

¿El oasis de regadío del Alto Valle es un paisaje de humedales? Funciones ecológicas y heterogeneidad ambiental de metacomunidades en un paisaje biocultural

Leonardo Datri^{1*}, Mario Robertazzi¹, Maira Kraser¹⁻², Eliana Miranda¹, Fernanda Gauna¹⁻³, Micaela Lopez¹⁻⁴, Stefania Buchter¹, Rafael Maddio⁵

¹ Laboratorio de Ecología de Bordes, Universidad de Flores. ² Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, UNCO. ³ Municipalidad de Neuquén. ⁴ Instituto Patagónico de Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales, UNCo – CONICET. ⁵ INTA-APN.

* Autor de correspondencia: leonardo.datri@uflouniversidad.edu.ar

RESUMEN

Los sistemas de regadío en ecosistemas agrarios áridos contribuyen a la diversidad del paisaje e influyen en la composición de especies. Para evaluar su efecto sobre las comunidades de plantas, seleccionamos una zona urbano - rural en la confluencia de los ríos Limay y Neuquén. Las comunidades vegetales naturalizadas e implantadas se contaron en parcelas representativas distribuidas a lo largo de la red de canales, bosques riparios y relictos del monte nativo en las que se registraron diversas variables relacionadas con las características físicas, la estructura y la cobertura de la vegetación asociada y el uso del suelo. Detectamos 72 especies de plantas y 27191 parches de unidades funcionales asociadas al oasis de regadío y las dinámicas fluviales de los valles de los ríos. Se analizaron patrones funcionales relativos a la distribución de agua en una serie temporal de imágenes Sentinel-2 por medio de índices NDVI mensuales. Luego se relacionaron con la probabilidad de presencia de especies seleccionadas por tipos funcionales y la riqueza de especies. La riqueza y el tamaño de parches se asociaron significativamente, mientras la relación entre perímetro y superficie de parches nos permiten inferir un proceso de fragmentación a escala de paisaje del oasis y los humedales. Las variables más importantes que explican la presencia y riqueza de especies, se asocian a la presencia de agua en la matriz árida. Detectamos un proceso de cambio de uso del suelo por procesos urbanos que tienen influencia en la fragmentación y la composición de especies. Por lo tanto, proponemos un modelo de manejo basado en la protección del oasis como patrimonio y paisaje biocultural, basado en su diversidad funcional y valor socioecológico.

Palabras clave: oasis de regadío, humedales, diversidad funcional, paisaje biocultural.

ABSTRACT

Irrigation systems in arid agrarian ecosystems contribute to landscape diversity and influence species composition. To evaluate its effect on plant communities, we selected an urban-rural area at the confluence of the Limay and Neuquén rivers. The naturalized and implanted plant communities were counted in representative plots distributed along the network of canals, riparian forests, and relicts of the native forest, in which various variables related to the physical characteristics, structure, and coverage of the associated vegetation were recorded. and land use. We detected 72 plant species and 27,191 patches of functional units associated with the irrigated oasis and the fluvial dynamics of the river valleys. Functional patterns related to water distribution in a time series of Sentinel 2 images were analyzed using monthly NDVI indices. Then they were related to the probability of presence of species selected by functional types and species richness. Patch richness and size were significantly associated, while the relationship between patch size and area allows us to infer a fragmentation process at the landscape scale of the oasis and wetlands. The most important variables that explain the presence and richness of species are associated with the presence of water in the arid matrix, the naturalization of a large number of plants belonging to the cultural heritage of the valley. We detected a process of land use change due to urban processes that influence fragmentation and species composition. Therefore, we propose a management model based on the protection of the oasis as heritage and biocultural landscape, based on its functional diversity and socio-ecological value.

Key-words: irrigated oasis, wetlands, functional diversity, biocultural landscape.

INTRODUCCIÓN

Una metacomunidad se define como un conjunto de comunidades locales conectadas por la dispersión de múltiples especies que interactúan entre sí (Leibold et al., 2004). Tales interacciones locales conforman los procesos regionales que establecen el ensamble de una comunidad local con otra (Logue et al., 2011). La variación en la estructura de metacomunidades es función de factores bióticos,

abióticos y por la capacidad de dispersión de organismos vivos entre parches de hábitat. La teoría de la metacomunidad propone que la presencia y abundancia de especies es el resultado de factores locales de disturbio y distribución de parches a escala de paisajes. Sin embargo, la diversidad a nivel de comunidades (diversidad beta) y la configuración espacial de los hábitats en la matriz del

paisaje explican el patrón de subconjuntos anidados aun con pérdida de especies agrupadas a través de las escalas (Ryberg y Fitzgerald, 2016).

Los cambios en la estructura de una comunidad por la invasión múltiple de especies de plantas producen inevitablemente efectos en las funciones del ecosistema. Por lo tanto, es importante identificar las características de cada invasora naturalizada y su efecto en los patrones de convergencia y divergencia de rasgos de las comunidades. La convergencia de rasgos funcionales de plantas invasoras puede evidenciar efectos abióticos de selección de especies con tolerancias ecológicas compartidas, como bióticas por las cuales se excluyen por competencia. La divergencia de rasgos establece la diferenciación de nichos de las especies, en el proceso de ensamblaje. De esta manera el aumento en la invasión de múltiples especies puede conducir a un aumento en la diversidad funcional pero una disminución de su variación a escala de comunidades locales (Reeve et al., 2022; McGranachan y McGeoch, 2019, Hortobágyi et al., 2017, Datri et al., 2016).

Entendemos por oasis a paisajes intrazonales específicos y únicos en un contexto árido o semiárido (Escobar et al., 2022). Su cobertura vegetal es más densa en relación a su entorno y con mayor complejidad estructural, debido a la presencia de cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos próximos a la superficie y la rugosidad de su topografía, que facilita especies hidrófilas invasoras en un medio árido. En consecuencia, la diversidad global se incrementa, como efecto de la diversidad individual de parches heterogéneos asociados en mayor o menor medida a la presencia de agua o las condiciones de aridez. A escala de oasis, la construcción del mosaico es de naturaleza heterogénea dependiendo además de los procesos de desarrollo y culturales, los usos del suelo, los regímenes hídricos y sus rasgos multifuncionales (Liu et al., 2021, Wang et al., 2021).

Un paisaje antrópico representativo de la complejidad socioecológica son los oasis en los ecosistemas áridos y semiáridos con sus efectos en la diversidad funcional (Escobar et al., 2022; López-Pomares et al., 2015). Los humedales y particularmente los oasis, tienen funciones ecológicas y biodiversidad muy relevantes para procesos benéficos para las sociedades humanas como la fijación de carbono y la regulación del ciclo hidrológico local en zonas áridas. Pero también, se destacan por

su valor social, contribuyendo a la seguridad alimentaria de pequeñas y medianas comunidades rurales (Hettierachchi et al, 2015).

En algunos humedales, las comunidades locales y regionales conservan el patrimonio biocultural (Toledo et al., 2008) a través de la acción de mantener y construir oasis que se expresa en las formas singulares de aprovechamiento y conocimiento tradicional de los recursos hídricos y biológicos. Esta visión integrada del oasis al concepto de humedales y de paisajes de humedales, adquiere una dimensión funcional relevante en la ecología y la organización social.

En el norte de la Patagonia los procesos de urbanización están avanzando sobre el oasis de regadío preferencialmente. Con el inicio del siglo XXI aparecen nuevas estrategias a partir de los beneficios de la diversidad biológica para los espacios urbanos y en particular los sitios patrimoniales como paseos, centros históricos y relictos de paisajes rurales. Actualmente se evalúa el potencial de planificar la ciudad como un mosaico biocultural integrando a paisajes transformados históricamente, a las tramas urbanas (Cuvi, 2017). La integración de redes de cercos verdes, canales de riego y drenajes naturales o artificiales, humedales espontáneos, estanques, huertas, arbolados históricos, caminos y fronteras rurales ya forman parte de los recursos de planificación de la ciudad (Lima y Cruz Castillo, 2019). La diversidad biocultural es una propiedad emergente de paisajes originada en las interrelaciones entre las diversidades biológica y cultural (Cevasco et al., 2015). En este sentido humedales naturales y elementos del oasis de regadío se integran a una matriz urbana particularmente dispersa (Datri et al., 2023). Al mismo tiempo se integran patrimonios y paisajes bioculturales resultantes de un siglo de historia ecológica del oasis sobre los tramos inferiores de valles de los ríos Limay y Neuquén.

El concepto de humedal abarca una amplia diversidad de ecosistemas y paisajes riparios, definidos muy genéricamente en la Convención Ramsar de 1971 (Hettierachchi et al., 2015), pero en todos ellos el factor determinante es la disponibilidad de agua que configura comunidades adaptadas al régimen hídrico y la inundación (Morandeira y Kandus, 2017, Kandus et al., 2011). Nuestro trabajo se orienta en este sentido a considerar aspectos funcionales del oasis de regadío de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén en la Patagonia árida

para identificar y caracterizar la estructura ecológica y biocultural. Por esta razón partimos de la hipótesis de que los oasis funcionan en términos ecológicos como humedales, aunque no todos los humedales en regiones áridas son oasis. En algunos casos, humedales naturales fueron transformados en oasis, como en Elche (Canales Martínez et al., 2012) o Baja California (Olivera y Maldonado, 2017). En este sentido existe un concepto acuñado en lengua inglesa como “pondscape”, que hace referencia al paisaje de estanques o pequeños humedales, de menos de dos hectáreas (Hassal, 2014), que configuran parches con diversidades alfa muy reducidas, pero que aportan a una mayor diversidad funcional según los atributos ecológicos que los caracterizan. Como consecuencia, la diversidad gama es alta, especialmente cuando los estanques aportan más heterogeneidad ambiental al paisaje. En este contexto, es clave evaluar el efecto del cambio de uso de suelo sobre la biodiversidad presente en sistemas de oasis, “pondscapes” o paisajes de humedal en zonas áridas.

Con el objetivo de determinar la influencia de los factores ambientales en el ensamble entre paisajes fluviales, urbanos y rurales pertenecientes al oasis de regadío, se analizaron los siguientes predictores:

- a) de ocupación total de nichos ecológicos ribereños por comunidades de especies exóticas e implantadas asociadas a patrones funcionales que definan la aptitud o resistencia de los hábitats del oasis de regadío;
- b) de incremento de la heterogeneidad espacial y la diversidad vegetal dependiente de la dinámica fluvial y los sistemas de riego tradicionales por inundación.

Ensayamos la hipótesis de que existe un aumento del umbral de condiciones físicas para la distribución de nuevas comunidades asociadas al oasis de regadío y los humedales de las planicies de inundación de los ríos de la región árida del norte de la Patagonia. El oasis de regadío posee funciones análogas a la de un humedal debido al sistema de riego implementado tradicionalmente. Los cambios históricos y actuales en el patrón de uso del suelo y la extensión de la mancha urbana favorecen la dispersión de nuevas especies y configuran un nuevo mosaico de parches diversos biológica y culturalmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende los valles fluviales de los tramos inferiores de los ríos Limay y Neuquén. El área abarca superficies del oasis de regadío y recientes urbanizaciones en torno de las ciudades de Neuquén, Plottier y Cipolletti (Figura 1). El procesamiento de imágenes proporciona al registro espacial de la dinámica de los valles fluviales, la información sobre la respuesta del agua y la vegetación de acuerdo a sus propiedades ópticas, a partir de la densidad de datos de series temporales. Así fue posible profundizar los estudios hidrológicos, geográficos y ecológicos a escalas global y local, basado en el progreso de los procesos alcanzados dependiendo del tiempo abarcado por las series de tiempo analizadas. Por medio de este mecanismo de análisis se pudo rastrear la presencia de agua de superficie, tanto estacionalmente como a través de los años y dar una idea exacta de dónde está presente durante un período de tiempo (Pellat et al. 2009) con su vegetación asociada. En este sentido, los trabajos de teledetección y clasificación de unidades de paisajes en los valles de la Patagonia árida son escasos. Por esta razón, los estudios que avancen en el procesamiento de información en series de tiempo cada vez más largas, permitirán disponer de mayor cantidad de datos relacionados a la dinámica de humedales y usos del suelo en un contexto de nuevos cambios en el paisaje.

Los parches de patrones funcionales fueron extraídos de series temporales de NDVI obtenidas de un set de imágenes mensuales de 2020 a 2022 del satélite Sentinel-2 de 10 m de resolución. Los valores de anomalía temporal fueron comparados con los NDVI promedios a través del desvío estándar. Por medio de clasificación no supervisada de una imagen multibanda con las medias estacionales de NDVI y los desvíos estándar, se obtuvo un mapa de patrones funcionales por medio del clasificador ISODATA (Borro et al., 2011; Salvia et al., 2011) con una precisión del 88,4%, ajustados a un análisis de conglomerados de 43 datos de campo. El mapa de patrones funcionales se vectorizó para extraer cuatro elementos funcionales del paisaje relacionados a la distribución de agua y vegetación:

- 1) Monte nativo
- 2) Palustres y pasturas implantadas.
- 3) Bosques riparios, plantaciones y cercos verdes

4) Cuerpos de agua

Se analizó la expresión espacial del oasis de regadío, bosques riparios y humedales ribereños de los tramos inferiores de los valles fluviales de los ríos Limay y Neuquén en su confluencia, con datos de campo y métricas del paisaje. Los datos de campo asociados a los patrones funcionales identificados permitieron relacionar la riqueza, tipos funcionales y coberturas de vegetación, con las métricas de paisaje como el tamaño y el perímetro de parches.

La relación del tamaño y el perímetro a su vez permitieron evaluar el nivel de fragmentación y resistencia del sistema a los procesos invasivos, que otorgan heterogeneidad y diversidad funcional al oasis. Los procesos aquí estudiados se ajustan a escala de paisajes por medio de un sistema de información geográfica desarrollado con el programa QGIS.

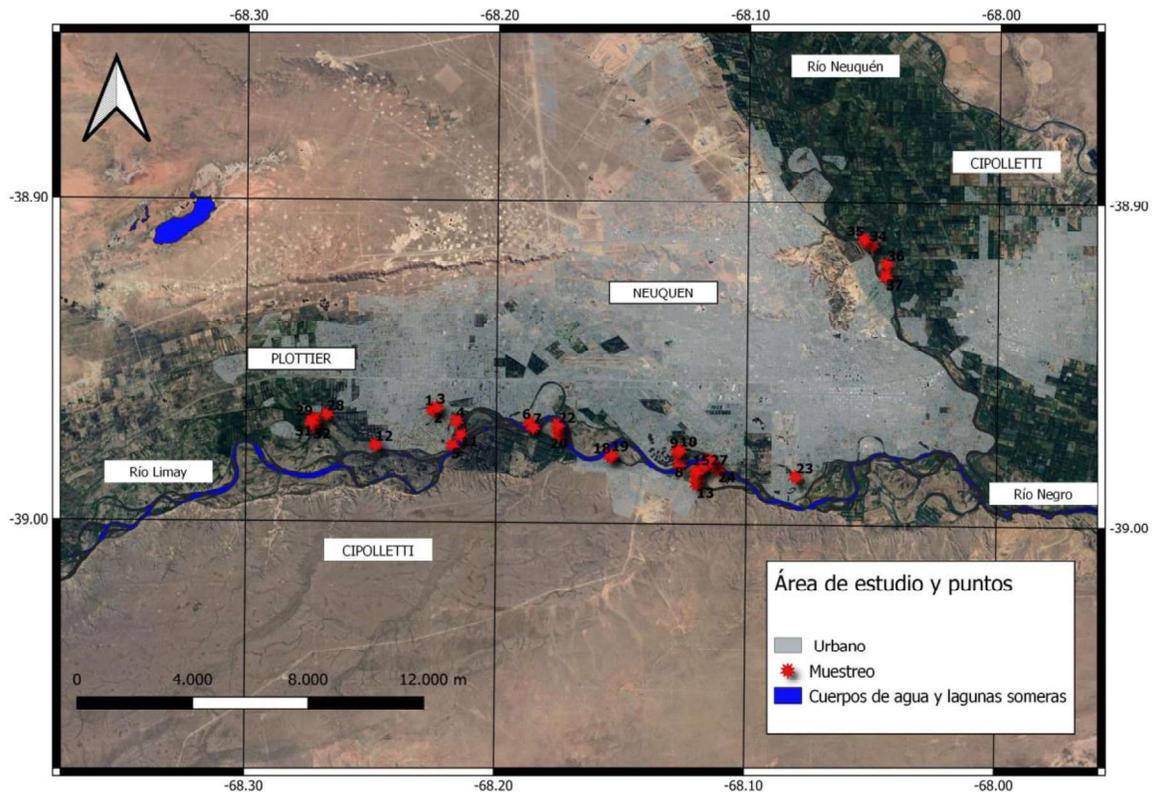


Figura 1. Área de estudio y puntos de registro de campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón funcional, determinado por la presencia y distribución del agua en la matriz árida del paisaje, permitió identificar la distribución de especies de vegetación hidrófila, plantas exóticas, los hábitats construidos por tipos funcionales arbóreos y comunidades más densas. Dada la distribución del agua en superficie, también fueron identificadas las superficies de parches de humedales y el oasis de regadío, en contraste con unidades funcionales de la matriz árida del paisaje.

Las métricas del paisaje obtenidas nos entregaron una dimensión de la conectividad de parches del oasis mediado por la distribución de humedales naturales o artificiales y la resistencia de los componentes del monte nativo. La validez del modelo de ocupación de nuevas comunidades se determinó por la relación de los parches asociados a tipos funcionales de vegetación y uso del suelo histórico y reciente (Figura 2 y Anexo Tabla). Sin embargo, estas relaciones no son lineales y se reconocieron tres

secuencias distintas:

- 1) Secuencia de distribución de parches de vegetación de salicáceas riparias asociados a depósitos aluviales y coberturas de sotobosque densas, a lo largo de un gradiente de conectividad fluvial
- 2) Secuencia de distribución de parches de vegetación de salicáceas implantadas o dispersadas naturalmente a lo largo de canales de drenaje y riego, en suelos franco arenosos de planicies y terrazas de inundación, asociados a coberturas de sotobosque densas.
- 3) Secuencia de distribución de vegetación exótica asociada a las secuencias 1 y 2, en procesos de sucesión temprana en monte frutal en producción y chacras abandonadas.
- 4) Secuencia de distribución de pastizales halófitos, plantas riparias y palustres en paleocauces, depresiones de la planicie y terrazas de inundación.

La etapa de flujo crítico de caudales fluviales por más tiempo que una temporada de crecimiento, lleva a una reducción de la estructura de soporte de plantas, de la misma manera que el encharcamiento produce la declinación del crecimiento de plantas juveniles (Hortobagyi et al., 2017). Esto plantea una secuencia (1) de ocupación de nichos ecológicos por salicáceas introducidas, a lo largo de un gradiente de conectividad comprendido por los lechos de los ríos y las planicies de inundación como resultado del depósito diferencial de sedimentos y la configuración geomorfológica del cauce (Datri et al., 2016).

Un gradiente de conectividad similar ocurre entre canales de riego y drenaje hacia zonas antiguamente irrigadas o deprimidas, incluso donde persisten sistemas de riego por inundación (secuencia 2). En esta ocasión el flujo crítico es limitado a precipitaciones intensas extraordinarias o conexión con el sistema fluvial, con capacidad de imponer cambios en la estructura de los canales. En este caso, cambia la composición de especies, mayormente implantadas, pero con especies herbáceas dicotiledóneas principalmente en el estrato bajo. Existe una asociación de la composición de especies (*Populus* sp. principalmente) con las que se desarrollan en

comunidades contiguas en distintos estados del proceso de sucesión dependiendo de las labores culturales de las chacras o de transformación a uso urbano.

En la secuencia 3 se detectó un gradiente de conectividad que no está controlado por el flujo de agua, sino por la capacidad de especies oportunistas, como salicáceas del género *Populus* sp., principalmente, o ruderales y arvenses asociados a los bordes de caminos, cercos verdes y estrato bajo de cortinas rompevientos y bosquetes. En este caso, el sistema de riego empleado o su abandono, junto con la interrupción de labores culturales (muy relacionado al cambio de uso del suelo con fines urbanos), regula el proceso de sucesión.

En la secuencia 4, se identificaron parches de especies riparias (en algunos casos bosquetes de sauce criollo) y palustres, asociados al drenaje natural desde la meseta al valle que incluyen depresiones en contexto del monte xerófilo. Entre ellos se incluyen chacras abandonadas en procesos de sucesión temprana, desmontadas.

Fuera del dominio fluvial, las secuencias 2 y 3 están integradas por especies cultivadas o introducidas a las ciudades con fines ornamentales, a través de caminos, canales de riego, drenaje, humedales espontáneos y cortinas cortavientos, que desaguan por microcuencas urbano – rurales a los ríos. De esta manera queda configurado un sistema de oasis de regadío y humedales ribereños integrados, en el que se destaca un patrón funcional definido por los subsistemas fluviales y de regadío en una matriz árida. Los parches asociados al sistema hídrico integrado agrupan humedales, bosques riparios, cercos verdes, chacras en producción y abandonadas, en los que se reconocieron los componentes que configuran los atributos extremos del sistema que definen la aridez y la distribución del agua (Figura 3).

Reeve et al., (2022) plantean que el impacto ecológico de las introducciones de múltiples especies es aun incomprendido. En regiones áridas se encuentran relaciones contrastantes para la diversidad y el recambio de especies exóticas y nativas, raras y comunes. En el mismo sentido, Wang et al. (2021) complementa e indica que la multifuncionalidad del ecosistema a nivel comunitario en el ecotono oasis-desierto de Xinjiang es afectada por la humedad del suelo y la

diversidad funcional. Por otro lado, la cobertura de vegetación leñosa se vio afectada principalmente por la humedad del suelo y las características funcionales de las hojas, mientras la cobertura de

herbáceas se vio afectada principalmente por la diversidad filogenética y la diversidad de especies (Wang et al., 2021).

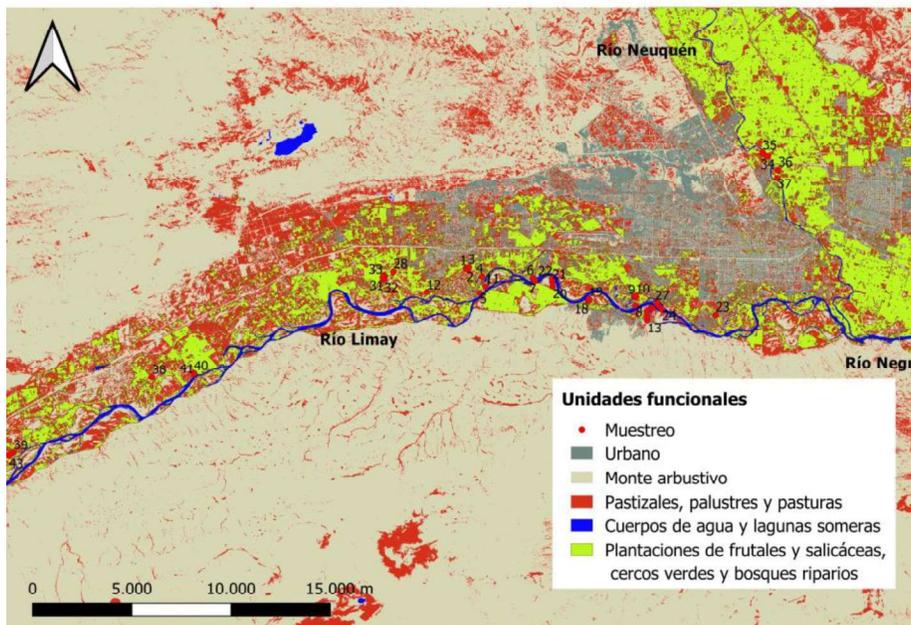


Figura 2. Patrón funcional de los valles de los ríos Limay y Neuquén.

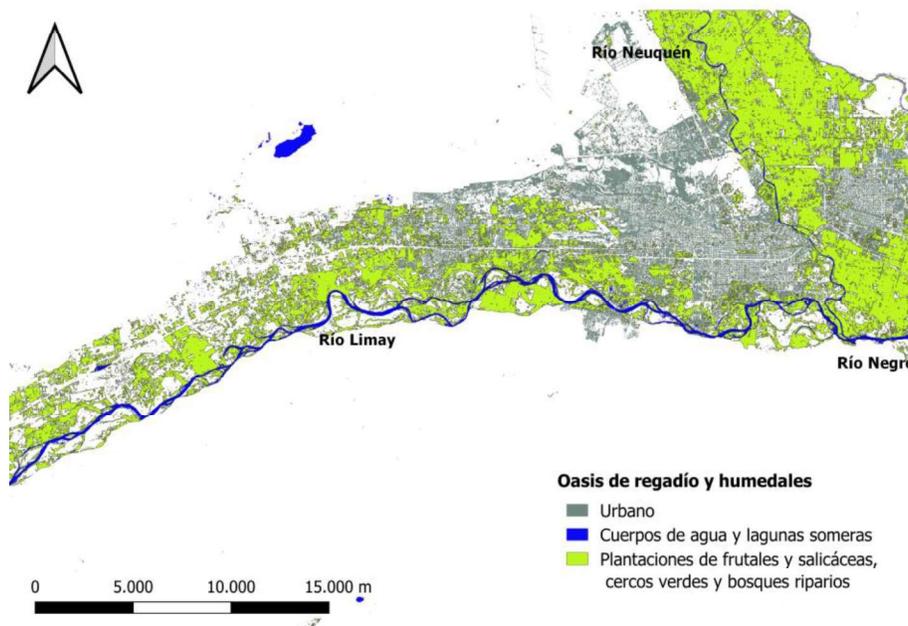


Figura 3. Distribución del oasis de regadío y humedales sobre el valle.

Este marco de estudios nos permitió inferir que los atributos del paisaje que configuran el sistema

integrado por oasis y humedales fluviales en la confluencia, poseen más allá de la componente de

la humedad del suelo, rasgos propios de la organización endógena de comunidades de plantas y estructura vertical de la vegetación (Figura 4). Esto es consistente con las ideas de McGrannachan y McGeoch (2019) que plantean que los cambios en la estructura de la comunidad por la invasión de múltiples especies de plantas pueden tener consecuencias para la función del ecosistema. Para ello hay que identificar los rasgos de plantas exóticas naturalizadas especialmente capaces de optimizar los patrones de convergencia y divergencia a lo largo de un gradiente de invasión, lo que define el incremento de la diversidad funcional (McGrannachan y McGeoch, 2019).

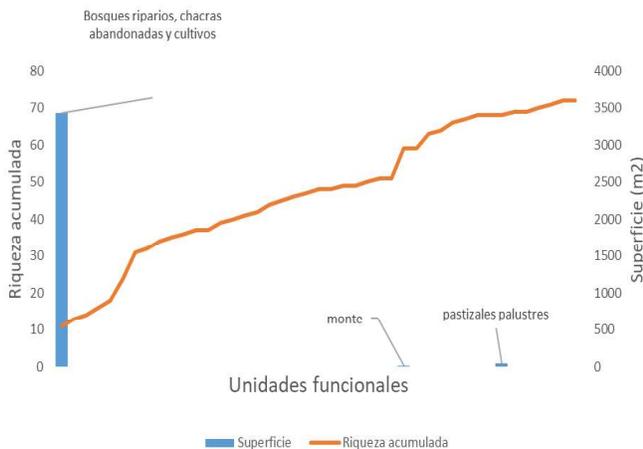


Figura 4. Riqueza acumulada y patrones funcionales.

De acuerdo a estos principios los paisajes fluviales en la Patagonia junto a chacras y cercos verdes, configuran espacios invasibles, por la dimensión de la distribución de agua a lo largo del oasis de regadío. En consecuencia, muchas especies del acervo cultural del valle conforman unidades discretas asociadas a fluctuaciones en la forma en que se distribuye y organiza el flujo y la cantidad de agua a lo largo de todo el oasis como sistema integrado con el régimen hídrico de los ríos. Dentro del dominio del régimen fluvial y de regadío, la diversidad vegetal del paisaje expresa la diversidad biocultural del acervo de especies introducidas y ensambladas a comunidades riparias. Por fuera de su alcance, se expresan diversidades asociadas al monte nativo, el drenaje

del suelo natural y su proximidad a la influencia de las fluctuaciones de la napa freática y chacras abandonadas. Las posibilidades de coexistir entre distintas especies en el gradiente árido - ribereño y conformar metacomunidades riparias a lo largo y ancho de una planicie de inundación fluvial y el oasis de regadío, quedan reguladas así por el acceso al agua, la permanencia de humedales, la dinámica del régimen fluvial y pluvioaluvional y su conectividad (Anexo tabla).

Los registros de campo permitieron identificar 72 especies de plantas, de las cuales el 66% son exóticas. Cuando el conteo se circunscribe a parches del monte esta proporción cambia a 10%. Entre los grupos funcionales de vegetación arbórea el 93% son exóticas y solo el 57% pertenece al grupo taxonómico de las salicáceas. En este contexto, sin embargo, la riqueza acumulada se asocia al patrón funcional que no discrimina a chacras de algunos ambientes riparios (Figura 4). Esto explica el hecho de que la riqueza es mayor a escala del valle y parches grandes, aunque baja a nivel comunitario de varios parches del monte o de menor tamaño. Debido a la heterogeneidad conferida por el agua en la matriz árida, la suma de riquezas configura una mayor diversidad funcional a todo el sistema.

El rápido incremento de la población urbana de la Patagonia y la metropolización de las ciudades de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén, ilustra el tipo de propiedades emergentes que surgen debido a las interacciones entre diferentes clases de procesos sobre los valles. La expansión urbana sobre el oasis de regadíos implica nuevos cambios en la configuración del paisaje y nuevos procesos endógenos y exógenos, en cada parche. Con esto se incrementa la multifuncionalidad del sistema, mientras que cada parche del oasis se ensambla con chacras abandonadas y bosques riparios, donde avanzan procesos de sucesión y nuevas invasiones. Como consecuencia de esto una nueva configuración de parches fragmentados se distribuyen con un patrón de tamaños en el que las unidades funcionales de bosques riparios y chacras se fragmentan en 27191 unidades de las que solo 210 superan las 5 ha. Por debajo de esta medida se localizan 235 estanques (Hassal, 2014) o unidades funcionales de chacras y humedales fragmentados. Los parches de mayor tamaño se asocian a superficies cultivadas de peras, manzanos, pasturas con cercos verdes a lo largo

de canales de riesgo y de drenaje, englobados en la clase 1 (Anexo tabla) que comprende tanto chacras activas como humedales. La asociación de parches al patrón funcional establecido por la distribución lineal de los flujos fluviales y de la red hídrica del oasis establece unos pocos parches con elevada relación área - superficie perímetro (Figura 5a), que expresa alta conectividad y explica, en buena medida, la diversidad funcional alcanzada por el oasis (Figura 5b), sostenida por una gran cantidad de fragmentos relicuales en la trama urbana o pertenecientes a la matriz árida.

El hecho de que chacras en producción, bosques riparios y humedales conformen una única estructura de oasis, no representa un problema en términos de comprensión como sistema ecológico regulado por procesos hidrológicos comunes, aunque de diverso origen. Esta comprensión conceptual podría ser abordada como sistema socioecológico, aunque futuras investigaciones permitan una clasificación en detalle de las unidades de paisaje que se desprenden de las múltiples funciones ecológicas y usos del suelo en esta categoría. Esto se debe a un patrón funcional establecido por la configuración en tiempo y espacio de una estructura organizada por la articulación del oasis de regadío y la planicie de inundación. Desde su origen, a lo largo del siglo XX en todo el Alto Valle, los procesos de sucesión conformadas por metacomunidades asociadas, a variaciones exógenas inicialmente, y endógenas una vez establecidas un conjunto de especies pertenecientes al acervo cultural. El concepto de nicho ecológico explica la forma en que estas especies interactúan en diferentes niveles de organización con las diversas condiciones impuestas por el sistema oasis y planicie de inundación a distintas escalas espacio-temporales (Ryberg y Fitzgerald, 2016, Logue et al., 2011; Leibold et al., 2004). Por ello cada secuencia explica el modo particular en la que especies invasoras estructuraron parches de vegetación específicos, con grupos funcionales claramente estratificados, diferentes del monte arbustivo nativo. El sistema de riego por inundación, empleado tradicionalmente nos permite asegurar, que al igual que arroceras y chinampas (Hettierachchi et al., 2015), las chacras del valle configuran un sistema de humedal artificial dados los atributos funcionales reconocidos en relación a la presencia cíclica de agua en superficie y

vegetación. De esta manera, mediados por las posibilidades de la teledetección y el procesamiento de la información de las propiedades ópticas del agua y la vegetación, se pudo determinar el patrón funcional y en consecuencia el valor ecológico y funcional de este patrimonio cultural. Independientemente de otros impactos edáficos y ecológicos que implica la transformación histórica de los valles, la complejidad alcanzada por metacomunidades con su diversidad funcional actual frente al proceso de desarrollo urbano de la región, comprende un espacio socioecológico de valor desde la perspectiva biocultural y patrimonial. También es una delimitación útil a los efectos de la planificación del uso de suelo y el desarrollo urbano, teniendo en cuenta los valores de diversidad que se alojan a nivel de paisaje y de regulación del drenaje. Por ello es de esperar que estudios futuros en otros componentes de la biodiversidad como aves, macrófitas, anfibios y macroinvertebrados acuáticos arrojen una mejor comprensión de los efectos de sistema de riego en la diversidad funcional.

El modelo analizado proporciona las bases para definir un umbral de probables condiciones de hábitat adecuados a una combinación de especies de un limitado número de poblaciones del acervo natural y cultural de plantas introducidas con fines productivos y ornamentales. El reconocimiento de los extraordinarios niveles de diversidad, sin perjuicio de la distribución de especies nativas, es la base sobre la cual se debe promover un nuevo paradigma de conservación de paisajes bioculturales (Cuvi, 2017; Cevalco et al., 2015), basado en la protección de patrimonio cultural material e inmaterial, la rehabilitación de condiciones ecohidrológicas de especies amenazadas por procesos invasivos, uso mixto regulado del suelo en zonas periurbanas (Lima y Cruz-Castillo, 2019), protección de suelos y cuerpos de agua.

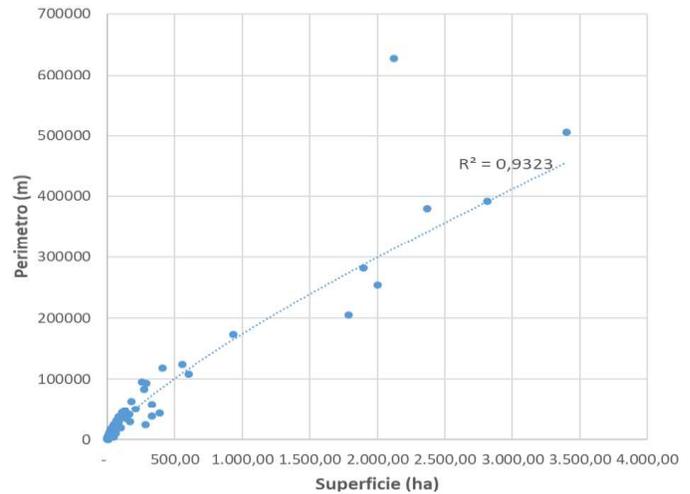
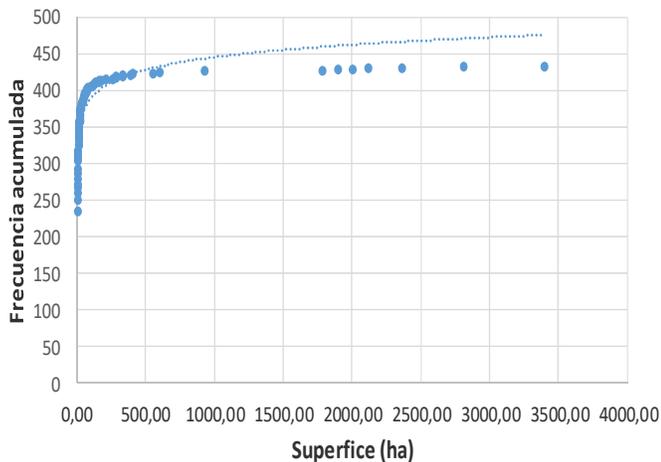


Figura 5a (izquierda). Relación perímetro-superficie de parches de unidades funcionales de bosque riparios y chacras; 5b (derecha). Frecuencia acumulada según rangos de superficies.

AGRADECIMIENTOS

Este manuscrito es una producción financiada a

BIBLIOGRAFÍA

- Borro, M., Puig, A., Minotti, P. y Kandus, P. 2011. Lagunas someras de la porción media del Delta del Paraná. En: Kandus, P., Minotti, P., Borro, M. 2011. Contribuciones al conocimiento de los humedales del Delta del Río Paraná. San Martín: Universidad Nacional de Gral. San Martín. UNSAM, Argentina.
- Cevasco, R., Moreno, D., Hearn, R. 2015. Biodiversification as an historical process: An appeal for the application of historical ecology to bio-cultural diversity research. *Biodiversity and Conservation*, 24(13), 3167-3183.
- Canales, G., López, A., Segrelles, J.A. "Percepción de un espacio natural protegido en los municipios de su entorno: el caso de El Hondo de Elche". En: Investigando en rural. [Pamplona]: Ulzama Ediciones, 2012. ISBN 978-84-92870-81-3, pp. 323-332
- Cuvi, N. 2017. Las ciudades como mosaicos bioculturales: el caso del centro histórico de Quito. *Etnobiología*, 15(1), 5-25.
- Datri, L. A., Faggi, A. M., Gallo, L. A., Carmona, F.

través del proyecto Humedales urbanos de la Universidad de Flores sede Comahue.

(2016). Half a century of changes in the

riverine landscape of Limay River: the origin of a riparian neoecosystem in Patagonia (Argentina). *Biological Invasions*, 18, 1713-1722.

- Datri, L., Robertazzi, M., Kraser, M., Miranda, E., Gauna, F., Lopez, M., Buchter, S. 2023. Rastros del paisaje biocultural del oasis de regadío en los bosques riparios y cercos verdes de las ciudades de los valles del norte de la Patagonia. Actas del VIII Congreso Forestal Latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino.
- Escobar, M. A., Muñoz-Pacheco, C. B., Villaseñor, N. R. 2022. Antropización del paisaje y diversidad de especies de aves: el caso de los valles-oasis del Desierto de Atacama. *Idesia (Arica)*, 40(1), 49-57.
- Hassall, C. 2014. The ecology and biodiversity of urban ponds. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 1 (2). pp. 187-206.
- Hettiarachchi, M., Morrison, T. H., McAlpine, C. 2015. Forty-three years of Ramsar and urban wetlands. *Global Environmental Change*, 32, 57-66.

- Hortobágyi, B., Corenblit, D., Steiger, J., Peiry J. 2017. Niche construction within riparian corridors. Part I: Exploring biogeomorphic feedback windows of three pioneer riparian species (Allier River, France). *Geomorphology*.
- Kandus, P., Quintana, R. D., Minotti, P. G., Oddi, J., Baigún, C., González Trilla, G., Ceballos, D. 2011. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires: INTA, 265-290.
- Leibold, M. A., Holyoak, M., Mouquet, N., Amarasekare, P., Chase, J. M., Hoopes, M. F., Gonzalez, A. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology letters*, 7(7), 601-613.
- Lima, P. A. T., Cruz-Castillo, J. G. 2019. Procesos urbanos y sistemas socioecológicos. Trayectorias sustentables de la agricultura de chinampa en Ciudad de México. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (25), 168-189.
- Liu, C., Zhang, F., Johnson, V. C., Duan, P. (2021). Spatio-temporal variation of oasis landscape pattern in arid area: Human or natural driving?. *Ecological Indicators*, 125, 107495.
- Logue, J. B., Mouquet, N., Peter, H., Hillebrand, H. 2011. Empirical approaches to metacommunities: a review and comparison with theory. *Trends in ecology & evolution*, 26(9), 482-491.
- López-Pomares, A., López-Iborra, G. M., Martín-Cantarino, C. 2015. Irrigation canals in a semi-arid agricultural landscape surrounded by wetlands: Their role as a habitat for birds during the breeding season. *Journal of Arid Environments*, 118, 28-36.
- Martínez, G. C., & Serrano, J. A. S. 2010. Situación actual y perspectivas de futuro de un paisaje cultural: la Huerta del Bajo Segura (Alicante). In Póster presentado al XV Congreso de Geografía Rural, Cáceres, Colombia.
- McGrannachan, C. M., McGeoch, M. A. 2019. Multispecies plant invasion increases function but reduces variability across an understorey metacommunity. *Biological Invasions*, 21, 1115-1129.
- Morandeira, N. S., Kandus, P. 2017. Do taxonomic, phylogenetic and functional plant α - and β -diversity reflect environmental patterns in the Lower Paraná River floodplain? *Plant Ecology & Diversity*, 10(2-3), 153-165.
- Olivera, M. M. C., Maldonado, A. L. C. 2017. Oasis Sudcalifornianos: paisajes bioculturales con elevada capacidad adaptativa a la aridez y potencial para la construcción de la sustentabilidad local. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(2), 217-239
- Pellat, F. P., Sosa, M. I. M., Bautista, E. L., Hidalgo, A. Z., González, M. A. B., Mota, J. L. O., Panta, E. R. 2009. Elementos para el desarrollo de una hidrología operacional con sensores remotos: mezcla suelo-vegetación. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 24(2), 69-80.
- Reeve, S., Deane, D. C., McGrannachan, C., Horner, G., Hui, C., McGeoch, M. 2022. Rare, common, alien and native species follow different rules in an understory plant community. *Ecology and Evolution*, 12(3), e8734.
- Ryberg, W. A., Fitzgerald, L. A. 2016. Landscape composition, not connectivity, determines metacommunity structure across multiple scales. *Ecography*, 39(10), 932-941.
- Salvia, M., Grings F., Perna, P., Karszenbaum, H. y Kandus, P. 2011. Patrones funcionales. En: Kandus, P., Minotti, P., Borro, M. (2011). Contribuciones al conocimiento de los humedales del Delta del Río Paraná. San Martín: Universidad Nacional de Gral. San Martín. UNSAM, Argentina.
- Toledo, V. M., Barrera-Bassols, N., García-Frapolli, E., Alarcón-Chaires, P. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México). *Interciencia*, 33(5), 345-352.
- Wang, H., Lv, G., Cai, Y., Zhang, X., Jiang, L., Yang, X. 2021. Determining the effects of biotic and abiotic factors on the ecosystem multifunctionality in a desert-oasis ecotone. *Ecological Indicators*, 128, 107830.