



Diseño, formas y modelos de las áreas destinadas a la conservación: su incidencia sobre fragilidad individual y del sistema nacional de áreas protegidas de Argentina

Mariana Lipori¹ y Guillermo Martín²

Resumen

La expansión de la superficie cubierta con áreas protegidas debe estar unida a un mejor ordenamiento de los territorios y de las funciones que ellas cumplen, dentro de la matriz espacial general, para asegurar la protección de la biodiversidad y garantizar el flujo de servicios ambientales que se espera del modelo en el que se avanza. Las 49 unidades del sistema de áreas protegidas nacionales de Argentina -parte y referencia del total protegido del país- se delimitaron conformando polígonos frecuentemente irregulares, cuya forma incide sobre gobernanza e impactos en el territorio. El objetivo de este trabajo es analizar morfométricamente al sistema a través de múltiples índices, como avance para una evaluación más compleja de la inserción de los espacios protegidos dentro de sus socio - ecosistemas. Los polígonos en general distan de ser ideales, sobre todo en las áreas diseñadas y creadas en las últimas décadas. Este estudio es descriptivo, pero ofrece datos y facilita interpretar, junto con otras variables, la inserción, funcionamiento, flujos de intercambio y eficiencia de las áreas protegidas.

Palabras clave: figuras; morfometría; índice de forma; territorio; perímetros

¹ Administración de Parques Nacionales de Argentina; mlipori@apn.gob.ar ; <https://orcid.org/0000-0002-8204-5012>

² Administración de Parques Nacionales de Argentina; gmartinwilly@gmail.com; <https://orcid.org/0000000289631479>

Design, forms and models of the areas destined for conservation: its impact on individual fragility and the National System of Protected Areas of Argentina

Abstract

The expansion of the area covered by protected areas must be linked to a better ordering of the territories and the functions they fulfill, within the general spatial matrix, to ensure the protection of biodiversity and guarantee the flow of environmental services expected from the model in progress. The 49 units of the Argentina system of national protected areas of -as part and reference of the total protected areas of the country- were delimited according to frequently irregular polygons, whose shape affects governance and impacts on the territory. The objective of this work is to morphometrically analyze the system through multiple indices, as an advance for a more complex evaluation of the insertion of protected spaces within their socio-ecosystems. Polygons in general are far from ideal, especially in areas designed and created in recent decades. This study is descriptive, but it offers data and makes it easy to interpret, along with other variables, the insertion, operation, exchange flows and efficiency of protected areas.

Keywords: figures; morphometry; shape index; land; perimeters

Introducción

Pensar en el diseño de un sistema de áreas protegidas (AP) requiere considerar mucho más que la simple agregación sucesiva de unidades de conservación designadas a causa del atractivo que ofrecen especies y paisajes emblemáticos, oportunidades turísticas, económicas o políticas. En ocasiones, sumar AP es una reacción ante demandas locales válidas que aspiran a impedir usos nocivos desenfrenados o a mejorar el vínculo socio ambiental. A causa de esos consensos circunstanciales, se suelen seleccionar y analizar fragmentos remanentes de naturaleza.

En la relativamente corta historia de los sistemas de AP, que no llega a siglo y medio, y que en la mayoría de los países no supera las cinco décadas, buena parte de las iniciativas para conservar territorios se basó en criterios alejados de lo que hoy se consideraría suficiente para un proyecto que dé prioridad a la biodiversidad y a la vez la función social que exigen las

políticas públicas, enfoques que pueden no coincidir, determinantes de paradigmas opuestos (D'Amico, 2015).

En el mundo, los primeros parques nacionales “modernos” fueron creados entre fines del siglo XIX y principios del XX, como por ejemplo Yellowstone (Estados Unidos), Sarek (Suecia) o Nahuel Huapi (Argentina). *Protected Planet* (2021, 19 de octubre), asociación entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), registra hoy 266.561 AP. A partir de las designaciones individuales, se fueron organizando sistemas institucionales destinados a gestionar conjuntos de unidades de conservación.

Para el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) las AP son territorios que se hallan delimitados geográficamente, designados y administrados con la finalidad de alcanzar objetivos específicos de conservación. Y en ese marco, la Meta 11 para la Diversidad Biológica aprobada en Aichi, Japón, obliga a las Partes a que:

Para el 2020, al menos el 17% de las zonas terrestres (...) especialmente las que revisten particular importancia para la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, se habrán conservado por medio de sistemas de áreas protegidas administradas de manera eficaz y equitativa, ecológicamente representativas y bien conectados (...) integradas a los paisajes terrestres y marinos más amplios” (CDB, 19 de octubre de 2021)³.

La evolución continúa y actualmente se pretende consolidar y ampliar los sistemas de AP, diseñándolos bajo el enfoque ecosistémico, distribuyendo redes y corredores, como ordenamiento territorial integrador de los objetivos ambientales y sociales. Los resultados son heterogéneos.

Para Jones et al. (2018), del total de AP designadas en el mundo, un 32.8 % de su superficie terrestre está sometido a intensa presión humana⁴ y un 55 % de las unidades de conservación sólo contiene tierras bajo intensas presiones de uso humano. Establecer nuevas AP supone complejidades asociadas a intereses y visiones contrapuestas.

Las AP, como unidades individuales de conservación, raramente tienen autosuficiencia ecosistémica, siempre son parte de una matriz ambiental de mayor escala donde coexisten con

³ Traducción de los autores

⁴ Basado en un indicador de huella humana que valora cultivos, urbanización, carreteras y otras transformaciones.

otras unidades similares contiguas o disyuntas, insertas en zonas con actividades humanas más intensas. Bajo esta óptica, en cada AP se puede identificar su contenido, dinámica y estado, y analizar los flujos de intercambio con otras AP y con la matriz general del territorio circundante donde las medidas de protección ambiental tienen menor prioridad.

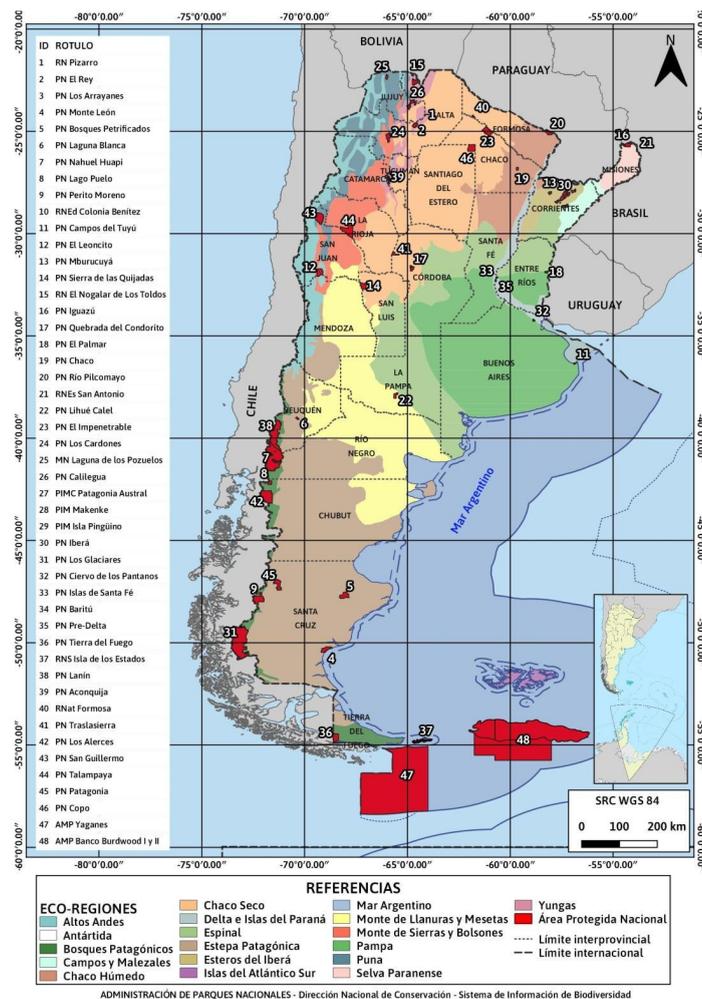
Los flujos son determinantes para sostener la biodiversidad, aunque también pueden impactar negativamente. Para la Plataforma intergubernamental científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) (—los procesos predominantes están llevando a la degradación y pérdida de valores deseables en la naturaleza para la supervivencia de la biodiversidad y la vida de la humanidad (IPBES, 2022, 18 de junio)

En cada AP existe un balance entre entradas y salidas de flujos biológicos y genéticos, con sumas, restas y retroalimentaciones. Las acciones humanas, positivas o negativas, condicionan esa dinámica, interfiriendo de múltiples modos, comprometiendo la persistencia del patrimonio biológico y su producción de bienes y servicios, ya sea por consumir abusivamente recursos, fragmentar ambientes, corromper las vías de circulación natural (aguas, suelos, aire, vegetación, etc.), introducir especies exóticas, aumentar el ruido, etc.

Sobre las AP, sus actores sociales -individuos e instituciones- proyectan visiones y realizan actos en el territorio. Y frecuentemente se comprueba que el valor “sustentabilidad” no está incorporado a las decisiones como se esperaba a partir de la Agenda 21 de Río 1992. O cuando lo está, puede faltar información, o técnicas adecuadas para intervenir o simplemente no asignarse la prioridad que merece. Por eso, gestionar un sistema completo de AP es modelar un conjunto de AP dentro de socio -ecosistemas complejos y dinámicos.

En este trabajo se analiza la situación de las unidades de conservación del sistema nacional de AP de Argentina (SINAP), que gestiona la Administración de Parques Nacionales (APN) bajo jurisdicción de la Ley 22.351. Éste consta hoy de 49 AP, 46 terrestres continentales y 3 marinas (SIB, 19 de octubre de 2021) acumuladas durante 87 años, desde su creación en 1934. Son 17.549.738 ha que representan el 1,54% de la superficie continental y el 6,81 % de la superficie marina del país en su Zona Económica Exclusiva (ZEE), excluyendo Antártida (Figura N° 1).

Figura N° 1. Mapa de ecorregiones y de las AP del sistema nacional de Argentina



Fuente: Sistema de Información de la Biodiversidad (SIB) (2020).

Cada AP del sistema presenta características propias. Su tamaño, perímetro, forma, biodiversidad interna y externa concéntrica, tipo de borde, grado de fragmentación interno y externo, situación social y magnitud de las presiones sobre el patrimonio natural existente y sus servicios ambientales, participan como variables significativas ante las perspectivas de alcanzar metas de conservación.

Sumando los sistemas provinciales, en el país se han declarado 545 AP, con 38.6 millones de ha protegidas terrestres y costero marinas, representando su superficie continental el 13,89% del país, excluyendo Antártida (SIFAP, 19 de octubre de 2021).

Según Secretaría de Ambiente (2019), durante el período 2008-2018⁵ se registró un crecimiento del conjunto de todas las AP del país, pasando de cubrir 7,71% de la superficie terrestre continental en 443 unidades, a 13,02% en 493 unidades.

Entre ellas, las AP nacionales continentales crecieron un 17% en superficie y pasaron de 35 a 46 unidades⁶. Dos causas impulsaron esta expansión: a) mayor interés y consenso social, y b) políticas comprometidas con las metas internacionales de Aichi (CDB) (Figura N° 2)

Figura N° 2. AP existentes al año 2019

Áreas Protegidas	En el país	En APN	Observaciones
Superficie (millones de ha)	50,43	4,29	AP continentales nacionales y provinciales, registradas. Se excluyen sólo las marinas propiamente dichas.
N° de AP	493	46	
Porcentaje del país (%)	13,06	1,52	
+N° AP 2008/18	+50	+13	

Fuente: Secretaría de Ambiente (2019).

Si bien el sistema de la APN ejerce presencia efectiva en todas las unidades continentales, muchas de las AP designadas aún no están por completo consolidadas dentro del territorio, no escapan a la progresiva artificialización antropogénica de la matriz ambiental que rodea a sus AP, ni tampoco al fenómeno mundial denominado *Protected Area Downgrading, Downsizing and Degazettement* (PADDD) describiendo a la degradación de hábitats, disminución de tamaño y deslegalización (Mascia et al., 2014) opuesto al principio de progresividad y no regresividad ambiental consagrado en Argentina a través de la ley General del Ambiente N° 25.675 y lo determinado en la ley 24.375 ratificatoria del CDB.

Pero las metas del CDB sobre cobertura territorial con AP se están haciendo más ambiciosas. Para el año 2030 se supone apuntarán a resguardar al planeta cubriéndolo en un 30% con AP, dejando un 70% de territorio para usos humanos más intensivos. Esa es la posición que impulsan el Parlamento Europeo (2020) y otros actores influyentes en reemplazo de las Metas de Aichi.

Como consecuencia de estos procesos, durante la próxima década, en Argentina y en el resto del mundo se crearán más AP, se intentará consolidar las preexistentes y avanzar en el ordenamiento ambiental, por lo que esta priorización política debería acompañarse de capacidades apropiadas.

⁵ Período intermedio entre 2° y 3° Congreso Latinoamericano de AP (2007 y 2019) y sus informes nacionales.

⁶ Se crearon 13 nuevas AP y hubo 5 ampliaciones

Analizar variables descriptivas del diseño y estado de los espacios a los que se confía la mayor protección del patrimonio natural y cultural puede ilustrar sobre su condición actual y futura. Puede ser útil para crear nuevas áreas, ampliaciones y zonas de amortiguación, o para rediseñar límites.

Por todo eso, conocer la condición del sistema de la APN en cuanto a su conformación física, límites y modos de inserción en la matriz general, puede aportar elementos de juicio significativos para este sistema, para otros o para AP individuales.

Este estudio es la primera parte de un proyecto tendiente a analizar la relación entre las AP del sistema de la APN y los ambientes en que se integran. En esta instancia inicial se estudiarán detalladamente las formas de las 49 AP bajo jurisdicción de la APN.

Antecedentes

Considerando al tamaño del hábitat como un dato clave, MacArthur y Wilson (1967) mencionan que, sobre las condiciones actuales de la biosfera observada en gran escala, regional o local, inciden variables condicionantes que en cualquier modelo deben ser consideradas, sobre todo en AP reducidas y ambientes fragmentados, aludiendo a las cambiantes presiones, interferencias y flujos asociados con demandas sociales y su coexistencia con los ambientes proveedores de biodiversidad, recursos y servicios.

La teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson, 1967) estableció los fundamentos científicos del actual diseño de AP. El tamaño ideal de una reserva para preservar todas sus especies depende de la necesidad del área y de las necesidades de las especies a conservar (Morea, 2014).

Guirado et al. (2006) señalan que tamaño de fragmento y tipo de uso del suelo en la matriz general, en los bosques mediterráneos de Cataluña, son las variables relevantes para la determinación de la riqueza en plantas vasculares. Para Herrera (2011), los fundamentos para diseñar reservas se orientan tradicionalmente hacia la búsqueda del tamaño de fragmento óptimo, la disminución del efecto de borde (supuestamente proporcional al contacto entre la matriz y el hábitat original protegido en el AP) y la minimización del aislamiento espacial entre unidades de conservación.

Pincheira-Ulbrich et al. (2009) abordaron el análisis de parches de bosque y su relación con la biodiversidad vegetal, partiendo del principio teórico que atribuye a mayor tamaño de

fragmento mayor heterogeneidad del hábitat. Considerando significativa esa proporcionalidad, la causa de la extinción de las especies sería la disminución de parches de hábitats remanentes, el aislamiento consecuente y los procesos de antropización, como predictor de resultados sobre el estado de conservación de determinadas especies, valioso para diseñar AP y redes de AP.

Pincheira-Ulbrich et al. (2009) asumen que la superficie del fragmento es el factor determinante para explicar la riqueza de especies de árboles y arbustos, pero entienden que su conservación dependerá de la comprensión de la compleja interacción entre forma y tamaño de los fragmentos y la naturaleza de la matriz circundante. Citan también excepciones donde la riqueza de especies se incrementó con la complejidad de la forma del fragmento. Son evidencias de que área y forma explican mucho de la biodiversidad, pero no todo ni en todos los casos.

Habitualmente, las estrategias de conservación *in situ* están sólo basadas en la gestión de propiedades de los fragmentos tales como tamaño, número, forma y grado de aislamiento (medido este último como la distancia lineal entre fragmentos). Se suele ignorar el efecto potencial de la matriz externa sobre los fragmentos remanentes de hábitat.

En este sentido, es sabido que (...) (las) especies que son capaces de explotar algunos de los recursos presentes en la matriz mantienen poblaciones viables e incluso aumentan en ambientes degradados. De hecho, las especies más vulnerables a la degradación del hábitat son aquellas que no toleran cambios en la estructura y/o composición de su hábitat (Herrera, 2011: 27-28).

Fragmentos y matriz son inescindibles para analizar una trayectoria biológica diacrónica regional. Herrera (2011) menciona algunas consecuencias de la interacción: a) no todas las especies se ven influenciadas igual porque el vínculo de los fragmentos con su contexto es especie-específico, b) el impacto del contexto puede ser circunstancialmente inconsistente y quedar oculto, y c) la matriz podría impactar negativamente por caso si beneficia a depredadores o limita la reproducción, diseminación y acumulación de alimentos, o quita refugios.

Para Pincheira-Ulbrich et al. (2009),

...la matriz antropológica y el proceso de fragmentación imponen restricciones a la dispersión y establecimiento de muchas especies (por ejemplo, cambios en las

interacciones físicas y biológicas), aumentando la probabilidad de extinción local de las poblaciones que no son capaces de adaptarse a estos cambios (125).

Diseñar AP y sostener sus funciones significa intervenir en distintas escalas espaciales, porque las especies así perciben el paisaje. El tamaño y las formas mínimas e ideales variarán según la especie estudiada y aún más allá de ellas según sus cadenas tróficas y otros elementos al tratarse de una comunidad interrelacionada (Herrera, 2011). Crear AP es fragmentar conscientemente procesos biológicos, supuestamente con impacto positivo.

Ante las estrategias de protección de tierras y aguas del CDB, los estudios de inserción de las AP dentro de un ordenamiento ambiental mayor como aplicación del enfoque ecosistémico (CDB, 2004), parecen esenciales. Lizárraga y Monguillot (2018) mapearon la huella humana, síntesis de un conjunto de indicadores de impacto ecológico sobre el medio, posibilitando interpretar la influencia humana como gestora del estado de la naturaleza, información de gran utilidad para analizar zonas externas aledañas a las unidades de APN, a escala global o regional.

Rau, Gantz y Torres (2000) correlacionaron negativamente fragmentos y diversidad de aves con el índice perimetral (perímetro/área) sugiriendo que las formas irregulares mantendrían una riqueza de especies menor que aquellos fragmentos que tuvieran formas regulares. Helzer y Jelinski (1999) y Pincheira-Ulbrich et al. (2009) alcanzaron similares resultados.

Dentro del sistema de APN, sus unidades tienen muy diferentes formas. Cada AP aparece delimitada por perímetros irregulares, algunos ciertamente muy anómalos. Inclusive, hay AP compuestas por fragmentos disyuntos total (Iberá) o parcialmente (Calilegua) y en dos casos adosados (Nahuel Huapi/Lanín/Los Arrayanes y Namuncurá I/II).

Las unidades de la APN de Argentina se distribuyen entre las 18 ecorregiones continentales y marinas de Argentina y sus zonas transicionales⁷. Este estudio pretende aportar a la interpretación de la condición de forma que ofrece cada AP del sistema, respecto de otros factores de incidencia concurrente significativa -interna y externa-, como se mencionó antes.

Cuanto más prolongados e irregulares son los límites, mayor será el efecto borde, es decir la relación del contenido interior del AP con el situado en el exterior, condición que podría

⁷ Únicamente no hay AP nacionales dentro de la ecorregión Antártica.

describirse como de ósmosis biológica: una tendencia hacia el equilibrio entre ambas partes⁸. La forma de un AP puede considerarse uno de los componentes de la resiliencia, ofreciendo mayor o menor vulnerabilidad, ante las crecientes presiones hacia usos intensivos y fragmentación de los hábitats (Golden Kroner, Krithivasan y Mascia, 2016) que ocurren tanto dentro como fuera de las AP.

Uno de los primeros en enunciar criterios para diseñar AP desde la teoría de biogeografía de islas fue Diamond (1975). Hoy se recomienda superar la escala de análisis de AP individuales para aplicar enfoque ecosistémico sobre redes de áreas, sistemas multijurisdiccionales y en el ordenamiento territorial integrado (CDB, 2004; Margules y Pressey, 2000).

La definición de tamaño y diseño de un AP ha dado lugar a muchos análisis. “En líneas generales existe un gran consenso en que los parques debieran diseñarse para minimizar los efectos de borde. En ese sentido, las áreas de conservación circulares minimizan ese efecto...” (Morea, p. 65). Contradictoriamente – dice –, la mayoría de las AP tiene formas irregulares.

Se puede caracterizar la forma de las AP del sistema de APN mediante índices en su mayoría concebidos para estudiar morfometría de cuencas hidrográficas, que combinan tres parámetros: Superficie (A), Perímetro (P) y Longitud máxima interna (Lmax).

La superficie de cada AP como fragmento remanente de naturaleza rescatada de la creciente intensidad de uso es uno de los principales elementos de juicio a considerar para intentar sostener la biodiversidad, sea de unidades individuales o de sus redes. El *perímetro* ofrece una primera aproximación hacia el efecto borde. Su longitud y sinuosidad complementa al tamaño en la descripción de cada figura geométrica conformada por un AP. Formas más regulares muestran perímetros cercanos a la circunferencia para una misma superficie. Un borde irregular implicará una mayor proporción borde/núcleo protegido. La *longitud máxima* para este estudio es la mayor recta trazable por dentro de la figura.

Autores como Horton (1945), Barrera y Presutti (2012), Brieva (2018) y González de Mattauco (2004) describen los principales índices morfológicos (Perímetro/área, compacidad de Gravelius, circularidad de Miller, relación de forma de Horton, elongación de Schum, entre otros). Algunos índices han sido reformulados para la ciencia ecológica (diversidad de forma de Patton, compacidad de Unwin). Para AP la interpretación biológica es inversa a la hídrica,

⁸ No implica necesariamente homogeneidad, la matriz puede agregar o restar hábitats, promover especies depredadoras o exóticas, facilitar corredores, etc.

porque una cuenca compacta, con ríos cortos, concurrentes y bien drenada genera fuertes pulsos de inundación y riesgo, mientras en un AP la compacidad es deseable.

Con P= perímetro; A= superficie del AP; y Lmax = longitud máxima recta, los índices aplicados fueron los siguientes:

a) *Índice Perímetro/Área (Ipa)*. Es el indicador más simple y directo. Tiende a dar valores altos para AP pequeñas y menores en las grandes. Es: $Ipa = P/A$

b) *Índice de compacidad de Gravelius (IKcg)*. Muestra qué compacta o redonda es una cuenca hídrica (aquí un AP), como cociente entre el perímetro real de la cuenca (P) respecto al perímetro de un círculo con idéntica superficie (Pc). Varía entre 1 (circunferencia) e infinito. En un cuadrado es 1,12. Es: $IKcg = 0,28 (P/A)$; ó

$$IKcg = \frac{P}{P_c} \text{ y también } = P/(2 * \sqrt{\pi} * \sqrt{A})$$

c) *Índice de diversidad de forma de Patton (IDIp)*. La fórmula de este índice es similar a la anterior, adoptada por la ciencia ecológica, agregándose una clasificación de formas. Varía entre valores de uno (círculo absoluto) e infinito (formas no circulares). Es el mismo concepto que el anterior y sus valores son equivalentes: $IDIp = P/((2 * (\pi * A))^{0,5})$

d) *Índice de compacidad de Unwin (Icw)*. Índice ecológico del nivel de fragilidad según exposición del fragmento a la incidencia de la matriz. Resulta la inversa del valor de los dos índices anteriores resultando valores oscilando entre 0 y 1, de muy frágiles a compactos y menos expuestos a la influencia potencialmente negativa de una matriz antropizada.

Expresa la relación entre el perímetro ideal/perímetro real, cuyo cálculo sería: $Icw = 2\pi$

$$(\sqrt{\frac{A}{\pi}})/P$$

Donde A y P se expresan en m² y m, respectivamente.

O como inversa de Patton: $Icw = 1/DI$.

e) *Índice de circularidad de Miller (ICm)*. Índice hidrológico que relaciona la superficie de la cuenca con un círculo de igual perímetro. Es: $Icm = 4\pi * \frac{A}{P^2}$

f) *Índice de relación de forma de Horton (IRfh)*. Indica la relación entre la superficie y el cuadrado de la longitud máxima de la figura geográfica considerada. En este caso, si hubiese más de una, la suma de las longitudes máximas. Describe el alargamiento del área. Un factor de forma bajo corresponde a áreas alargadas. Es: $IFh = \frac{A}{L_{max}^2}$

g) *Relación de elongación de Schum (Resch)*. Vincula el diámetro de un círculo cuya superficie sea igual al de la cuenca, con la longitud máxima de la cuenca considerándola el diámetro de un círculo. Aquí se tomó con fines prácticos la máxima longitud dentro de la figura. El valor oscila entre 0 y 1, este último valor cuando el AP se aproxima al círculo.

$$Resch = 1,1284 \frac{\sqrt{A}}{L_{max}}$$

h) *Perímetros comparados (Iperi)*. Relaciona perímetro real registrado del AP y perímetro de la circunferencia calculada con la longitud máxima de la figura como diámetro. Sintetiza la incidencia de la sinuosidad y elongación del perímetro. Los valores más pequeños señalan las formas con menor despliegue de borde y menos elongadas.

$$\frac{P_{real}}{P_{Lmax}} = \frac{P}{L_{max} * \pi}$$

i) *Círculos comparados (Icircu)*. Este indicador se introdujo para identificar la relación entre superficie real y la superficie de un círculo calculado en base a interpretar Lmax como diámetro de un nuevo círculo. Los valores menores corresponden a las figuras muy elongadas, con bordes sinuosos y proporcionalmente poca superficie. Es: $\frac{A}{\pi * \frac{L_{max}^2}{4}}$

j) *Índice de alargamiento medio de Caquot (Ialargq)*. Relaciona Lmax (en hidrología desde la salida de la cuenca) y la raíz cuadrada de la superficie (longitud del lado de un cuadrado de área equivalente). Si el resultado equivale a la raíz cuadrada de 2 (1,4142), la cuenca es idealmente cuadrada, si es 1,128 es circular. Áreas irregulares o alargadas tienden hacia mayores coeficientes. Es: $IAlargq = \frac{L_{max}}{A^{0,5}}$

i) *Dimensión fractal de Turner* (no fue aplicado): relaciona la situación de varias áreas dentro de una zona o un AP. Cuantifica complejidad paisajística indicando fragmentación de paisajes.

Estas morfometrías están concebidas en dos dimensiones, sin considerar la incidencia de barreras geográficas o biológicas que puedan hallarse sobre los límites perimetrales entre el AP y su entorno. Tampoco consideran a los espacios mínimos que requieren las especies, que podrían ser insuficientes dentro de las figuras de las AP (Herrera, 2011) en tanto islas biológicas recortadas del resto del territorio. La descripción de las formas sólo aporta información inicial al cometido de conocer cómo se integraría un espacio protegido a la matriz. Por ejemplo, para evaluar, comparar y hacer el seguimiento de la eficacia de gestión

dentro y entre AP, Hummel et al. (2021) proponen un “Índice de Nivel de Protección” (PLI)⁹ que emplea a Icw como una de sus doce variables,

Metodología y objetivos del estudio

Este trabajo se estructuró a partir de los siguientes objetivos:

Objetivo Principal: Caracterizar la forma de las AP del sistema nacional de AP bajo jurisdicción de la ley 22.351, compuesto por las 49 áreas designadas hasta el año 2020¹⁰.

Objetivo Secundario: Analizar morfométricamente a las AP para apoyar futuros estudios que permitan entender la dinámica de los flujos de cambio biogeográficos y socioambientales, como por ejemplo sobre efectos de borde, barreras, fragmentaciones, amenazas e intensidad de causas y procesos que originan y motorizan los flujos internos y externos incidentes.

En este estudio, para esta primera etapa, se establecieron ránquines para la serie de AP, que facilitan describir, identificar y comparar mediante indicadores, las condiciones de las unidades de conservación a fin de facilitar la protección y manejo de su patrimonio biológico.

Se midieron todas las áreas, perímetros y longitudes máximas internas¹¹ de las AP del sistema mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), herramienta que permitió cuantificar y elaborar los mapas individuales. Con estos datos se calcularon 10 índices (8 provenientes de la revisión bibliográfica y 2 nuevos testeados para este estudio) que ilustran de diferente modo las formas. Los resultados permitieron ranquear a las AP según el aparente grado de exposición de las unidades a presiones y flujos, confeccionándose mapas y gráficos descriptivos.

Identificar las formas menos deseables de los fragmentos como sinónimo de debilidad respecto de la situación original, permitiría reconfigurar la inserción de las actuales y futuras AP en su entorno matricial, para que puedan ser los espacios más biodiversos de la naturaleza remanente.

Este estudio inicia un programa que analizaría cómo opera un conjunto de variables sobre el interior de las AP y sus Zonas de Amortiguación, como los fenómenos PADDD, otras modificaciones de usos y fragmentaciones que comprometen a las AP en su carácter de núcleos residuales. La publicación de estos resultados permitiría a otros investigadores

⁹ Por sus siglas en inglés.

¹⁰ Se calcularon 48 porque los Parques Nacionales Marinos Namuncurá-Burdwood I y II son contiguos y tienen manejo unificado.

¹¹ En unidades con espacios disyuntos como Iberá y Aconquija, se sumaron las medidas de sus fragmentos.

disponer de nuevas herramientas descriptivas para relacionar con los factores biológicos y sociales.

Resultados

Los datos obtenidos para P, A y Lmax en todo el sistema de AP se muestran en la figura N° 3.

Figura N° 3. Perímetro, superficie y ancho máximo interno de AP del sistema APN

AP	Perímetro P (km)	Área A (km ²)	Longitud Lmax (km)	AP	Perímetro P (km)	Área A (km ²)	Longitud Lmax (km)
Aconquija	427.7	740.0	111.4	Los Arrayanes	25.3	18.0	9.9
B. Petrificado	151.7	785.4	43.0	Los Cardones	154.1	641.2	51.7
Baritú	149.1	724.4	42.3	Los Glaciares	645.6	7269.3	175.4
Benítez	1.42	0.08	0.51	Makenke	188.6	726.6	81.1
Burdwood I-II	1196.0	60336.3	378.1	Mburucuyá	64.2	170.9	19.8
C. del Tuyú	42.8	30.4	8.7	Monte León	129.1	621.7	44.9
C. Pantanos	74.3	52.0	12.3	Nahuel Huapi	819.5	7172.6	133.0
Calilegua	269.4	763.1	65.4	Nogalar	30.0	32.8	9.8
Chaco	50.1	149.8	17.7	Patagonia	191.8	916.0	60.4
Copo	136.3	1181.2	49.5	Patagonia A.	403.5	1048.1	124.6
El Leoncito	124.9	897.1	45.1	Pizarro	77.4	78.4	24.1
El Palmar	51.2	82.1	14.7	Lag. Pozuelos	66.5	160.0	29.0
El Rey	115.6	441.6	31.8	Predelta	38.2	26.1	8.3
Formosa	57.4	90.1	15.5	Pto. Moreno	238.0	1421.2	68.0
I. de Santa Fe	67.2	41.0	12.0	Lago Puelo	71.5	276.7	24.2
I. Estados	434.7	527.4	70.3	Q. Condorito	119.7	354.0	31.8
I. Pingüino	349.4	1595.3	94.8	Sa. Quijadas	138.9	734.0	41.2
Iberá	819.6	1350.0	155.6	Río Pilcomayo	164.0	518.9	40.1
Iguazú	153.8	676.2	36.4	San Antonio	12.1	4.8	3.5
Impenetrable	256.5	1280.0	55.3	San Guillermo	201.3	1660.0	68.7
Laguna Blanca	45.1	112.5	16.8	T. Fuego	155.9	689.1	51.0
Lanín	662.4	4120.0	154.1	Talampaya	256.0	2150.0	90.8
Lihue Calel	95.2	325.1	30.1	Traslasierra	153.0	441.68	30.93
Los Alerces	257.5	2598.2	76.0	Yaganes	1146.5	68834.4	417.8

Fuente: elaboración propia.

Con los datos de la figura N° 3 y aplicando las fórmulas reseñadas más arriba para los 10 índices morfométricos seleccionados (tradicionales y *ad hoc*), que consideran según el caso dos o tres parámetros descriptivos del sistema y de sus unidades, se obtuvo la tabla de la figura N° 4. Los cinco valores menos favorables dentro del sistema se marcaron en color rojo y los más recomendables en verde. En cinco de los índices la escala varía sólo entre 0 y 1, en los otros cinco sus máximos superan a 1 (Ikcg, IDip, Ipa, Iperi y Ialargq).

Figura N° 4. Cálculo de 10 índices de forma para las AP del sistema de APN.¹²

Área Protegida	Perimétral	Compacidad Gravellius	Diversidad forma -Patton	compactación Unwin	Circularidad - Miller	Factor Forma Horton	Elongación Schum	Perímetros comparados	Círculos comparados	Alargamiento Caquot
	Ipa	IKcg	IDip	Icw	Icm	Iffh	Iresch	Iperi	Icircu	Ialargq
Aconquija	0,58	4,4	4,4	0,23	0,05	0,06	0,28	1,22	0,08	4,09
B. Petrificado	0,19	1,5	1,5	0,65	0,43	0,43	0,74	1,12	0,54	1,53
Baritú	0,21	1,6	1,6	0,64	0,41	0,40	0,72	1,12	0,52	1,57
Benítez ¹³	17,88	1,4	1,4	0,70	0,49	0,31	0,63	0,89	0,39	1,80
Burdwood I-II ¹⁴	0,02	1,4	1,4	0,73	0,53	0,42	0,73	1,01	0,54	1,54
C. del Tuyú	1,41	2,2	2,2	0,46	0,21	0,41	0,72	1,58	0,52	1,57
C. Pantanos	1,43	2,9	2,9	0,34	0,12	0,35	0,66	1,93	0,44	1,70
Calilegua	0,35	2,8	2,8	0,36	0,13	0,18	0,48	1,31	0,23	2,37
Chaco	0,33	1,2	1,2	0,87	0,75	0,48	0,78	0,90	0,61	1,44
Copo	0,12	1,1	1,1	0,89	0,80	0,48	0,78	0,88	0,61	1,44
El Palmar	0,62	1,6	1,6	0,63	0,39	0,38	0,69	1,11	0,48	1,62
El Rey	0,26	1,6	1,6	0,64	0,42	0,44	0,75	1,16	0,56	1,51
Formosa	0,64	1,7	1,7	0,59	0,34	0,37	0,69	1,18	0,48	1,63
I. Sta. Fe	1,64	2,9	3,0	0,34	0,11	0,28	0,60	1,78	0,36	1,88
I. Estados	0,82	5,3	5,3	0,19	0,04	0,11	0,37	1,97	0,14	3,06
I. Pingüino	0,22	2,5	2,5	0,41	0,16	0,18	0,48	1,17	0,23	2,37
Iberá	0,61	6,3	6,3	0,16	0,03	0,06	0,27	1,68	0,07	4,23
Iguazú	0,23	1,7	1,7	0,60	0,36	0,51	0,81	1,34	0,65	1,40
Impenetrable	0,20	2,0	2,0	0,49	0,24	0,42	0,73	1,48	0,53	1,55
Lag. Blanca	0,40	1,2	1,2	0,83	0,70	0,40	0,71	0,85	0,51	1,58
Lag. Pozuelos	0,42	1,5	1,5	0,67	0,46	0,19	0,49	0,73	0,24	2,30
Lago Puelo	0,26	1,2	1,2	0,82	0,68	0,47	0,78	0,94	0,60	1,46
Lanín	0,16	2,9	2,9	0,34	0,12	0,17	0,47	1,37	0,22	2,40
Leoncito	0,14	1,2	1,2	0,85	0,72	0,44	0,75	0,88	0,56	1,50
Lihué Calel	0,29	1,5	1,5	0,67	0,45	0,36	0,68	1,01	0,46	1,67
Los Alerces	0,10	1,4	1,4	0,70	0,49	0,45	0,76	1,08	0,57	1,49
Los Arrayanes	1,41	1,7	1,7	0,59	0,35	0,18	0,48	0,81	0,23	2,33
Los Cardones	0,24	1,7	1,7	0,58	0,34	0,24	0,55	0,95	0,31	2,04
Los Glaciares	0,09	2,1	2,1	0,47	0,22	0,24	0,55	1,17	0,30	2,06
Makenke	0,26	2,0	2,0	0,51	0,26	0,11	0,37	0,74	0,14	3,01
Mburucuyá	0,38	1,4	1,4	0,72	0,52	0,44	0,75	1,03	0,56	1,51
Monte León	0,21	1,5	1,5	0,68	0,47	0,31	0,63	0,92	0,39	1,80
Nahuel Huapi	0,11	2,7	2,7	0,37	0,13	0,41	0,72	1,96	0,52	1,57
Nogalar	0,92	1,5	1,5	0,68	0,46	0,34	0,66	0,98	0,44	1,71
Parque Nacional Benítez	0,17	1,8	1,8	0,56	0,32	0,24	0,63	1,11	0,39	1,80

¹² En verde mejores formas y en rojo peores.

¹³ Para Colonia Benítez el índice perimétral se distorsiona por tratarse de un área muy pequeña dividida en dos fragmentos que se originó en un área natural sin *Arboretum*.

¹⁴ Burdwood I también lleva el nombre de Namuncurá.

Patagonia	0,21	1,8	1,8	0,56	0,31	0,25	0,57	1,01	0,32	2,00
Patagonia A.	0,38	3,5	3,5	0,28	0,08	0,07	0,29	1,03	0,09	3,85
Pizarro	0,99	2,5	2,5	0,41	0,16	0,14	0,41	1,02	0,17	2,72
Predelta	1,47	2,1	2,1	0,47	0,22	0,38	0,70	1,47	0,48	1,62
Q. Condorito	0,34	1,8	1,8	0,56	0,31	0,35	0,67	1,20	0,45	1,69
Río Pilcomayo	0,32	2,0	2,0	0,49	0,24	0,32	0,64	1,30	0,41	1,76
Sa. Quijadas	0,19	1,4	1,4	0,69	0,48	0,43	0,74	1,07	0,55	1,52
San Antonio	2,52	1,6	1,6	0,64	0,41	0,39	0,70	1,09	0,49	1,61
San Guillermo	0,12	1,4	1,4	0,72	0,51	0,35	0,67	0,93	0,45	1,69
T. Fuego	0,23	1,7	1,7	0,60	0,36	0,26	0,58	0,97	0,34	1,94
Talampaya	0,12	1,6	1,6	0,64	0,41	0,26	0,58	0,90	0,33	1,96
Traslasierra	0,35	2,0	2,1	0,49	0,24	0,46	0,77	1,77	0,59	1,47
Yaganes	0,02	1,2	1,2	0,81	0,66	0,39	0,71	0,87	0,50	1,59

Fuente: elaboración propia.

Los índices de Gravelius y de Patton, ampliamente usados en sus respectivos campos, dan resultados similares. El índice Icw (Unwin) los representa siendo su inversa en escala 0-1. Para la clasificación de formas de Patton, las AP que superan el valor 2 tienen forma irregular (en el sistema son 16) mientras las formas regulares ideales deberían acercarse al círculo y estar por debajo de 1,25 (sólo hay 6 AP). Ovals y redondas deberían situarse por debajo de 1,50 (suman 15). Significa que hay gran número de AP que se alejan de la compacidad y forma deseables, entre ellas grandes e históricas AP como Lanín, Nahuel Huapi y Los Glaciares¹⁵.

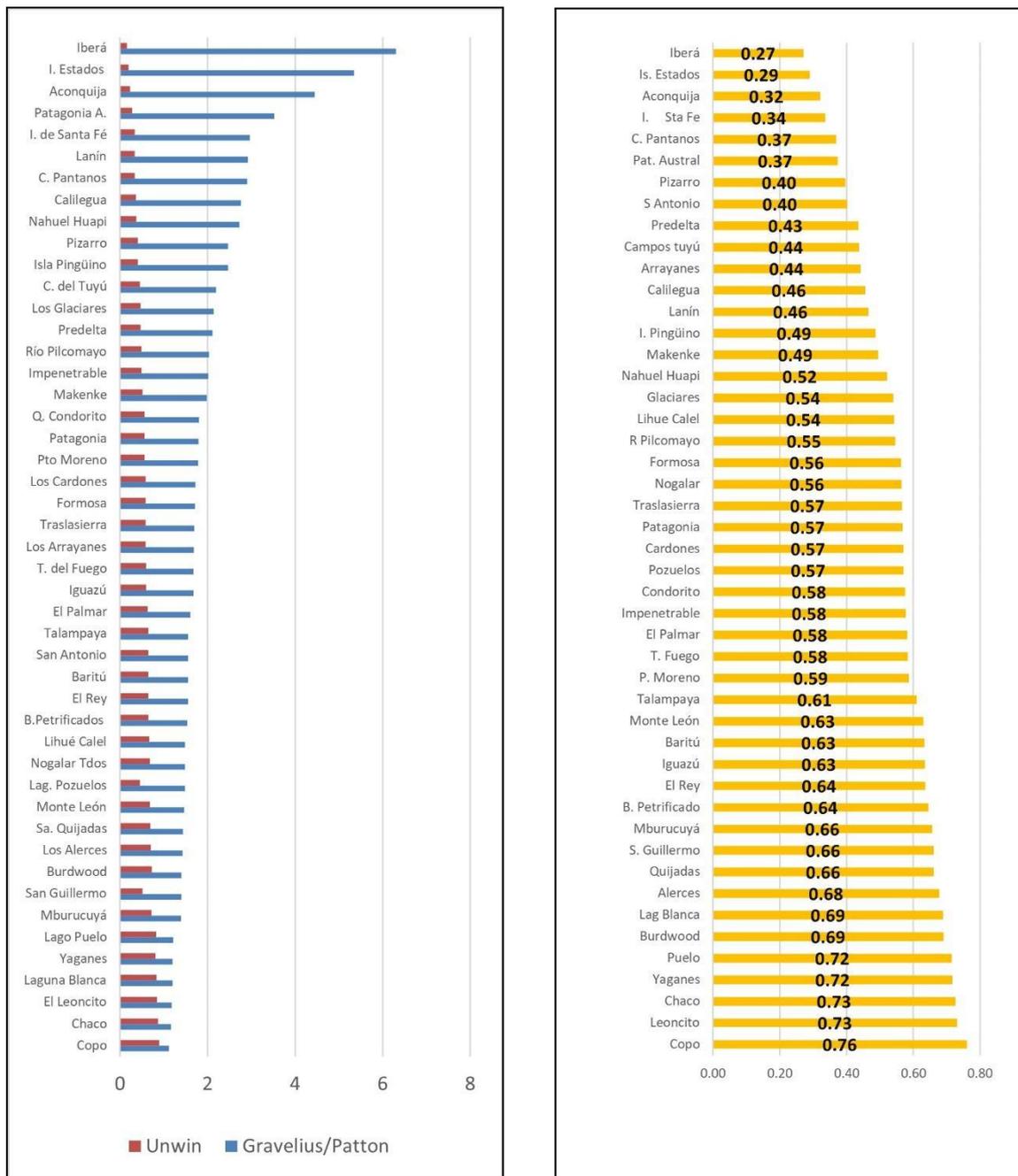
Como hay diferencias entre los resultados de los distintos índices, para contrastar se realizó un promedio de ocho de ellos, bajo los siguientes criterios: a) se incorporó el índice de Unwin reemplazando a Gravelius y Patton, b) se tomaron 5 índices con sus valores directos, c) lpa, lperi y lalarg se llevaron a escala¹⁶ 0-1, d) lperi y lalargq fueron invertidos restando a 1 el valor interpolado. La figura N° 5 grafica el ranking según Gravelius/Patton. La figura N° 6 el ranking promedio.

Figura N° 5. Ranking de AP según índices de Gravelius/Patton (línea azul) y Unwin (roja), éste en escala 0-1 (peores a mejores formas).

Figura N° 6. Ranking de AP según un índice de forma promedio calculado con 8 índices.

¹⁵ Los límites internacionales del PN Nahuel Huapi apoyan parcialmente sobre AP de la República de Chile, el límite norte apoya sobre el PN Lanín y el centro engloba al PN Los Arrayanes. Hubo fenómenos PADD al crearse cuatro ejidos urbanos y cederse el C° Catedral. El desarrollo regional va exponiendo fragmentos a la matriz.

¹⁶ Asumiendo al máximo valor obtenido como 1 e interpolando.

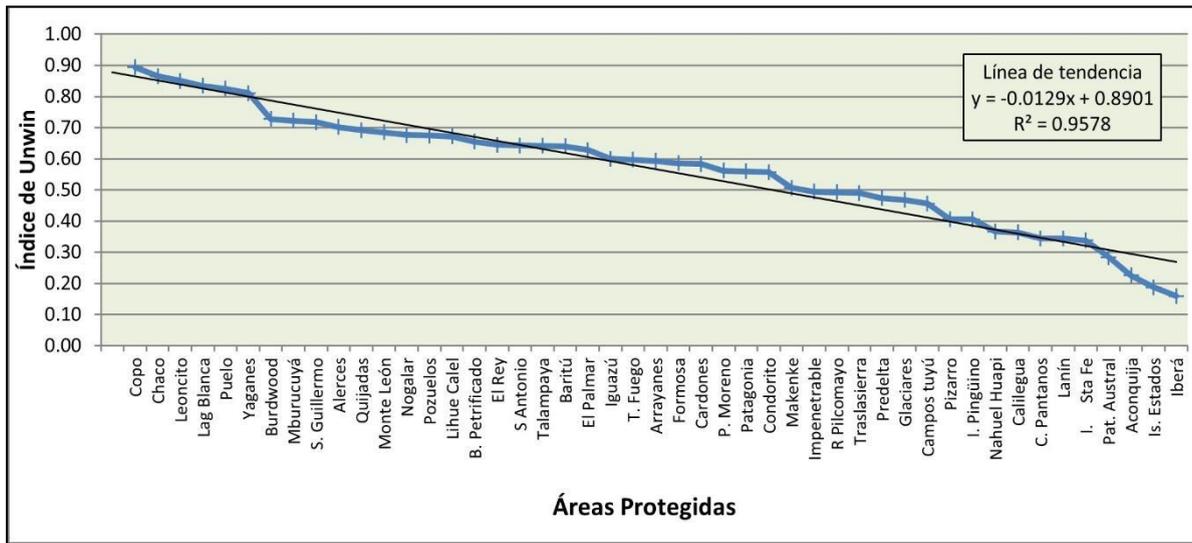


Fuente: elaboración propia.

En la figura N° 7 se grafica horizontalmente el ranking de las AP continentales según el índice de Unwin, con su línea de tendencia. Las peores formas y presumiblemente mayor exposición a la matriz se hallan en Iberá, Aconquija, Patagonia Austral e Islas de Santa Fe e Isla de los Estados. No obstante, esta última AP muestra forma muy irregular por incluir un archipiélago¹⁷, pero se sitúa dentro de la condición original de su matriz oceánica. En el otro extremo, las mejores formas se hallan en Copo, Chaco, El Leoncito, Laguna Blanca y Lago Puelo.

¹⁷ El nombre completo del AP es Isla de los Estados y Archipiélago de Año Nuevo.

Figura N° 7. Gráfico del índice de Unwin (línea azul) para las AP continentales del sistema (con mejores formas a la izquierda y peores a la derecha).



Fuente: elaboración propia.

También se estudió la correlación entre valores de varios índices. Para Horton, Schum y Círculos concéntricos es de 99,14%. Entre estos y Caquot es del 86,82%, o sea también significativa. Análogamente, entre Unwin y Miller la correlación es de 98,07%. No hay correlación aceptable entre los índices Perímetro/Área y Perímetros comparados, o entre estos y cualquiera de los demás.

Comparando resultados de los distintos índices y rankings, se observan diferencias, pero la integración de los grupos de peores y mejores formas es siempre similar.

Discusión

A partir de dos o tres parámetros (según el caso), se obtuvieron valores descriptivos del sistema y de cada una de sus unidades, aplicando diez índices morfométricos algunos tradicionales y otros *ad hoc*. De esos diez indicadores, al menos ocho analizan de distinto modo, asumiendo que Unwin representa bien a Gravelius/Patton. La correlación existente entre cuatro índices (Horton, Schum, Círculos concéntricos y Caquot) también hubiera permitido obtener un simple valor promedio entre Miller o Unwin por un lado y cualquiera de los cuatro antes señalados, sin diferencia significativa sobre el resultado. Los dos índices Perímetro/Área y Perímetros comparados magnifican algunas dimensiones por lo que podrían ser orientativos, pero no considerados de forma aislada.

Tomando cada índice en particular y mediante el promedio general de los ocho índices aludidos en el párrafo anterior (para compensar diferencias) se obtuvieron ránquines de AP que ordenan series según calidad de forma y dan idea del grado de exposición a la matriz, observándose algunas discrepancias.

Esos ránquines permiten clasificar a las AP del sistema nacional según calidad de forma, de menos a más compactas, ponderando mejor a la circularidad y a las líneas perimetrales más regulares. Los bordes prolongados y sinuosos dan figuras poco deseables, más difíciles de recorrer y administrar, sujetos a diferentes flujos incidentes de intercambio entre AP y matriz, cuyos impactos negativos podrían provenir de la presencia de especies exóticas, uso de tóxicos, caza, pesca, tala, ganadería, uso turístico excesivo, ruidos, etc.

Se identificaron así las AP cuyo diseño ofrece elevada exposición a las condiciones externas. Esas AP deberían ser las que conciten los mayores esfuerzos ante posibles flujos negativos y amenazas a la persistencia de su patrimonio y producción de servicios ecosistémicos.

El resultado del análisis de la figura de las AP no parece ser un elemento de juicio necesariamente determinante sobre su inserción en la matriz ambiental, ya que dependerá de la condición de ella, que podría permanecer hasta hoy en buenas condiciones, o no. En ciertos casos, los límites jurisdiccionales de las AP fueron trazados coincidiendo con límites geográficos (ej.: grandes ríos o cordilleras) o sociales (ej.: fronteras políticas) que podrían actuar como barreras efectivas ante la potencial fragmentación o modificación de los usos en espacios circundantes cercanos.

En otros casos, un AP se integra dentro de un conjunto de áreas adosadas igualmente dedicadas a la conservación, como sucede con los Parques Nacionales (PN) Nahuel Huapi, Los Arrayanes y Lanín, todos bajo jurisdicción de APN, o con el caso del PN Iguazú, unido al PN Do Iguazú por la frontera internacional con Brasil, o con San Guillermo con la reserva homónima provincial, o los PN Predelta e Islas de Santa Fe, que reúnen sólo un 2,7% de la superficie del sitio Ramsar Delta del Paraná donde están inmersos¹⁸. Los resultados variarán según sea el vínculo común y su relación con la matriz territorial siguiendo factores de diferenciación tales como biodiversidad, intensidad de uso de sus recursos, tipo de gobernanza y gestión aplicada.

¹⁸ Categoría en el marco del Convención sobre Humedales de Importancia internacional de Ramsar, Irán, de 1971.

El conjunto de Lanín, Nahuel Huapi y Los Arrayanes¹⁹ muestra algo interesante: su índice de Unwin sería de 0,35 y su promedio ponderado común de 0,40, por lo que en esos ránquines quedaría sexto y séptimo respectivamente, posición preocupante que se vería agravada por las sucesivas cesiones de territorios hacia el este (fenómenos PADDD) y fortalecida en el borde oeste por las cumbres de la cordillera de los Andes y el límite internacional.

Bajo el mismo criterio anterior, hay otras particularizaciones que denotan una mayor complejidad e impiden agotar el análisis en la morfometría. Para el subsistema de las áreas marinas propiamente dichas probablemente deban estudiarse variables específicas diferentes que para AP continentales o costeras. Burdwood y Yaganes tienen formas regulares, pero sin duda sus límites son permeables. Por el contrario, en AP costeras, las formas irregulares se corresponden con el perímetro recortado de sus costas, apoyándose siempre los límites costeros sobre el espacio transicional de dos biomas distintos. También es especial la Reserva Colonia Benítez (provincia de Chaco), un *arboretum* de reducida extensión (8 ha).

Otra crítica a los índices es que consideran a las figuras como planas. Consecuentemente, se subestima la incidencia de pisos altitudinales de los ambientes, características edáficas o geológicas. Pasar de los índices usualmente hidrológicos a un análisis multivariable llevaría a un modelado interpretativo más complejo, con pocos antecedentes.

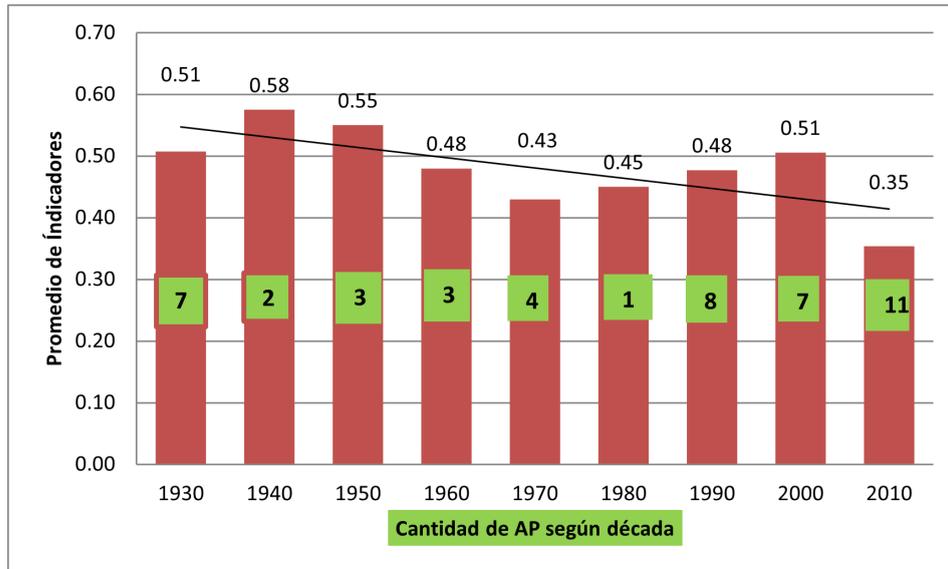
En definitiva, estos índices homogeneizan la forma de medir cierto rasgo o característica, en este caso del paisaje o del territorio, sirviendo de herramienta de comunicación con tres funciones principales: simplificación, cuantificación e información.

Por eso, este estudio es simplemente descriptivo y trata de aportar a la comprensión del sistema, identificando fragilidades en el contexto expansivo de las AP en el mundo y en el país, ordenamiento territorial promovido desde la CDB como estrategia asociada a la protección de la biodiversidad, a la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Obsérvese que de las 18 AP terrestres o costero marinas creadas desde el año 2000, 7 de ellas muestran índices morfométricos bajos, quizá porque la oportunidad de creación de áreas sobre biomas poco representados haya superado a la necesidad de obtener diseños adecuados (figura N° 8). Sin embargo, de asociar fragilidad/complejidad con la posterior demanda de gobernanza, probablemente esas decisiones tengan consecuencias.

¹⁹ Según Unwin ocuparían las posiciones 6°, 9° y 24° respectivamente.

Figura N° 8. Creación de AP nacionales en Argentina según década y promedio de indicadores



Fuente: elaboración propia.

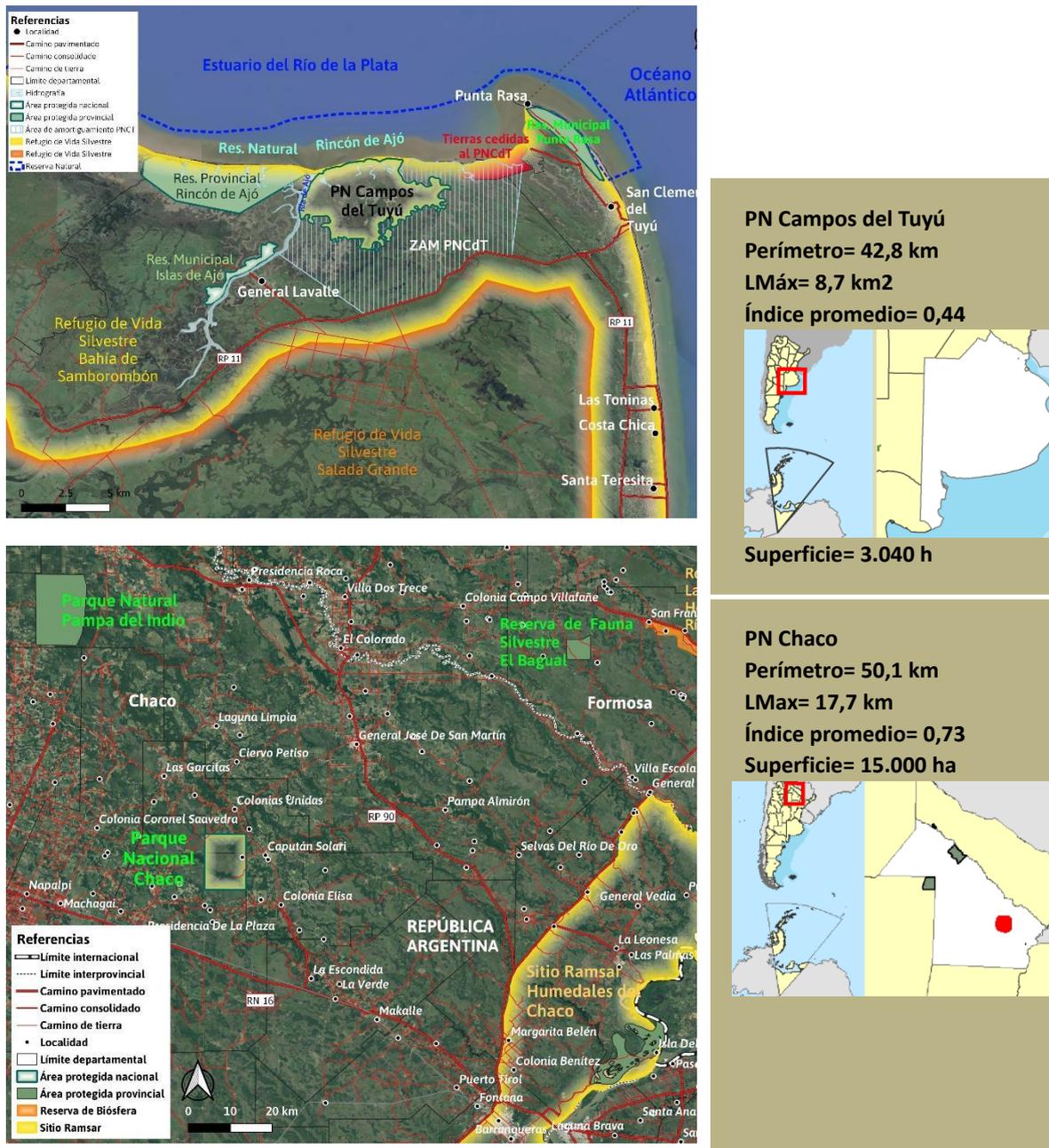
El diseño de las nuevas AP debe ser analizado con gran cuidado, las leyes aprobatorias suelen basarse en visiones que aúnan consensos políticos con descripciones catastrales. A futuro, esa génesis podría tener impacto negativo, como sucede con un vicio constructivo oculto.

Para Herrera (2011) “los principios de diseño de reservas están (...) orientados al establecimiento de un tamaño óptimo, la reducción de los efectos de borde...(y) a la minimización del aislamiento espacial entre las distintas unidades” (25). Y continúa diciendo que tamaño, forma y grado de aislamiento (aludiendo a distancia entre fragmentos conservados), deben complementarse con la matriz, que opera simultáneamente como corredor biológico y fuente de impactos.

Ciertas especies requieren hábitats cuya dimensión supera la ofrecida por los fragmentos protegidos, como sucede con los grandes mamíferos (Morea, 2014). Entonces, las AP de menor tamaño (sin importar su forma) pueden carecer del hábitat mínimo necesario y la supervivencia dependerá del estado de la matriz en conexión con los otros espacios naturales aptos.

Este estudio morfométrico sólo es una base para analizar modelos que incorporen nuevas variables que permitan confrontar la exposición de las figuras con el uso real de los ambientes, la fragmentación, la existencia de corredores, la posibilidad de supervivencia de ciertas especies y los flujos que inciden sobre la sostenibilidad socioambiental (Ver figura N° 9).

Figura N° 9. PN Campos del Tuyú (3.040 ha) a la izquierda, PN Chaco (15.000 ha) a la derecha y sus zonas circundantes como matriz de integración.



Fuente: www.sib.gob.ar y elaboración propia

La figura N° 9 muestra dos casos que por sus formas ranquean de modo opuesto en el sistema, cada uno integrado a su propia matriz. En el PN Campos del Tuyú, cuya forma es irregular, los impactos humanos directos son reducidos, además de encontrarse rodeado de otras AP provinciales y de las marismas costeras de la Bahía de Samborombón. No obstante, los impactos indirectos son significativos por la presencia de exóticas, erosión y salinización (Martín et al., 2021). En el PN Chaco, cuya forma es regular, los predios deforestados se

están acercando a sus límites como producto de la sojización e intensificación agraria, manteniéndose la cobertura original dentro del PN y en fragmentos de la matriz externa

En paisajes fragmentados, la matriz ofrece mosaicos de paisajes y por ende de hábitats, con variados niveles de modificación humana. Las interacciones entre matriz y contenido de las AP en esta oferta ambiental, las características de las especies, las conectividades permitidas (o impedidas) y otras influencias que definen la dirección y magnitud de los flujos, harán que los bordes limítrofes de cada AP incidan sobre la permeabilidad y velocidad de los cambios.

La fragilidad asociada a formas irregulares, en concurso con escenarios de complejidad socioambiental, puede servir para validar cambios de los límites jurisdiccionales, promover nuevos ordenamientos territoriales, políticas para las zonas de amortiguación y demandas financieras por más asignaciones presupuestarias, si realmente se pretenden impactos positivos. Los programas para sostener o revertir procesos ambientales negativos requieren recursos.

Porque contraintuitivamente, las AP pequeñas suelen demandar más recursos para su funcionamiento que las AP grandes y compactas. Bovarnick et al. (2010) probaron que la demanda financiera en los sistemas latinoamericanos de AP es inversamente proporcional al tamaño promedio de sus AP. Probablemente esa relación esté asociada a AP más frágiles y expuestas a la matriz, hipótesis que por separado debería investigarse para el sistema de APN.

Finalmente, teniendo en cuenta que varias de las AP con formas menos deseadas se hallan sobre las ecorregiones menos representadas en el sistema de APN (Chaco húmedo, Chaco seco, estepa, delta, pampa y monte), con algunas de ellas muy modificadas, las unidades pueden estar rodeadas de riesgos y a la vez ser muy vulnerables. Islas de Santa Fe, Ciervo de los Pantanos, Predelta y Campos del Tuyú combinan poca superficie de cada unidad, baja proporción de su bioma y formas complejas, dentro de matrices ambientales bajo intenso uso humano.

Conclusiones

Las interferencias al continuo del hábitat, los efectos de borde, la degradación progresiva de los ambientes, etc., introducen cambios en las poblaciones y presencia de las especies. El estudio de las formas con que se ejerce la protección es una primera clave para entender el funcionamiento y las perspectivas de intervención, sin ser la única variable, ya que sobre el

territorio han incidido históricamente e inciden en el presente procesos socioeconómicos que van reconfigurando el espacio.

Como producto de esos procesos, al momento de gestarse nuevos espacios protegidos se evidencian variados intereses y emergen conflictos que expresan heterogéneas miradas participantes reflejadas al determinar las figuras geométricas con que se deslindan las AP y por supuesto en su funcionamiento posterior como instrumentos de las políticas públicas.

Las peores formas de las figuras creadas para varias AP del sistema poseen perímetros muy irregulares, sinuosos, con grandes longitudes desproporcionadas a las superficies, a veces fragmentadas en varios espacios, total (Iberá) o parcialmente (Calilegua, Ciervo de los Pantanos). Todas estas características son trasladables a gestión y gobernanza.

Las formas más compactas funcionarían como un sólido resistente, en tanto las más irregulares podrían describirse como manchas de aceite inmersas en una matriz acuosa. Siempre un borde más irregular implicará una mayor interacción externa con el núcleo protegido y sus contenidos, aumentando la potencial magnitud de la perturbación.

De cualquier modo, todas estas formas conjugan con el estado de la matriz general ambiental. Los flujos de intercambio que atraviesan esos límites se dinamizan al aumentar el desequilibrio entre espacios contiguos, como muchos fenómenos físicos. Este aspecto podría ser analizado en futuros estudios, tomando estos datos como base de conocimiento. Se lo podría modelar junto a otras variables para identificar la dinámica de intercambio entre matriz y territorios supuestamente protegidos, considerando particularmente las zonas de amortiguación que envuelven a las AP y tal vez conecten con otras AP.

Según los indicadores aplicados, el sistema nacional de AP posee cierta fragilidad de diseño que se estaría profundizando en las últimas décadas, con la creación de nuevas AP de formas irregulares, debilitando la respuesta a la demanda internacional de ampliación de la cobertura con AP y de reordenamiento de los territorios del planeta bajo prioridad ambiental.

En Argentina, la ley General del Ambiente N° 25.675 de presupuestos mínimos ambientales establece los objetivos y políticas para el logro de una gestión adecuada del ambiente en concordancia con el desarrollo, donde estas áreas juegan un rol esencial como instrumento político social. Su diseño e inserción en la matriz son un requisito fundante.

Recomendaciones

En la gestión de AP nuevas, se debería procurar optimizar sus formas e incluir o promover arreglos institucionales que mejoren la inserción en su matriz ambiental.

En las AP existentes, deberían analizarse los diseños de sus figuras originales para optimizarlos o para adoptar acciones internas y externas a las AP, que operen sobre los flujos de intercambio, positivos y negativos, y sobre los incentivos y desincentivos que gatillan o frenan a unos y otros.

Si bien se trata de un estudio descriptivo básico, estos criterios podrían integrarse a un modelado predictivo que permita mejorar la interpretación y gestión de las AP. A los fines sociales y ecosistémicos sería útil disponer de herramientas de evaluación integradas que, como la propuesta por Hummel et al. (2021), faciliten interpretar y comparar las condiciones en que se está gestionando la conservación, para APN y demás subsistemas del SIFAP.

Bibliografía

- Barrera, D. F. y Presutti, M.E. (2012). El Perímetro de una cuenca hídrica: su tratamiento objetivo en la definición de índices geomorfológicos. *Cuadernos Del Curiham*. 18 (2012): 1–13. <https://cuadernosdelcuriham.unr.edu.ar/index.php/CURIHAM/article/view/44>
- Brieva, C. (2018). *Caracterización de Cuencas. Proyecto Específico 1133022 “Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológicas en cuencas”*. Versión 1. INTA EEA Rama Caída, Mendoza. https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf
- Bovarnick, A., J. Fernández-Baca, J. Galindo y H. Negret (2010). *Sostenibilidad Financiera de las Áreas Protegidas en América Latina y el Caribe: Guía para la política de inversión*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y The Natural Conservancy (TNC). En: <http://www.mentefactura.net/images/pdf-publicaciones/1-sostenibilidad-espanol.pdf>
- CDB - Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2004). *Enfoque por Ecosistemas* (Directrices del CDB). CDB, Montreal. <https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-es.pdf>
- CDB (2021, 19 de octubre). Metas de Aichi para la diversidad biológica. <https://www.cbd.int/sp/targets/>
- D’Amico, M. P. (2015). Debates sobre conservación y áreas naturales protegidas: paradigmas consolidados y nuevos horizontes. *Letras Verdes* 18 (septiembre): 209-227. <http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.18.2015.1662>
- Diamond, J. (1975). The island dilemma: Lesson of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation*, 7 (2): 129-146. http://jareddiamond.org/Jared_Diamond/Further_Reading_files/Diamond%201975.pdf
- Golden Kroner, R., Krithivasan, R., & Mascia, M. (2016). Effects of protected area downsizing on habitat fragmentation in Yosemite National Park (USA), 1864 – 2014. *Ecology and Society*, 21(3):22. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08679-210322>
- González De Matauco, A. I. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, 38 (2004): 311-329. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/495>
- Guirado, M, Pino, J., Rodá, F. (2006). Understorey plant species richness and composition in metropolitan forest archipelagos: effects of forest size, adjacent land use and distance to the edge. *Global Ecology and Biogeography* 15(1): 50-62.
- Helzer, C., Jelinski, D. (1999). The relative importance of patch area and perimeter–area ratio to grassland breeding birds. *Ecological Applications*, 9 (4): 1448-1458. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[1448:TRIOPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[1448:TRIOPA]2.0.CO;2)
- Herrera, J.M. (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas*. 20 (2): 21-34. <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/20-Texto%20del%20art%C3%ADculo-34-1-10-20120914.pdf>

Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology - *Geological Society of America Bulletin*. 56 (3): 275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

Hummel, C.A.; Mellink, Y.A.M.; Bienfait, L.J.; Adamescu, M.C.; Cazacu, C.; Heurich, M.; Medina, F.M.; Morkūnē, R.; Švajda, J.; Hummel, H. (2021). A practical novel assessment tool for the socio-ecological condition of Protected Areas: The Protection Level Index (PLI), *Journal for Nature Conservation*. 64 (september). <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126065>

IPBES (2022, 18 de junio). El peligroso declive de la naturaleza “sin precedentes”; Las tasas de extinción de especies se ‘aceleran’. *Plataforma intergubernamental de ciencia y política sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas*. París. <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>

Jones, K; Venter, O.; Fuller, R.; Allan, J.; Maxwell, S.; Negret, P.; Watson, J. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science*, 360 (6390): 788-791. <https://doi.org/10.1126/science.aap9565>

Lizárraga L., Monguillot J. (2018). Huella humana en Argentina. Dirección Regional Noroeste, APN. Salta, Argentina. http://geoportalesida.gob.ar/layers/geonode%3Ah_humana_v01

MacArthur, R.H., Wilson, E.O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, USA.

Margules, C.R. y Pressey, R.L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405 (6783): 243-253. <https://doi.org/10.1038/35012251>

Mascia, M. B.; Pailler, S.; Krithivasan, R.; Roshchanka, V.; Burns, D.; Mlotha, M.J.; Murray, D.R. y Peng, N. (2014). Degradación, reducción y eliminación de clasificación de áreas protegidas (PADDD) en África, Asia y América Latina y el Caribe, 1900-2010. *Conservación biológica* 169 (enero): 355-361 <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.021>

Martín, G., Beade; M., Martínez, L.V.; Pérez-Carusi, L. y Lipori, M. (2021). Avances en la implementación de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Campos del Tuyú. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4 (3): 2925-2945.

Morea, J. C. (2014). El diseño de las áreas protegidas y su influencia en el desarrollo de actividades de uso público: contexto latinoamericano y situación en Argentina. *Anais Brasileiros de Estudos Turísticos (ABET)*, 4 (3): 64-87. En: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/35370>

Parlamento europeo (2020). Resolución del Parlamento Europeo, del 16 de enero de 2020, sobre la 15ª reunión de la Conferencia de las Partes (COP15) del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2019/2824 (RSP)). Unión Europea. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0015_ES.html

Pincheira-Ulbrich, J.; Peña-Cortés, F. (2009). Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos. Buenos Aires. *Pyton*. 78 (2009): 121-128. <http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol78/PINCHEIRA.pdf>

Protected Planet (2021, 19 de octubre). *Descubra las áreas protegidas del mundo*. <https://www.protectedplanet.net/en>

Rau, J., Gantz, A y Torres, G. (2000). Estudio de la forma de fragmentos boscosos sobre la riqueza de especies de aves al interior y exterior de áreas silvestres protegidas. *Gestión Ambiental* 6: 33-40.

file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/Estudio_de_la_froma_de_fragmentos_boscos.pdf

Secretaría de Ambiente (2019, 15 de mayo). *Informe Nacional Ambiente y Áreas Protegidas de la Argentina 2008-2018*.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_ambiente_y_ap_final.pdf

Serrano-Infante, 2018). Soja en el Gran Chaco Argentino en el siglo XXI. *Tramas/Maepova*, 6 (2): 107-121.
<http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/cisen/article/viewFile/1086/1045>

SIB - Sistema de información de la Biodiversidad (2020, 19 de octubre). Áreas Protegidas
<https://sib.gob.ar/index.html#!/areas-protegidas>

SIFAP - Sistema Federal de áreas protegidas (2021, 19 de octubre). Áreas Protegidas.
<https://sifap.gob.ar/areas-protegidas>