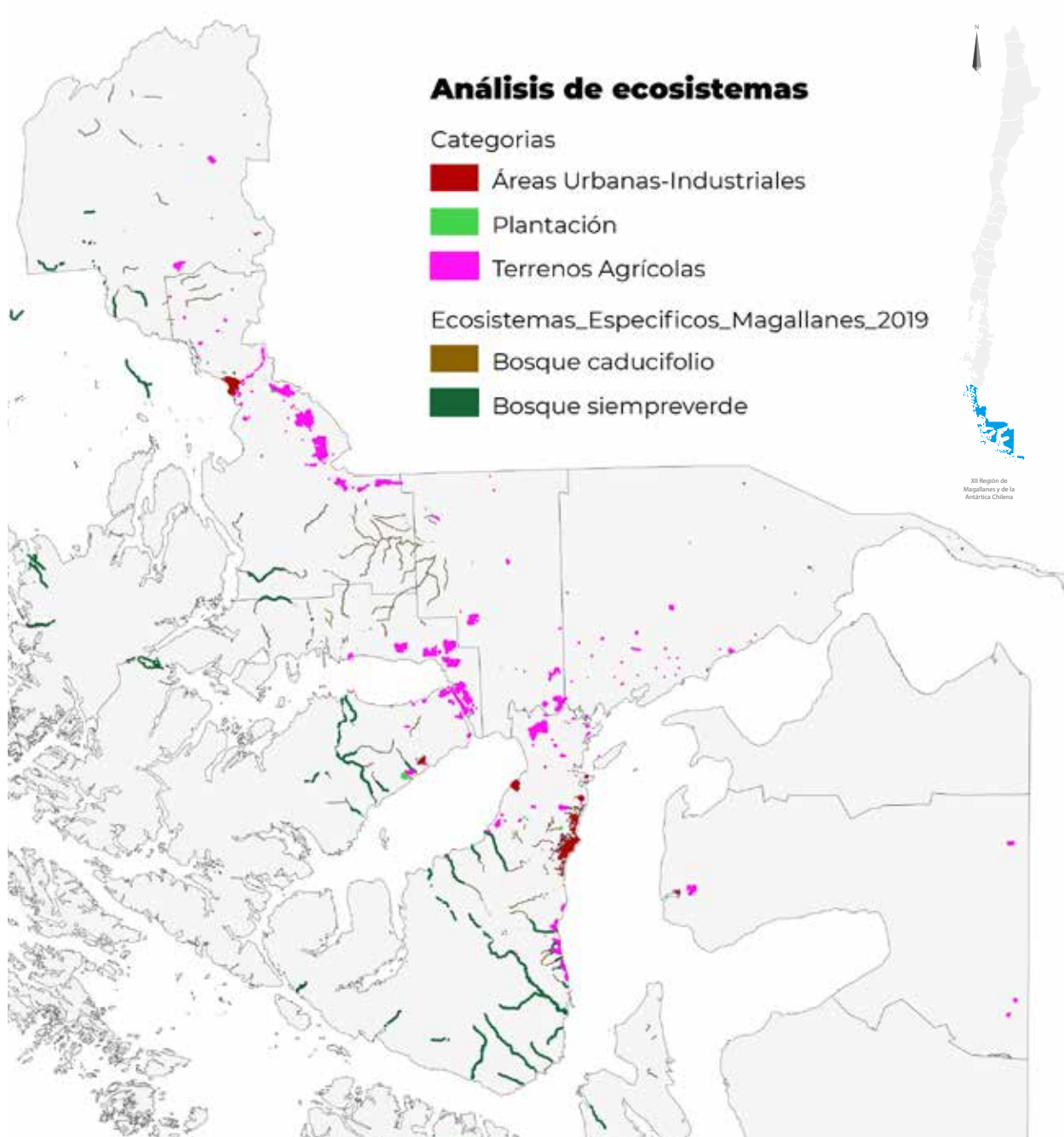
Tabla 12. Superficie (hectáreas) de vegetación ripariana por cobertura de uso de suelo, en las comunas con mayor cambio de uso de suelo en la región de Magallanes.

Categoría	1995	2016	Diferencia
Áreas urbanas-industriales	191	395	-204
Plantación	0	6	-6
Terrenos agrícolas	0	356	-356

Tabla 13. Categorías de valor ecológico y superficie (hectáreas), en las comunas de la región de Magallanes.

Valor ecológico región de Magallanes										
Comuna	Superficie (hectáreas)					Porcentaje				
	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Cabo de Hornos	122510	566015	157727	377076	1230	10,00	46,22	12,88	30,79	0,10
Laguna Blanca	0	0	35645	161952	129133	0,00	0,00	12,25	55,64	44,36
Natales	887134	717413	1286025	1273485	686643	18,29	14,79	26,51	26,25	14,16
Porvenir	0	0	24908	540218	171073	0,00	0,00	3,50	75,95	24,05
Primavera	0	0	38180	224648	94839	0,00	0,00	11,95	70,32	29,68
Punta Arenas	21645	654077	418134	458086	42739	1,36	41,02	26,22	28,73	2,68
San Gregorio	0	0	396331	57990	198855	0,00	0,00	60,68	8,88	30,44
Rio Verde	59748	92309	559846	126329	43034	6,78	10,47	63,53	14,33	4,88
Timaukel	101835	332005	478844	100363	31065	9,75	31,80	45,86	9,61	2,98
Torres del Paine	109509	36860	28250	131601	48307	30,89	10,40	7,97	37,12	13,63

Figura 4. Ecosistemas boscosos con vegetación ripariana en las comunas con mayor cambio de uso de suelo en la región de Magallanes.



Las comunas con mayor cambio de uso de suelo Puerto Natales, Río Verde, Laguna Blanca y Punta Arenas.

3.4.-Áreas de mayor valor ecológico

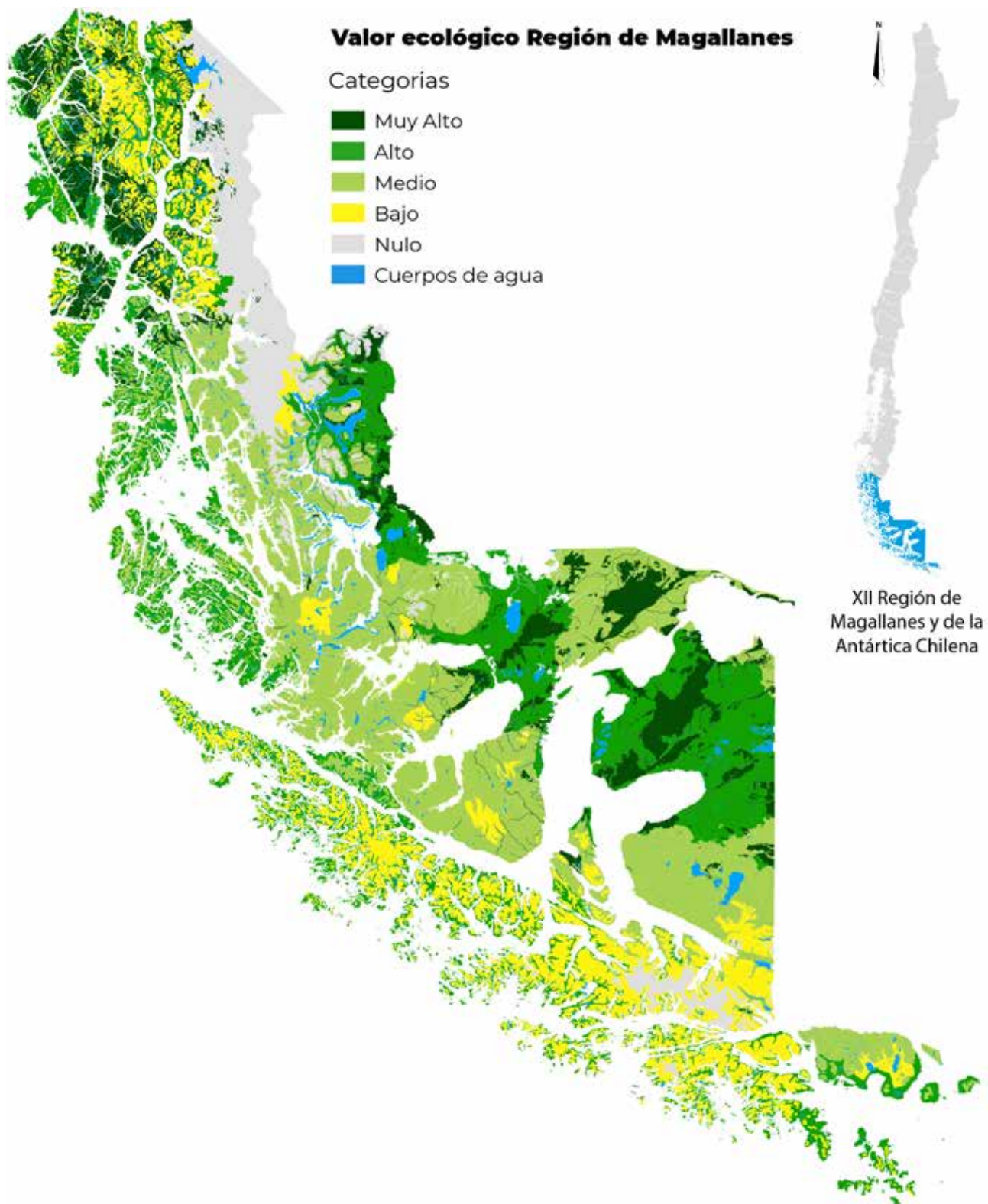
Las áreas de mayor valor ecológico identificadas se presentan en la figura 5 para la región de Magallanes. Las zonas con más importancia (Muy Alto) según la valoración de los criterios definidos, se distribuyen asociadas al Ecosistema de Estepas y Pastizales, Matorral Caducifolio, zonas de vegetación ripariana y humedales, además de una zona de Turberas y Bosques Siempreverdes en la zona norte de archipiélagos de la región. Estos se concentran principalmente en las comunas de Puerto Natales, Río Verde, Laguna Blanca, San Gregorio, Primavera y Porvenir, estas últimas en Tierra del Fuego.

Las zonas con valor alto se distribuyen en forma concatenada a las áreas de valor muy alto, especialmente dentro del ecosistema de Estepas y Pastizales, de Matorral Caducifolio y de Turberas. Las áreas de valor ecológico medio y bajo se distribuyen preferentemente asociados a ecosistemas boscosos y de turberas que tienen una amplia superficie y que han tenido menos perturbación por la acción humana. Las zonas geográficas que involucran estos valores se presentan en la zona costera de archipiélagos e islas en el sector sur de la región, asociados a las comunas de Punta Arenas, Cabo de Hornos y Timaukel, en el sur de Tierra del Fuego.



Foto: Valentina Cárdenas Venegoni /

Figura 5. Categorización del valor ecológico en la región de Magallanes. Zonas con muy alto valor se presentan en color rojo oscuro, alto valor color rojo, valor medio naranja, valor bajo amarillo.



4. IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS DE INFORMACIÓN

La principal brecha de información asociada al enfoque metodológico utilizado se relaciona a las diferencias en la fuente de información de cobertura de uso de suelo de los dos periodos de análisis definidos 1995-2019: el catastro de los recursos vegetacionales nativos de CONAF. Aunque ambas versiones están desarrolladas con una misma metodología de levantamiento de datos de vegetación (Carta de ocupación de tierras), para el primer periodo se utilizó la versión del Catastro CONAF presentada el año 1997, pero con información levantada para esta zona de estudio en el año 1995. En su primera versión el catastro definió un polígono mínimo de análisis de 6,25 hectáreas para segmentar el territorio y definir las distintas coberturas de uso de suelo en el país. En el caso del segundo periodo (2019), la inclusión de nuevas herramientas geoespaciales para segmentar el territorio (Imágenes satelitales), permitió generar un polígono mínimo de 0,27 hectáreas. Por lo tanto, la segmentación de las distintas coberturas de suelo es mucho más precisa y detallada en la última actualización disponible. Se debe tener en cuenta este elemento al momento de analizar las comparaciones para una correcta interpretación de los resultados expuestos.

En el caso de la región de Magallanes, además hay que agregar que este análisis se refiere solo a coberturas de uso de suelo que tienen una expresión espacial directa de impacto sobre los ecosistemas. Tanto el reemplazo por zonas urbanas e industriales, plantaciones forestales y terrenos agrícolas corresponden al reemplazo completo de la vegetación natural. Existen otros tipos de perturbaciones que no significan el completo reemplazo de la cobertura que no está siendo considerado en la comparación temporal del Catastro CONAF. Es por esto por lo que se decidió incorporar la erosión actual como un criterio de definición de valor ecológico, ya que esta principalmente ocurre con mayor severidad sobre ecosistemas de Estepas y Pastizales, que están sometidos a una fuerte presión productiva, históricamente relacionada a la ganadería y actualmente por la expansión de la industria energética, ejemplificado en el actual boom del hidrógeno verde (Norambuena et al. 2022). Estos ecosistemas son además hábitat y zona de desplazamiento de un gran número de aves: se estima una diversidad de 242 especies (eBird 2022), una de las mayores del país. Las falencias anteriormente señaladas ya han sido identificadas y descritas por Inostroza (2015,2016), señalando que el impacto humano en la región de Magallanes es mucho mayor que el que se identifica de los catastros de uso de suelo disponibles. Dando cuenta de un impacto producido, por actividades económicas relevantes en la región, como la minería, acuicultura y turismo, que no es identificado en forma espacialmente explícita.

5.-CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten caracterizar los cambios temporales en los últimos 24 años en la región de Magallanes. Estas modificaciones permiten caracterizar, a partir de los patrones de pérdida y fragmentación, los ecosistemas que han sido más impactados por el cambio de uso de suelo. Aunque en la región, por su gran extensión

de superficie, los cambios de uso de suelo no son relevantes en términos proporcionales. Si se concentran en zonas específicas de la región, asociados a Ecosistemas que están sufriendo distintos tipos de perturbaciones, entre ellas el cambio de uso de suelo, por lo que es de gran relevancia identificarlas y caracterizar el impacto a nivel regional y comunal.



Foto: Valentina Cárdenas Venegoni / Laguna Blanca y sedimentos

6. BIBLIOGRAFÍA

- Bland, L.M., Keith, D.A., Miller, R.M., Murray, N.J. and Rodríguez, J.P. (eds.) (2016). Directrices para la aplicación de las Categorías y Criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de UICN, Versión 1.0. Gland, Suiza. 96 pp.
- CIREN, IREN & FIA. (2021). Zonificación de la aptitud productiva de las principales áreas agropecuarias en la región de Magallanes y antártida chilena en el contexto de escenarios de cambio climático.
- CONAF, & CONAMA-BIRF. (1995). Manual de Terreno. Proyecto Catastro Y Evaluación de Los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (Santiago).
- CONAF, CONAMA, & BIRF. (1999). Catastro Y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.
- CONAF (2017). Monitoreo de Cambio de uso de tierra 2013-2016, regiones V. RM, VI, VII.
- eBird. 2022. eBird: An online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Available: <http://www.ebird.org>.
- ESRI. (2018). ArcGIS desktop: Version 10.8 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Inostroza, L., Zasada, I., & König, H. J. (2016). Last of the wild revisited: assessing spatial patterns of human impact on landscapes in Southern Patagonia, Chile. *Regional Environmental Change*, 16(7), 2071–2085.
- Inostroza, L. (2015). El mito de pristinidad y los usos efectivos del territorio de la región de Magallanes, Patagonia Chilena: Forestal, minería y acuicultura. *Estudios Geograficos*, 76(278), 141–175.
- Luebert, F. & Pliscoff, P. (2017). Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Segunda Edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C. & Ene, E. (2002). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Norambuena, H. V., Labra, F. A., Matus, R., Gómez, H., Luna-Quevedo, D., & Espoz, C. (2022). Green energy threatens Chile's Magallanes Region. *Science*, 376(6591), 361-362.
- Pliscoff, P. (2015). Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- Pliscoff, P., & T., Fuentes-castillo. (2011). Representativeness of terrestrial ecosystems in Chile's protected area system. *Environmental Conservation*, 38, 303–311.
- Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A., & Naulin, P. I. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque*, 3-12.
- Saura, S., & Torné, J. (2009). Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling & Software*, 24, 135–139.

8.-ANEXO

Información espacial entregada en formato shapefile de ESRI. Todas las coberturas corresponden a formato vectorial y se encuentran en el sistema de coordenadas WGS84 UTM19S.

Categorías_Magallanes_1995.shp: Clasificación de ecosistemas junto a la cobertura de uso de suelo para la región de Magallanes, primer periodo de análisis, año 1995.

Categorías_Magallanes_2019.shp: Clasificación de ecosistemas junto a la cobertura de uso de suelo para la región de Magallanes, primer periodo de análisis, año 2019.

Ecosistemas_especificos_Magallanes_1995.shp: Distribución de los ecosistemas específicos analizados (vegetación ripariana) para la región de Magallanes, primer periodo de análisis, año 1995.

Ecosistemas_especificos_Magallanes_2019.shp: Distribución de los ecosistemas específicos analizados (vegetación ripariana) para la región de Magallanes, primer periodo de análisis, año 2019.

Valor_Ecologico_Magallanes.shp: Clasificación final con la categorización de valor ecológico para los ecosistemas identificados en la región de Magallanes.





ESCENARIOS
HÍDRICOS
2030
CHILE

