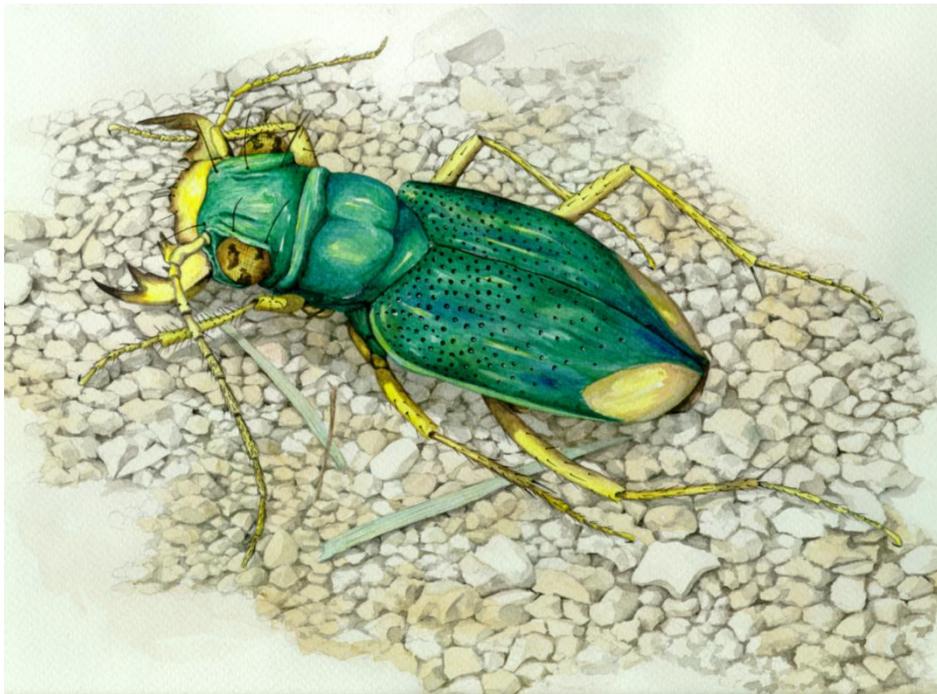


**CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA PROVINCIA
DE MENDOZA: EL CASO DE LOS CARÁBIDOS (INSECTA:
CARABIDAE)**

Sosa, Lucía Ivanna



Tetracha (Neotetracha) cyanea Horn 1915

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GRADO DE INGENIERÍA
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Cuyo

Mendoza, Argentina

-2022-

Autora:

SOSA, Lucía Ivanna

B° Obras Sanitarias, Godoy Cruz, Mendoza

lucia.sosa027@gmail.com

Tel. cel: + 549 261 243-1592

Director:

CARRARA, Rodolfo

Co-director:

ROIG JUÑENT, Sergio

Comisión evaluadora:

Albrecht, Eduardo Alfredo

Rojas, Juan Facundo

RESUMEN

El impacto de las actividades humanas afecta los ecosistemas naturales generando pérdida de diversidad biológica, la cual es una de las principales consecuencias de la crisis ambiental que enfrentamos en nuestro planeta. Los problemas ambientales de la Argentina son diversos, en los últimos 20 años la deforestación y el incremento de la superficie agropecuaria generaron la pérdida de hábitats naturales y su biodiversidad. En los años '90, se perdieron más de 250.000 hectáreas de bosque nativo por año, la tasa de deforestación fue de 0,66%, superando enormemente la tasa de deforestación anual mundial para esa década, que fue de 0,23% (Andrade Diaz 2019).

Otros factores que generan pérdida de biodiversidad son los factores climáticos. En nuestro país, particularmente en la provincia de Mendoza, se presenta un marco geográfico caracterizado por una significativa aridez y una fragilidad ambiental, donde sus ecosistemas se encuentran afectados por procesos de desertificación (Rubio *et al.* 2014). De esta concentración se derivan un conjunto de problemáticas ambientales que afectan integralmente al soporte físico-biológico provincial, tales como la contaminación de los recursos hídricos y del aire, la degradación de suelos, pérdida de biodiversidad, entre otros (Rubio *et al.* 2014). A esto se suma que, dentro del sistema de áreas protegidas existentes, no han prevalecido criterios científicos para su designación, perdiendo eficiencia en la conservación de la biodiversidad. Como consecuencia se genera la necesidad de desarrollar nuevas estrategias efectivas de conservación.

En comparación con otros grupos, los insectos no fueron considerados a la hora de establecer prioridades de conservación. Estos grupos, altamente vulnerables, demandan estrategias de conservación rápidas y efectivas debido al acelerado cambio de sus hábitats naturales. En base a esto, este trabajo tiene como objetivo general determinar si la Red de Áreas Protegidas de Mendoza (RAPM) es efectiva en proteger la diversidad de la Provincia de Mendoza basado en los patrones de distribución de los insectos carábidos, utilizando información obtenida de modelos potenciales de distribución de especies (MPDEs) y el algoritmo de optimización ZONATION. Además, se evaluó cómo el cambio del uso y cobertura del suelo (medido como el Índice de Influencia Humana) influyó en la optimización de la selección de redes de áreas prioritarias para la conservación de los carábidos.

Los resultados obtenidos muestran que: (1) se encontró un total de 152 especies de las cuales se obtuvieron un total de 901 registros georreferenciados. De las 152 especies sólo se tienen registros de 78 para la RAPM; (2) no se encontraron diferencias significativas entre las dos priorizaciones espaciales ABF y CAZ; (3) se obtuvieron importantes desigualdades entre la solución restringida y la solución ideal. Para el mismo porcentaje de área removida, la solución ideal mostró casi el doble de distribución promedio de especies protegidas; (4) la actividad humana condujo a un sistema de áreas con un mayor número de parches, lo que compromete las posibilidades de lograr un sistema eficiente; (5) los análisis de priorización identificaron áreas de alta prioridad de conservación principalmente en la zona norte del territorio mendocino, otras zonas destacadas se ubican al norte y al sur del Paso Pehuenches, así como una pequeña porción de la zona central de la provincia en los alrededores de la Reserva de Biósfera Nacuñán.

Los resultados de la presente investigación brindan prioridades y opciones espaciales para desarrollar un sistema de áreas protegidas más eficiente en la conservación de la biodiversidad. Estos hallazgos son importantes ya que se brindan minimizando conflictos con actividades humanas, y aumentando la factibilidad de gestión para tomadores de decisión, administradores de recursos naturales y organizaciones ambientalistas interesadas en acciones y estrategias de conservación.

ABSTRACT

The impact of human activities fragments natural ecosystems, generating loss of biological diversity, which is one of the main consequences of the environmental crisis that we face on our planet. The environmental problems of Argentina are diverse, in the last 20 years deforestation and the increase in agricultural area generated the loss of natural habitats and their biodiversity. In addition, within the system of existing protected areas, there are no scientific criteria for their designation, therefore efficiency in biodiversity conservation is lost. As a consequence, there is a need to develop new effective conservation strategies.

Compared to other groups, insects were not considered for setting conservation priorities. These groups, which are very vulnerable, produce demands on conservation strategies, which must be fast and effective due to the rapid change in their natural habitats. Therefore, the general objective of this work is to determine if the RAPM is effective in protecting the diversity of the Province of Mendoza based on the distribution patterns of carabids, using information obtained from potential species distribution models and the optimization algorithm ZONATION. In addition, we evaluated the change in land use and cover (measured as the Human Influence Index) and on the influence on the optimization of the selection of networks of priority areas for the conservation carabids.

The results obtained show that: (1) There are a total of 152 species of which there are a total of 901 georeferenced registers. (2) There are no significant differences between the two spatial prioritizations ABF and CAZ. (3) There are big differences between the limited solution and the ideal solution. (4) Human activity produced a system of areas with a high number of patches, which compromises the possibilities to obtain an efficient system. (5) The prioritization analyzes identified areas of high conservation priority, mainly in the northern zone of Mendoza territory. Other prominent areas are located to the north and south of Paso Pehuenche. As well as a small portion of the central area of the province, in the surroundings of the Reserva de Biosfera Nacuñan.

The results of this research provide priorities and spatial options to develop a system of protected areas more efficient in the conservation of biodiversity, minimizing conflicts with human activities, and increasing the feasibility of management for decision makers, natural resource managers and organizations environmentalists, who are interested in conservation actions and strategies.

Palabras clave: biodiversidad, Carabidae, conservación, RAPM, áreas prioritarias

AGRADECIMIENTOS

Luego de haber concretado esta tesis para obtener el título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, deseo expresar mis agradecimientos a aquellos/as que colaboraron de alguna forma durante el desarrollo de la misma y me acompañaron durante este apasionante camino. Así, agradezco muy especialmente y en primer lugar a:

El motor de mi vida, mi familia. A mi mamá por ser tan compañera y comprensiva. A mi papá, por todo lo que nos decimos sólo mirándonos. A mi hermano, por acompañarme en este viaje de la vida. A mi abuela, por ser uno de los pilares que siempre confió en mí y me motivó a no bajar los brazos.

A la manada, mis amigos y amigas, que fueron un gran sostén a lo largo de este camino.

A mi director y codirector por la predisposición, dedicación y excelencia al enseñarme el “arte” de la conservación. Por las largas charlas sobre conservación de biodiversidad. Por sus respaldos académicos y por brindarme siempre todo lo que estuvo a sus alcances.

A la Universidad Nacional de Cuyo, por darme la posibilidad de realizar la tesis de grado. A mis profesores/as y a muchas personas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agrarias que formaron parte de mi aprendizaje.

A la Dirección de Recursos Naturales Renovables de la provincia de Mendoza por los permisos para poder coleccionar material.

A todas las especies con las que comparto este mundo porque por ellas me apasioné.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. FUNDAMENTACIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS	5
1.3. HIPÓTESIS	5
1.4. MARCO TEÓRICO	5
2. MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
2.1.1. Vegetación de la provincia de Mendoza	8
2.2. Red de Áreas Protegidas de Mendoza (RAPM).....	19
2.3. METODOLOGÍA.....	23
2.3.1. Datos y georreferenciación.....	23
2.3.2. Especies.....	24
2.3.3. Análisis de completitud.....	24
2.3.4. Modelos Potenciales de Distribución de Especies (MPDEs).....	26
2.3.5. Priorización espacial para la conservación	29
3. RESULTADOS	32
3.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES.....	32
3.2. ANÁLISIS DE COMPLETITUD	34
3.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL	36
3.4. ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN.....	43
3.4.1. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE LAS TRAVESÍAS	52
3.4.2. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE BOLSONES Y HUAYQUERÍAS.....	54
3.4.3. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE MONTAÑAS.....	54
3.4.4. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE LA REGIÓN VOLCÁNICA DE LA PAYUNIA	55
3.4.5. LISTA DE ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN.....	56
4. DISCUSIÓN	57
5. CONCLUSIONES FINALES	61
6. BIBLIOGRAFÍA	63

1. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica y la conservación de la naturaleza se han transformado en la actualidad en dos conceptos inseparables. A pesar de 250 años de investigación sistemática, la mayor parte de la biodiversidad aún se desconoce (Roig Juñent *et al.* 2013) y la estimación total de especies de organismos existentes varía de 3 a 30 millones o más (Roig Juñent y Claver 1999). Conocer la biodiversidad es necesario para saber cómo es el funcionamiento de los ecosistemas, así como para poder preservar eficazmente un banco genético generado a lo largo de millones de años. Una de las problemáticas de la conservación de la biodiversidad en la actualidad es que está enfocada a determinados grupos de seres vivos. Esto es, que en la mayoría de los casos la protección de un área o la acción de preservar una especie se basa exclusivamente en datos sobre la vegetación o bien en estudios sobre animales vertebrados, ignorando muchas veces a uno de los componentes más importantes de la diversidad biológica de cualquier ecosistema, los invertebrados.

Los artrópodos representan el grupo de invertebrados de mayor distribución global, ya que han conquistado prácticamente todos los ecosistemas terrestres existentes en el mundo (Arnaldos *et al.* 2011). Sin embargo, su conservación rara vez ha sido foco de estudio, principalmente por el elevado número de sus especies, el gran desconocimiento de la biología de la mayor parte de ellas y la falta de conciencia pública acerca de la importancia de su conservación. La importancia de los artrópodos radica en los numerosos servicios ecosistémicos que brindan, como la polinización, la descomposición de materia orgánica, la renovación de suelos y la depredación, entre otros. Comprender los procesos del ecosistema donde intervienen los artrópodos permite establecer la conservación de estos ecosistemas (Arnaldos *et al.* 2011).

Además, si se tiene en cuenta la gran sensibilidad que este grupo muestra en general a los cambios ambientales, el estudio de sus poblaciones resulta de gran utilidad, ya que en muchos casos son excelentes indicadores del estado de conservación de los ecosistemas (Arnaldos *et al.* 2011). Estos cambios pueden darse en variación a la abundancia de determinadas especies, pero en general estas modifican sus límites geográficos en función, tanto de cambios ambientales como de factores históricos que aíslan sus poblaciones. En muchos de estos casos las especies pueden responder adaptativamente a ellos por procesos de selección. Sin embargo, hoy en día la presión humana y su impacto en los paisajes no permite este proceso y está provocando extinciones masivas. Dada la magnitud de los cambios actuales, los riesgos de extinción que afectan a biotas o ecosistemas involucran en mayor medida a los artrópodos.

El mantenimiento de la diversidad es parte fundamental para conservar la forma y función del ecosistema para que este logre un equilibrio a largo plazo. Sin embargo, los cambios ecológicos que tienen lugar actualmente en tan corto plazo son tan complejos y tienen tantas variantes, que es probable que se vean mayores discontinuidades ecológicas en las nuevas comunidades en el futuro. Es necesario, por lo tanto, implementar nuevas metodologías y conceptos que permitan evaluar el grado de conservación de la biodiversidad, como así también analizar taxones considerados no emblemáticos pero de gran importancia en el mantenimiento de la integridad del ecosistema en un área geográficamente

dada. Uno de esos taxones dentro de los artrópodos lo constituyen los coleópteros (Insecta), los cuales ocupan casi todos los gremios en el ambiente. Dentro de los coleópteros, los carábidos son claros exponentes de los depredadores, sensibles a cambios del ambiente y poseen una alta riqueza específica para nuestro país (unas 980 especies, Roig-Juñent 2021).

Una forma de conservar esta biodiversidad es mediante la protección de áreas naturales con distinto grado de uso. Sin embargo, el conocimiento que disponemos de qué diversidad se conserva es casi nulo. Uno de los grandes desafíos para conservar en forma más eficiente la biodiversidad que queda, es poder establecer cómo está distribuida y cuánta de ella se encuentra en áreas protegidas. Es necesario y urgente utilizar criterios científicos en la determinación de nuevas áreas a conservar.

1.1. FUNDAMENTACIÓN

El Convenio sobre Diversidad Biológica define a la biodiversidad como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente y los complejos ecológicos de los que forman parte (Convenio sobre Diversidad Biológica 1992). En este sentido, la biodiversidad que habita una región constituye un patrimonio insustituible ya que cada organismo alberga en su genoma la información de millones de años de adaptaciones evolutivas (Moreno 2001); siendo además el papel central de la biodiversidad, el funcionamiento, productividad y capacidad de respuesta de los ecosistemas. El mantenimiento de la biodiversidad es fundamental para asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales. Altos niveles de biodiversidad permiten un buen funcionamiento de los ecosistemas, una elevada capacidad de reacción a presiones externas (incendios, enfermedades, plagas) y una óptima adaptación a un medio ambiente cambiante (cambio climático, usos del suelo por parte del hombre, etc.) (Ávila Díaz y Cortez Méndez 2020).

Lamentablemente, la biodiversidad global está amenazada por el aumento del riesgo de extinción de las especies causado en primera medida por las modificaciones ambientales propiciadas por el hombre. Debido a esto, la conservación de la biodiversidad se presenta en la actualidad como el mayor reto ambiental al que ha de enfrentarse la humanidad. Una de las estrategias más utilizadas para conservar la biodiversidad es la creación de áreas con distinto grado de protección en las que se intenta mitigar la influencia humana adversa. Específicamente, estas áreas protegidas (APs), son “espacios geográficos claramente definidos, reconocidos, dedicados y gestionados, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley 2008).

Considerando el origen de las APs, se puede reconocer que muchas de ellas han sido creadas sin tener en cuenta la conservación de la biodiversidad como principal objetivo, por ejemplo algunas han sido diseñadas para la preservación de la belleza paisajística de un área particular, o las cabeceras de cuencas de agua, o en muchos casos por ser tierras fiscales que no tienen valor ocupacional. Otras sí consideran la preservación de un ambiente u organismo particular amenazado pero sin hacer un estudio completo de la diversidad. Si bien muchos de estos criterios pueden ser válidos al momento de crear APs, el manejo

efectivo de las mismas dependerá, en gran medida, del grado de conocimiento y complejidad de los ecosistemas que estas contienen (Cifuentes *et al.* 2000). Argentina no es ajena a estos procedimientos y tampoco lo es la provincia de Mendoza.

En Mendoza, la Red de Áreas Naturales Protegidas de Mendoza (RAPM) alcanza una protección ambiental aproximada de 1.900.000 ha, las cuales representan un 13% de su territorio. Si bien el camino recorrido en este sentido, posiciona a Mendoza como una provincia pionera a nivel nacional en la conservación ambiental, se identifican distintos desafíos en relación a la gestión efectiva de sus recursos (Rubio *et al.* 2014). Uno de estos desafíos consiste en la evaluación de la efectividad de esta red en la protección de la biodiversidad, medida como la cantidad de especies con respecto al total de las presentes en la provincia de Mendoza, ya que la creación de muchas de estas Reservas se ha basado en la protección de ambientes y no en criterios basados en proteger a la mayor cantidad de especies posibles (Rubio *et al.* 2014). Para reconocer la efectividad de un AP con el fin de conservar la biodiversidad, resulta necesario lograr el conocimiento, en primera medida, de cómo se distribuye la biodiversidad en el espacio y la posterior evaluación de la cantidad de especies que están representadas en las áreas del total de las existentes (Tognelli *et al.* 2008; Vázquez y Galván, 2009; Corbalán *et al.* 2011). Puntualmente, para la RAPM es precario el conocimiento de la flora y fauna que se encuentra presente en ella, como así también respecto a qué superficie del área de distribución de cada una de las especies de las que está dentro del área está siendo conservada. La ausencia de esta información limita el establecimiento de un plan de conservación efectivo de la biodiversidad. Contar con esta información no sólo es fundamental para el manejo de las APs sino que también sirve para poder identificar nuevas áreas que permitan maximizar la conservación.

Considerando los criterios de conservación de muchas APs, los insectos representan un grupo de animales prácticamente no considerado en estudios de planificación de la conservación. El conocimiento de la riqueza de especies y distribución de los insectos es muy escaso, incluso para las áreas naturales protegidas que son estudiadas desde hace décadas (Roig-Juñent y Claver 1999), situación que no ha cambiado aún. A pesar de la importancia de la conservación entomológica en el país y en la provincia, los esfuerzos se han dirigido hacia otros taxones animales como mamíferos, aves (Laguna Blanca en Neuquén) o en contados casos a reptiles (Corbalán *et al.* 2011). Cabe destacar que los artrópodos constituyen el componente biológico más diversificado en los ecosistemas terrestres, con nichos funcionales y microambientes muy heterogéneos, siendo su biomasa total muy elevada. Además su abundancia y diversidad hacen que operativamente sea más fácil su estudio para establecer pautas de manejo y menos costoso que el de los vertebrados.

La cantidad de especies de artrópodos y la poca información que se dispone de ellos hacen que sea prácticamente imposible en este momento analizarlos a todos. Sin embargo, existen algunos grupos taxonómicos hiperdiversos que cumplen determinados roles en el ecosistema, como polinizadores, detritívoros o predadores, de los cuales disponemos de buena información respecto a su distribución. Un taxón hiperdiverso en el mundo y que posee los requisitos mencionados lo constituyen los carábidos. Se conocen 40.000 especies en todo el mundo (Lorenz 2019) de las cuales hay 7000 especies en América del Sur (Roig-Juñent 2021) y de éstas unas 1300 especies en América

del Sur Austral (Roig-Juñent *et al.* 2013) y en la Argentina 980 especies (número mayor al número de aves (979) y al de mamíferos (395)).

Carabidae es una de las familias de coleópteros mejor estudiadas gracias a su diversidad, larga historia evolutiva y amplia gama de comportamiento. Es una de las diez familias más diversas de escarabajos y la familia con mayor número de especies en el suborden Adephaga de coleópteros. Algunas de sus especies son comúnmente conocidas como los "escarabajos de suelo" o juanitas. Los carábidos son muy sensibles a los cambios ambientales, mantienen su temperatura y humedad estables al esconderse bajo las rocas, troncos, mantillo o cualquier estructura que provea sombra y humedad. La mayoría de las especies poseen rangos muy acotados de tolerancia ambiental y cualquier cambio que las exponga a temperaturas mayores, o a menor humedad les producen la muerte rápidamente. Esta característica hace que sus especies sean buenas indicadoras y candidatas ideales para realizar estudios sobre impactos ambientales. Además, sus especies son colectadas en muchos estudios debido al uso de trampas de caída. Muchas especies poseen distribuciones restringidas, en particular las de ambientes de estepa y altomontanos. Las Carabidae son mayoritariamente depredadoras, de hábitos nocturnos y tienen un papel importante en las comunidades de invertebrados de casi todos los ecosistemas del mundo (Castro Aráuz 2013).

Los carábidos están ampliamente distribuidos en Argentina y disponemos de buena información acerca de su distribución. Dicho grupo se encuentra en íntima relación con distintos procesos biológicos y estructurales del suelo, siendo valorados como bioindicadores de numerosas variables microambientales y del estado de deterioro –o recupero- del ambiente en que éstos desarrollan su ciclo. Los carábidos son buenos modelos de estudio, ya que la mayoría de sus especies, tanto en estadio adulto como larval, son depredadoras, son sensibles a prácticas de manejo como el pastoreo, la fertilización, entre otras, y presentan gran abundancia, diversidad y funcionalidad. Datos preliminares permiten calcular la presencia de unas 152 especies en Mendoza, de las cuales aproximadamente el 10% son endémicas (Roig-Juñent, com. pers.). Aunque en la Región Andina los carábidos han sido analizados para establecer grandes áreas de importancia a ser conservadas (Roig-Juñent y Debandi 2004) o para estudios de riqueza en bosques subantárticos (Muñoz Escobar *et al.* 2015), no han sido utilizados en Mendoza. El conocimiento que se ha generado de los carábidos presentes en Mendoza después de 20 años de colectas, estudios sistemáticos y ecológicos, ha generado un gran cúmulo de información sobre su distribución, lo que permite que sean un buen elemento de estudio, así como la gran riqueza de especies endémicas o restringidas a comunidades particulares.

El objetivo principal de esta tesis es establecer si la RAPM es efectiva en conservar la diversidad de la Provincia de Mendoza. Para ello se aplicará una metodología que pueda evaluar objetivamente cómo está representada esta diversidad en la RAPM, y de ser necesario establecer nuevas áreas prioritarias. Como objeto de estudio se utilizará como ejemplo los carábidos (Carabidae: Coleoptera) ya que representan más de 152 especies con buenos registros en la provincia de Mendoza y ocupan todos los ambientes de la provincia. Si bien los carábidos constituyen una fracción de la biodiversidad, su riqueza nos permite poner a prueba la efectividad de la RAPM y establecer si esta metodología aplicada es apropiada para ser usada con el resto de la biodiversidad.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo general: Determinar si la RAPM es efectiva en proteger la diversidad de la Provincia de Mendoza basado en los patrones de distribución de los carábidos.

Objetivos específicos:

- Determinar la cantidad de especies de carábidos presentes en la provincia de Mendoza.
- Estimar el área de distribución potencial de cada especie de Carabidae presente en Mendoza.
- Establecer la cantidad de especies observadas en las RAPM y determinar la cantidad de especies que posiblemente estén sobre la base de las distribuciones potenciales.
- Determinar el grado de conservación de todas las especies analizadas y si es necesario establecer nuevas áreas prioritarias que permitan conservar el total de las especies.

1.3. HIPÓTESIS

En esta Tesis se plantea la hipótesis de que la RAPM, al ser creada principalmente para la conservación de paisajes, cabeceras de cuencas hídricas y especies emblemáticas, no es efectiva para conservar el total de la biodiversidad.

1.4. MARCO TEÓRICO

La región sur de América del Sur, conocida como América del Sur Austral, posee una biota con características únicas. Engloba una de las tres Regiones biogeográficas de América, la Andina y la mayor parte de la Zona de Transición Sudamericana. Si bien la diversidad en cuanto al número de especies es menor que para el Neotrópico las especies de su biota poseen un alto grado de endemismo. La mayoría de los taxones presentan una estrecha relación filogenética con las biotas de otras regiones australes, como Australia y Nueva Zelanda. Esta estrecha afinidad con biotas extra-americanas, y una menor afinidad con la biota neotropical llevan a que parte de América del Sur Austral sea considerada como una región diferente al resto de América del Sur, la Andina (Roig-Juñent y Debandi 2004). Esta biota única en el Mundo se encuentra amenazada ambientalmente y su conservación se ha basado exclusivamente en la creación de APs.

Los criterios utilizados en América del Sur austral para crear APs ha sido en la mayoría de los casos la preservación de paisajes o de bosques, y como efecto sombra estas áreas protegerían la biodiversidad existente en ellas (Roig-Juñent y Debandi 2004). Sin embargo, llevamos casi un siglo desde la creación

del primer Parque Nacional, el Nahuel Huapi en 1922, y aún no contamos con información exhaustiva de la biodiversidad existente en las APs. Dado el incremento de la actividad humana, resulta urgente la necesidad de conocer las especies protegidas como así también establecer cuáles de las que no lo están, deberían estarlo en el futuro.

Debido a que la conservación de todas las áreas y todas las especies es imposible, son necesarias herramientas metodológicas para tomar decisiones con el fin de asegurar que se conserve la máxima diversidad posible. Existen distintos criterios para poder establecer qué especies o conjuntos de especies pueden priorizarse. Generalmente el número total de especies, **la riqueza**, es una de las medidas más usadas para hacer comparaciones entre áreas. Mediante la aplicación de este criterio cada especie constituye una unidad y todas las especies poseen el mismo valor, por lo que la pérdida de una especie tiene el mismo valor que la pérdida de cualquier otra. Otro criterio es **la endemidad** que prioriza especies endémicas (únicas en el mundo en esa región) o áreas en donde exista una alta concentración de esas especies endémicas (Roig-Juñent *et al.* 2001).

Se han propuesto también varios métodos para evaluar prioridades en conservación de especies en los que se incorpora la información filogenética (Humphries *et al.* 1991; Vane-Wright *et al.* 1991; Williams *et al.* 1991; Faith 1992, 2002) que consiste principalmente en dar prioridad a los taxa basales porque ellos son filogenéticamente raros. Algunos taxones de la región Andina han sido analizados con este criterio (Freire *et al.* 1998; Posadas *et al.* 2001; Roig Juñent y Debandi 2001).

Sin embargo, existen otros aspectos de importancia más allá de la diversidad, endemidad o valor filogenético. Las áreas protegidas son sistemas ecológicos y sociales en el sentido de que intervienen un buen número de agentes sociales con intereses contrarios interaccionando en ecosistemas muchas veces valiosos y vulnerables. Históricamente las ciencias ecológicas y sociales se han desarrollado de manera independiente y ha resultado difícil combinarlas ya que sus objetivos muchas veces eran contrarios. Sin embargo, se han generado políticas de conservación que tienen en cuenta ambos aspectos, el biológico y el humano, ya que es necesario integrar ambas ramas del conocimiento para que la conservación de los ecosistemas sea eficaz. Por ejemplo, el desarrollo del programa MAB (el Hombre y la Biosfera) en donde las áreas protegidas están pensadas para que provean de sustento a las poblaciones locales que son las encargadas de mantenerlas en un grado de conservación determinado. Esto ha demostrado que, cuando se encuentran sinergias en sus objetivos, las estrategias de conservación pueden ser más eficientes que si se diseñan de manera independiente. Las áreas protegidas forman parte de un marco institucional que condiciona en gran medida el comportamiento de los individuos y donde las instituciones deben desarrollar eficientemente dos funciones clave para conservar los comunes: restringir el acceso y generar incentivos para la conservación.

La Provincia de Mendoza, que se ubica casi completamente en la Zona de Transición Sudamericana, no es ajena al resto de América del Sur Austral en cuanto a aspectos de conservación. La creación de áreas protegidas para la conservación de los recursos naturales en la provincia de Mendoza es el resultado de una construcción histórica de más de medio siglo, en la cual es posible distinguir periodos de mayor dinamismo, como también etapas de menor actividad en relación a la implementación de iniciativas referidas a la temática. Mendoza dentro de la Argentina es muy particular ya que no existen Áreas Protegidas Nacionales (APN). La primera Reserva Provincial creada fue la Reserva Forestal

de Nacuñán en 1961 con sólo 14.000 ha con el objetivo de la preservación de los bosques abiertos de algarrobos (*Prosopis flexuosa*) (Claver y Roig-Juñent 2001) y luego fue incluida como Reserva de la Biósfera de la UNESCO. Con posterioridad se crearon otras áreas basadas principalmente en el tipo de ambiente a preservar, pero sin tomar en cuenta patrones de distribución, en parte debido a los escasos registros que poseemos de los organismos.

Para poder solucionar el problema del desconocimiento de la presencia o no de especies en las APs se puede recurrir a la estimación de su distribución con programas específicos y el apoyo de Sistemas de Información Geográfica. La generalización de los Sistemas de Información Geográfica y el desarrollo de técnicas estadísticas aplicadas, ha permitido en los últimos años la expansión de herramientas para el análisis de los patrones espaciales de presencia y ausencia de especies: **los modelos de distribución de especies**. Estos modelos son representaciones cartográficas de la idoneidad de las condiciones ambientales en un área que permitirían la presencia de una especie. La idoneidad no es más que la relación matemática o estadística entre la distribución real conocida y un conjunto de variables independientes que se usan como indicadores. Estas variables suelen ser geológicas, topográficas o climáticas, y se espera que con algunas de ellas, individualmente o en combinación, puedan definir los factores ambientales que delimiten las condiciones favorables para la presencia de la especie.

Desde el contexto de la teoría de nicho, la presencia de una especie en un área específica está definida por la combinación óptima de múltiples variables ambientales que permiten su supervivencia y viabilidad (Rueda-Ramirez *et al.* 2013). De esta forma, diferentes áreas que presenten una combinación similar de estas variables, potencialmente permitirían la presencia de dicha especie, generando así su distribución potencial. Por lo tanto, el enfoque básico en la generación de modelos de distribución es la predicción de la presencia de una o varias especies en un área de interés a partir de información georreferenciada de localidades donde dichas especies están presentes en función de información espacial de las variables ambientales bióticas y/o abióticas para esas localidades (Rueda-Ramirez *et al.* 2013).

Existe una gran variedad de aplicaciones a partir del uso de modelos de distribución potencial de especies, incluyendo la identificación de áreas prioritarias y el desarrollo de planes de conservación, relaciones especie-hábitat y predicciones de patrones de biodiversidad, entre otras (Rueda-Ramirez *et al.* 2013). Adicionalmente, a través de la información generada por los modelos, es posible priorizar recursos identificando áreas de importancia y seleccionando lugares potenciales de muestreo que ofrezcan mayores posibilidades de generar información referente a la diversidad de un área (Rueda-Ramirez *et al.* 2013).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La provincia de Mendoza se localiza en el centro-oeste de la República Argentina, entre los 32° y 37° 35' latitud sur y los 66° 30' y 70° 35' longitud oeste. Al norte, el límite interprovincial con San Juan está dado por una línea convencional que une cerros elevados y las lagunas de Guanacache. Por el este,

el río Desaguadero-Salado forma el límite con la provincia de San Luis. Al sureste líneas que siguen los paralelos y meridianos, en ángulo recto la separan de La Pampa. Al sur el límite con la provincia de Neuquén nuevamente es hidrográfico, constituido por los ríos Barrancas y Colorado. Existe un punto cuatripartito donde se unen las provincias de Mendoza, La Pampa, Río Negro y Neuquén. Al oeste el límite es internacional y totalmente orográfico, la línea divisoria de aguas de la alta cordillera separa la provincia de la vecina República de Chile.

Mendoza tiene una superficie total de 148.827 kilómetros cuadrados (4% del total nacional) y se caracteriza por su aridez, la cual produce marcados desequilibrios y profundas asimetrías inherentes a un sistema territorial basado en un modelo de desarrollo centrado en los oasis agroindustriales vitivinícolas (Canizzo *et al.* 2021).

En la Provincia de Mendoza encontramos siete provincias biogeográficas pertenecientes a la Región Neotropical y a la Zona de Transición Sudamericana. La región Neotropical está representada por una pequeña área de la Provincia del Chaco que se encuentra en el noreste de la provincia y por la provincia biogeográfica del Espinal, en la región central al este de Mendoza, donde encontramos *Prosopis caldenia*. Quien ocupa la mayoría del territorio mendocino es la Zona de Transición Sudamericana, incluyendo las provincias biogeográficas del Monte, Altoandina, Puna (Morrone, 2014) y Estepa Patagónica (Roig-Juñent *et al.* 2018).

En relación a la altitud, la curva de nivel correspondiente a los 1000 ms.n.m., representa una línea divisoria que en sentido norte – sur, permite separar el territorio en dos áreas bien diferenciadas: montañas y piedemontes hacia el oeste y planicies en el sector este (Rubio *et al.* 2014). Presenta rasgos climáticos asociados a escasas precipitaciones medias anuales de 200 mm y a una temperatura media anual de 18,8 °C. De acuerdo al índice de aridez, el territorio provincial forma parte de las denominadas tierras secas, correspondientes al clima árido, semiárido y subhúmedo seco (Rubio *et al.* 2014). Los ríos principales recorren la provincia desde su origen en la cordillera, posibilitando la conformación de extensos conos aluviales sobre los que se han desarrollado los “oasis” (Rubio *et al.* 2014).

Los vientos húmedos provenientes del Atlántico precipitan proporcionan escasa precipitación, debido principalmente a los más de 1.000 km de distancia que deben recorrer desde el Atlántico y las masas de aire provenientes del Pacífico (distante sólo entre 150 a 170 km), precipitan en la Cordillera de los Andes, ingresando a la Argentina como vientos secos y cálidos, de la familia del föehn, conocidos regionalmente como "Zonda".

2.1.1. Vegetación de la provincia de Mendoza

La ubicación geográfica de Mendoza y los marcados contrastes topográficos entre las altas montañas al oeste y las extensas llanuras al este, determinan la existencia de una gran diversidad de ambientes que explica también la diversidad florística que se refleja en la convergencia de los grandes biomas que caracterizan al extremo sur de América del Sur (Roig *et al.* 2000).

Así, por el noreste ingresan al territorio provincial una serie de elementos chaqueños, tal el caso de *Mimosa ephedroides*, *Prosopis argentina*, o uno de los

representantes de los bosques chaqueños, *Aspidosperma quebracho-blanco*. En el sector norte a lo largo de la Precordillera de Uspallata, se produce el ingreso de especies de la Puna, algunas de las cuales se distribuyen desde Perú y Bolivia. Tal es el caso de *Baccharis incarum* y *B. boliviensis* var. *latifolia*, entre otras. En el sur de Mendoza se encuentran casos análogos, donde varios elementos de la Patagonia alcanzan su límite septentrional. Entre otros se pueden mencionar las euforbiáceas *Stillingia patagonica* y *Colliguaja integerrima*. Por el sureste se produce el ingreso de elementos típicamente pampeanos como *Stipa pampeana*, *Elyonorus muticus*, etc. En los altos Andes se observan igualmente intrusiones como *Deschampsia caespitosa* y *Colobanthus quitensis* (Roig et al. 2000).

Las cactáceas constituyen elementos atrayentes que forman parte de la vegetación de la Provincia de Mendoza. Así, a los grandes cardones de los géneros *Lobivia* y *Denmoza* se le contraponen las diminutas especies como *Blosfeldia liliputana* en los desiertos preandinos y *Puna clavarioides* en Uspallata (Roig et al. 2000).

Dominan en general en la provincia las estepas arbustivas de hoja perenne, ocupando los bosques y los pastizales de superficies menores. En numerosos casos la vegetación ha sido reducida a una estepa de gramíneas (Roig et al. 2000).

Para este estudio, se trabajará con las ecorregiones definidas por APN (Burkart et al. 1999) y que están presentes en Mendoza: Monte Alto o de Sierras y Bolsones, Monte Bajo o de Llanura, Estepa Patagónica y Estepa Sur Andina (Fig. 1).

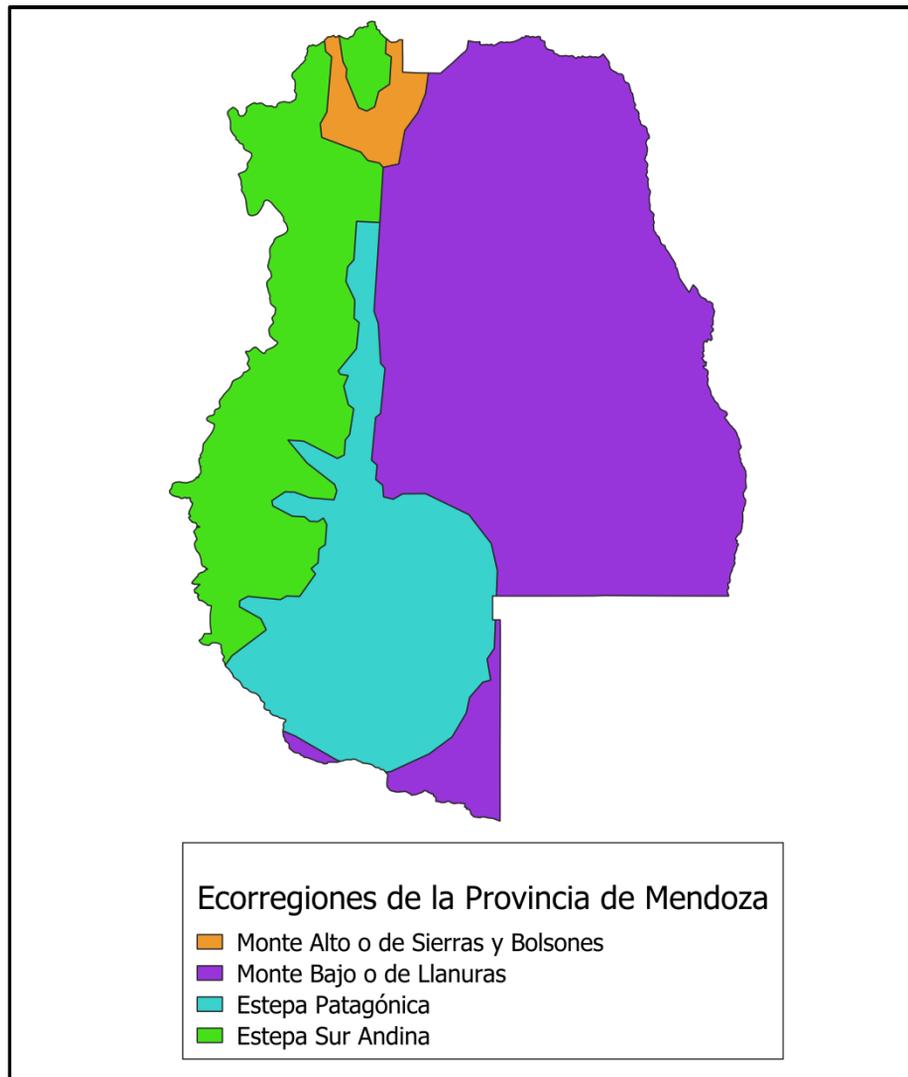


Fig. 1: Ecorregiones presentes en la Provincia de Mendoza

Estas ecorregiones presentan distintos tipos de vegetación. Roig *et al.* (2000) generaron un mapa de los tipos de vegetación de la provincia de Mendoza muy detallado, el cual fue posteriormente digitalizado para poder ser utilizado en sistemas de información geográfica. Estos autores reconocen cuatro grandes tipos de vegetación en Mendoza: vegetación de Montañas, de Travesías, de Bolsones y Huayquerías y de la Región Volcánica (Fig. 2).

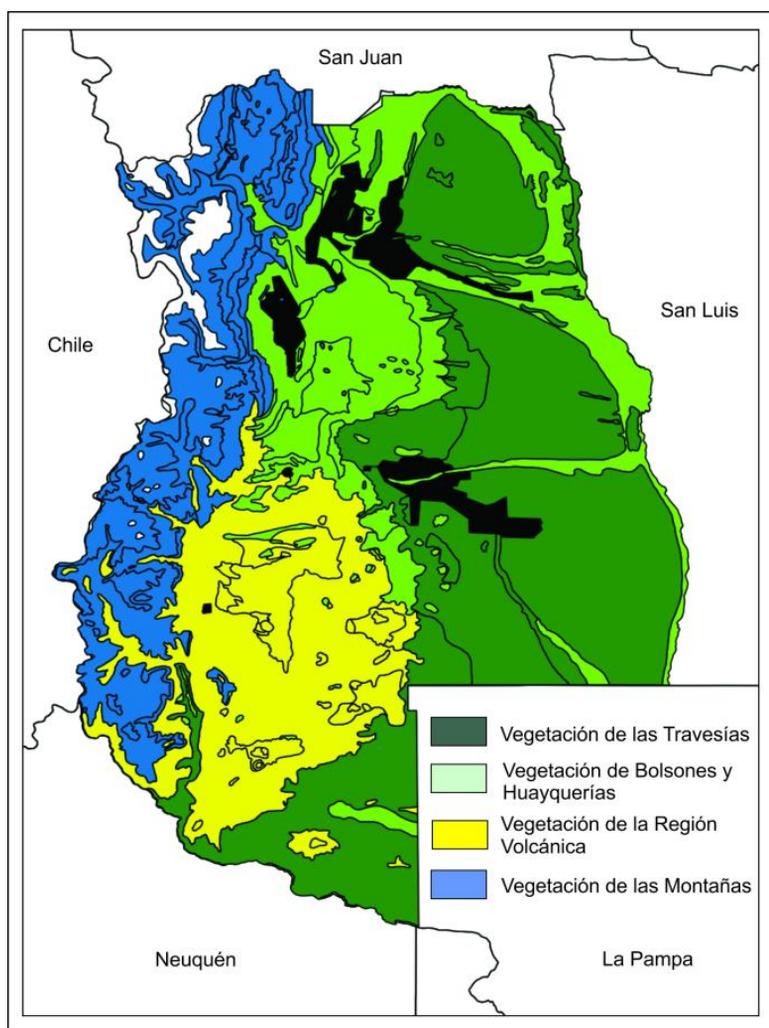
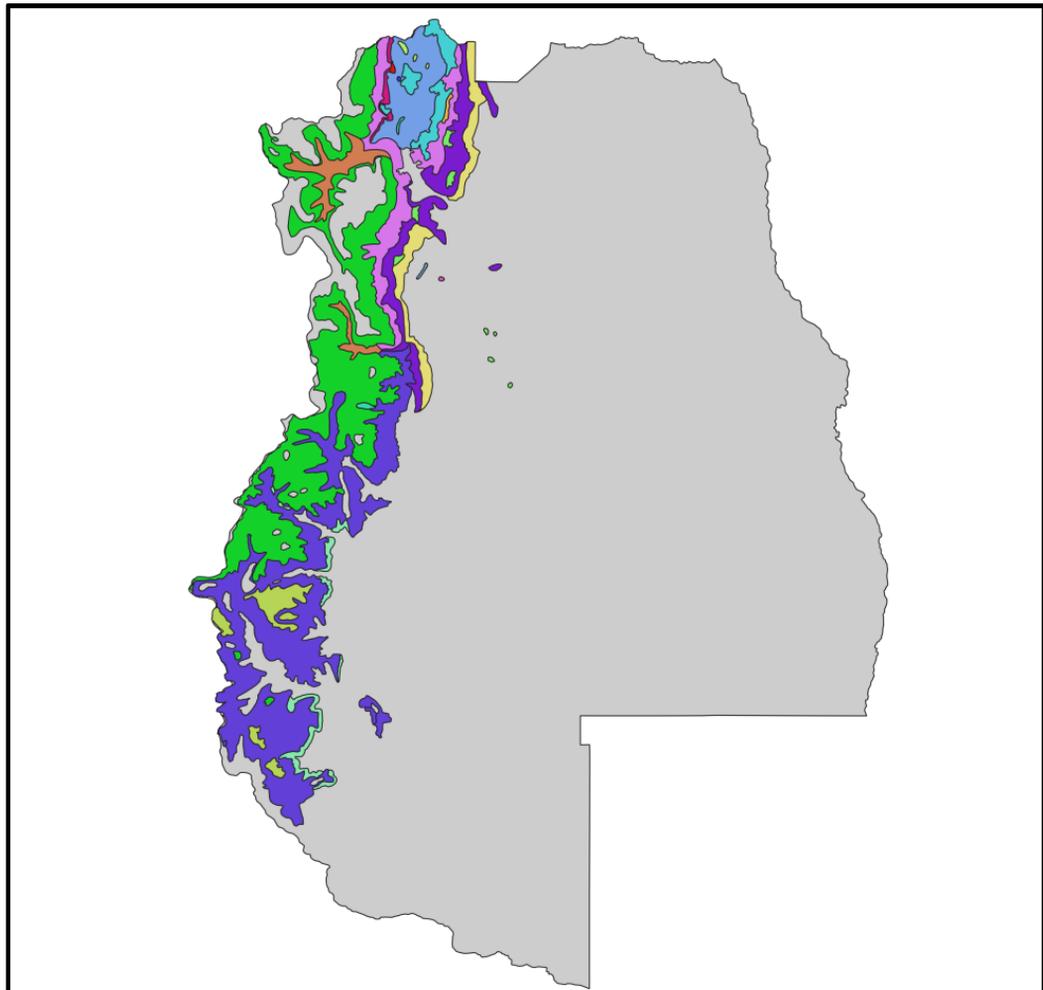


Fig. 2. Mapa de las grandes áreas de vegetación de Roig *et al.* (2000). El área blanca dentro de Mendoza corresponde a áreas sin vegetación y la negra a los oasis. Dentro de cada área existen distintos tipos de vegetación que están delineados.

2.1.1.1. *Vegetación de las Montañas*

Se desarrolla en la región oeste de Mendoza sobre dos grandes ecosistemas naturales: el Andino y el Puneño (Fig. 3). Dentro de ellos las unidades de vegetación ocupan diversos pisos altitudinales cuyas diferencias se reflejan en el patrón fenológico que varía desde vegetación cubierta por la nieve de junio a septiembre, a vegetación perennifolia sin cubierta de nieve (González Loyarte *et al.* 2010).



Vegetación de la Zona de Montañas

- Barreales con Suaeda patagónica
- Barreales con Suaeda patagónica
- Comunidades de nanofanerófitos
- Comunidades de pulvinadas
- Estepas arbustivas del bolsón de Uspallata
- Huayquerías (bad lands) con comunidades saxícolas diversas
- Huayquerías (bad lands) con comunidades saxícolas diversas
- Matorrales arbustivos húmedos del pie de los Andes
- Matorrales húmedos
- Pastizales (coironales) de Stipa scirpea.
- Pastizales (coironales) de Stipa tenuissima.
- Piedemonte con Artemisa mendozaana y especies puneñas en solanas.
- Piedemonte con Larrea divaricata, Stipa tenuis y Piptochaetium napostaense.
- Vegas de alta montaña
- Vegetación andina con arbustos altos (nanofanerofíticos)
- Vegetación de la vertiente oriental
- Vegetación pulvinada altoandina
- Vegetación puneña con Lycium fuscum, L. chañar, Baccharis incanum, etc.
- Vegetación puneña con Lycium Fuscum.L. chañar, Baccharis incarum, etc.

Fig. 3. Vegetación de Montaña con los distintos subtipos de vegetación.

Las comunidades arbustivas que dominan en general en la base y parte media de las montañas son paulatinamente reemplazadas por pastizales en las partes más altas, llegando al límite de la vegetación entre los 4300-4400 ms.n.m., constituido sólo por algunas caméfitas o hemicriptófitas dispersas acompañadas por algunos líquenes. Entre estos pastizales se destacan el de *Poa holciformis* que cubre la mayor parte del sector andino y los de *Stipa chrysophylla* o *S. vaginata* en la Puna. Las pendientes pronunciadas, sus suelos esqueléticos (litosoles), la acción de la soligeliflución, la menor cantidad de horas de temperatura efectiva, la frecuencia de vientos tipo föen, etc. son factores que limitan a la vegetación (Roig et al. 2000).

Entre las unidades de vegetación de la zona de Montaña, se puede encontrar la vegetación de la vertiente oriental con *Adesmia horrida*, *Mulinum spinosum*, *Nassauvia axillaris*, etc., que forma parte del gran ecosistema natural Andino, con un estrato herbáceo de diversas especies de *Stipa*, coirones. La temperatura media registrada en septiembre es de 7,2°C que pasa a 10,6 °C en octubre.

Hay comunidades de nanofanerófitos, *Adesmia pinifolia*, *A. schneiderii*, *A. obovata*, pastizales de *Poa holciformis* y diversas especies de *Stipa* (Roig et al. 2000). La vegetación se desarrolla de octubre a abril y alcanza su máxima expresión vegetativa en noviembre. El inicio de la actividad vegetativa en octubre es coincidente con el salto térmico de septiembre a octubre (8,1 a 12,1 °C).

Se dan en la zona de Montaña, las Pampas altas y piedemontes con *Ephedra ochreatea*, *Neosparton aphyllum*, *Stillingia patagonica* y *Junellia spathulata* (Roig et al. 2000). Se puede asociar con el clima semiárido de inviernos muy fríos y 65% de las lluvias concentradas de septiembre a febrero.

Por otro lado están los matorrales húmedos de *Junellia scoparia*, *Colliguaja integerrima*, *Schinus fasciculatus* con grandes cactáceas (*Denmoza rhodacantha*, *Lobivia formosa*) y con *Maytenus boaria* en área sur (Roig et al. 2000). Forma parte del piso de colliguay y solupe negro (*C. integerrima* y *J. scoparia*) para la vertiente oriental de la Sierra de Uspallata. Este piso se extiende de 1600 a 2500 ms.n.m. donde el congelamiento del suelo es esporádico con temperatura media anual entre 8 y 11,8 °C (González Loyarte et al. 2010). Estos matorrales presentan de dos a tres estratos con cobertura total media de 70-80% como respuesta al clima subhúmedo y fresco debido a la concurrencia de vientos del Atlántico y del Pacífico y al efecto orográfico.

Se pueden encontrar además, dentro de la zona de Montaña, estepas arbustivas del bolsón de Uspallata con *Larrea divaricata*, *Lycium chañar* y *Scleropogon brevifolius* (Roig et al. 2000). Forma parte del ecosistema natural puneño con clima árido seco y frío con lluvias de 100-120 mm (González Loyarte et al. 2010). Las condiciones de xericidad del Valle de Uspallata se ven reflejadas en la cobertura media total de 55% (González Loyarte et al. 2010) mostrando una cobertura perenne dominante (*Larrea* spp.) que refleja las condiciones de marcada aridez.

2.1.1.2. Vegetación de las Travesías

La extensa planicie oriental de la provincia de Mendoza que va desde 530 a 440 ms.n.m. (González Loyarte *et al.* 2010) constituye las llamadas “Travesías” y otros tipos de formaciones vegetales de llanura. Las Travesías son las de mayor extensión y de norte a sur son la Travesía de Guanacache, Travesía del Tunuyán en la parte central, La Pampa o Travesía de la Varita al sur del río Diamante y la de Chachahuén en Malargüe (Fig. 4).

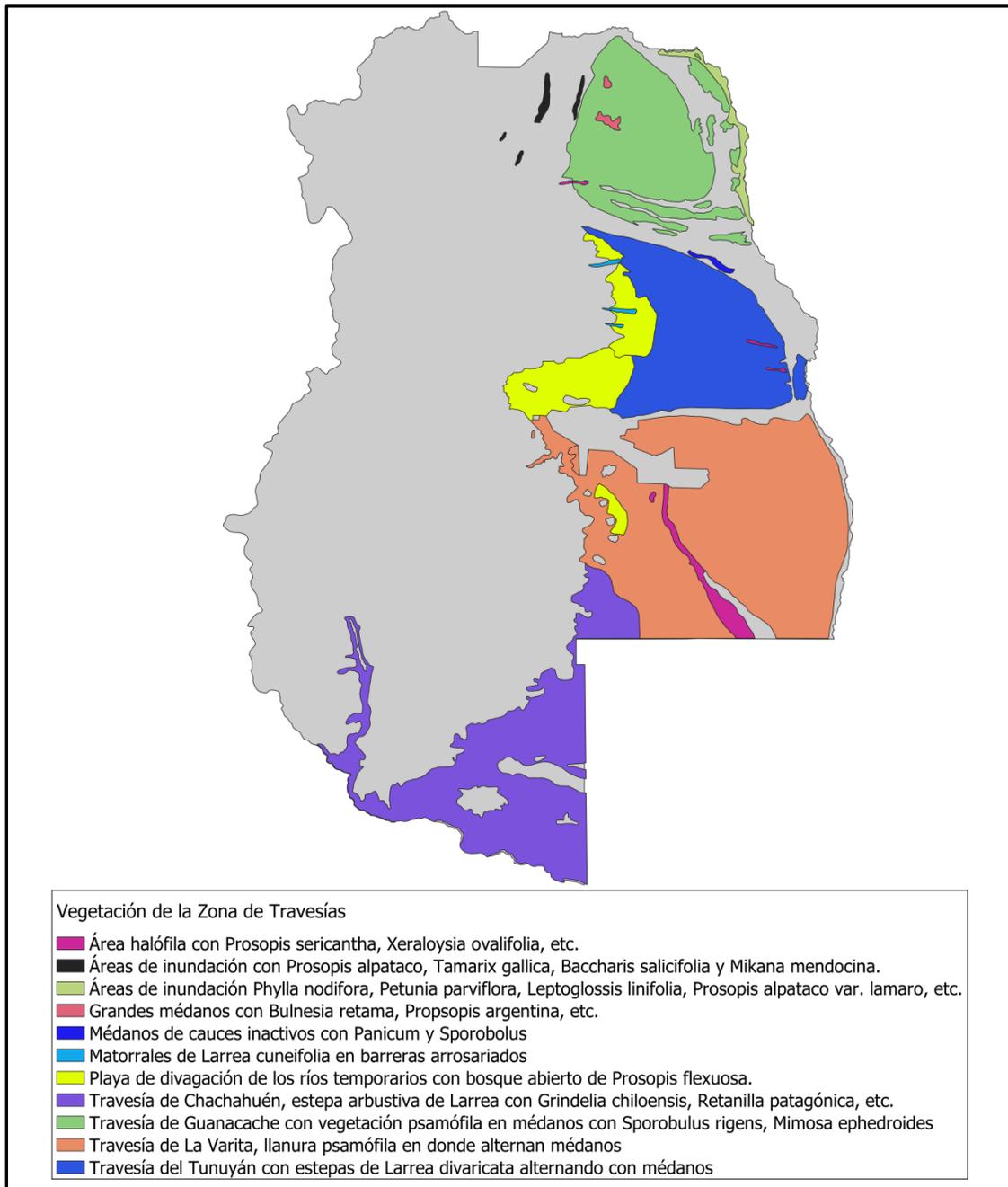


Fig. 4. Vegetación de las Travesías según Roig *et al.* (2000) mostrando los subtipos de formaciones vegetales.

Climáticamente, la llanura presenta un gradiente de precipitaciones desde 150 mm anuales al oeste a 400 mm al este, con temperaturas medias que oscilan

alrededor de los 17 °C. Como respuesta a este gradiente, la vegetación se caracteriza por un enriquecimiento estructural y de especies con el aumento de las precipitaciones; el número de estratos y la cobertura vegetal aumentan y, en consecuencia, la fisonomía característica pasa de una estepa arbustiva en el oeste a bosques cerrados y continuos en la zona más húmeda (Prieto *et al.* 2003).

A las lluvias se suma el aporte hídrico de la capa freática ubicada a menos de 20 m de profundidad en toda la llanura. Se puede considerar su constante influencia con excepción del sector NW de la Travesía del Tunuyán, donde la freática supera los 30 m de profundidad y queda fuera del alcance de las raíces aunque hay aporte de agua subsuperficial retenida en lentes de arcilla (González Loyarte *et al.* 2010).

Las estepas arbustivas están representadas fundamentalmente por dos especies de *Larrea*: *L. divaricata* y *L. cuneifolia*. Estos matorrales presentan diferencias florísticas y fisonómicas de norte a sur y de este a oeste (González Loyarte *et al.* 2010).

Los bosques conformados por árboles cuyas copas normalmente no se tocan, están constituidos principalmente por *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa*, que puede alcanzar los 8-10 m de alto. Sus raíces de fuerte desarrollo vertical alcanzan la capa freática hasta los 20 m de profundidad. Estos bosques se extienden principalmente por dos de las grandes travesías (llanuras) de Mendoza, la de Guanacache y la de La Varita, ocupando más de 2.000.000 de hectáreas (González Loyarte *et al.* 2010).

Entre las unidades de vegetación se encuentra la Travesía de Guanacache con vegetación psamófila en médanos con *Sporobolus rigens*, *Mimosa ephedroides*, *Ephedra boelckeii* alternando con rodales abiertos de *Prosopis flexuosa* y *Geoffroea decorticans*. Este conjunto de comunidades se alternan espacialmente: estepas arbustivas sobre médanos, bosques cerrados a semicerrados en valles y bosques abiertos a muy abiertos en ondulaciones arenosas (Roig *et al.* 2000).

La Travesía del Tunuyán presenta estepas de *L. divaricata* alternando con médanos de *Aristida inversa*, *Chloris castilloniana*. *Larrea divaricata* y *Capparis atamisquea* forman parte del estrato arbustivo del algarrobal; el mismo se presenta como un bosque muy abierto. Dentro de la extensa formación del algarrobal también están presentes los bosques de *G. decorticans* y matorrales de *Bulnesia retama*. Las precipitaciones son más abundantes que en la Travesía de Guanacache (Roig *et al.* 2000).

Por otro lado está la Travesía de La Varita, llanura psamófila donde alternan médanos con *Elionurus muticus* y bosques abiertos de *P. flexuosa* y *P. caldenia* que presenta la mayor disponibilidad hídrica de las travesías (Roig *et al.* 2000).

La Travesía de Chachahuén, se caracteriza por una estepa arbustiva de *Larrea* con *Grindelia chilensis* y *Retamilla patagonica*. Se localiza en la meseta de la Payunia y está constituida por una planicie de coladas de lava apiladas con una sucesión de elevaciones y depresiones con alta cobertura de arena y cuencas de deflación. El clima de esta travesía es árido (Roig *et al.* 2000).

2.1.1.3. Vegetación de Bolsones y Huayquerías

Estas unidades de vegetación se ubican en las ecorregiones del Monte donde la vegetación presenta características particulares principalmente según los suelos donde crecen, pero el denominador común son las condiciones de aridez (González Loyarte *et al.* 2010).

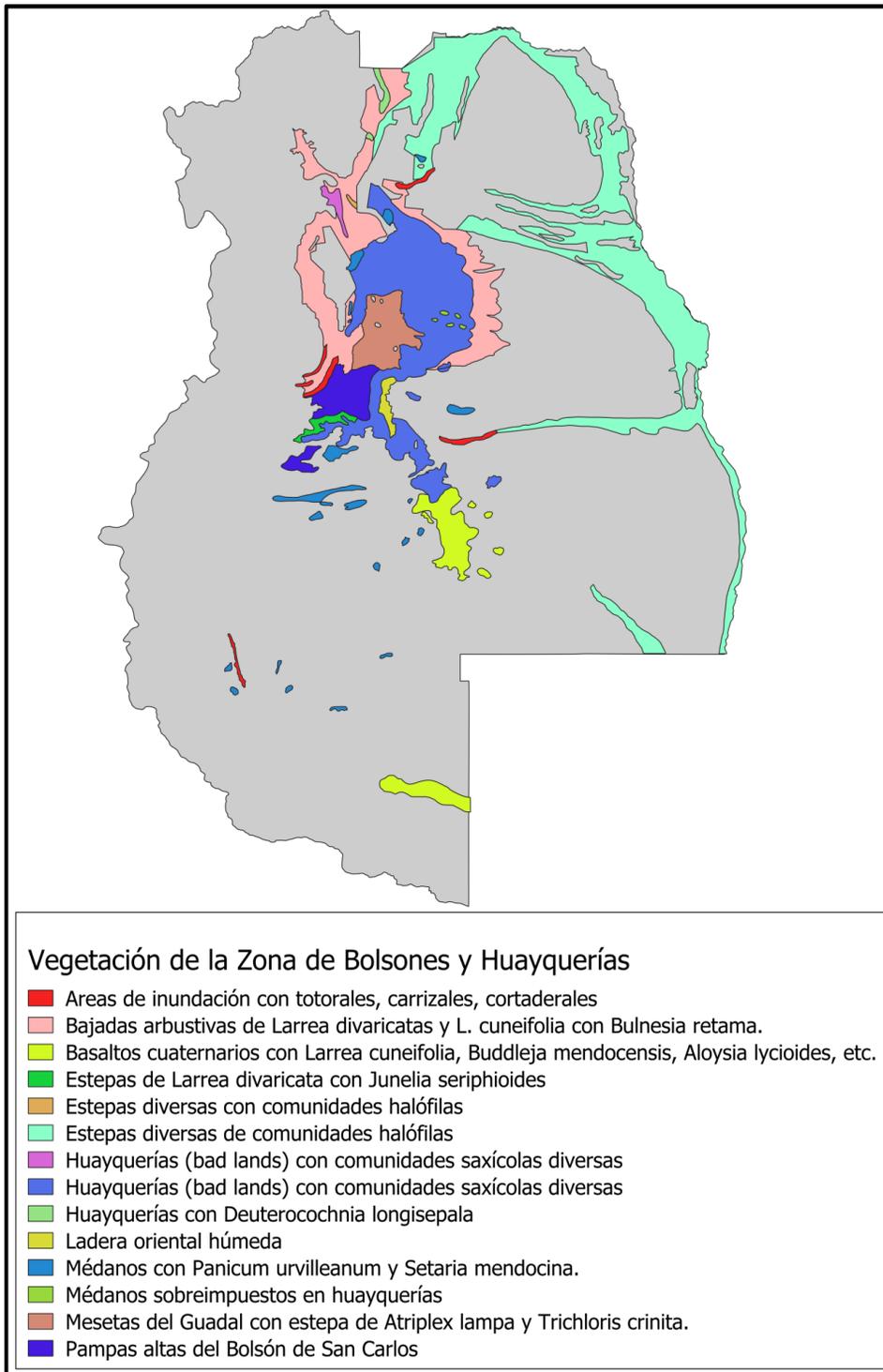


Figura 5. Vegetación de Bolsones y Huayquerías (según Roig *et al.* 2000), con los distintos tipos de formaciones.

Las Huayquerías cubren grandes extensiones y en general separan los bolsones de las travesías (Fig. 5). Son ambientes originados por el tectonismo que dejó al descubierto materiales terciarios formados por rocas fuertemente erosionables, que dan como producto un paisaje intrincado. Allí la vegetación, extremadamente xérica, se adhiere a los márgenes de los cauces temporales. Algunos bolsones, como el de San Carlos, enmarcado por el cordón andino al oeste y las Huayquerías al este, presentan pampas altas cubiertas por extensos pastizales de *Stipa* (Roig *et al.* 2000).

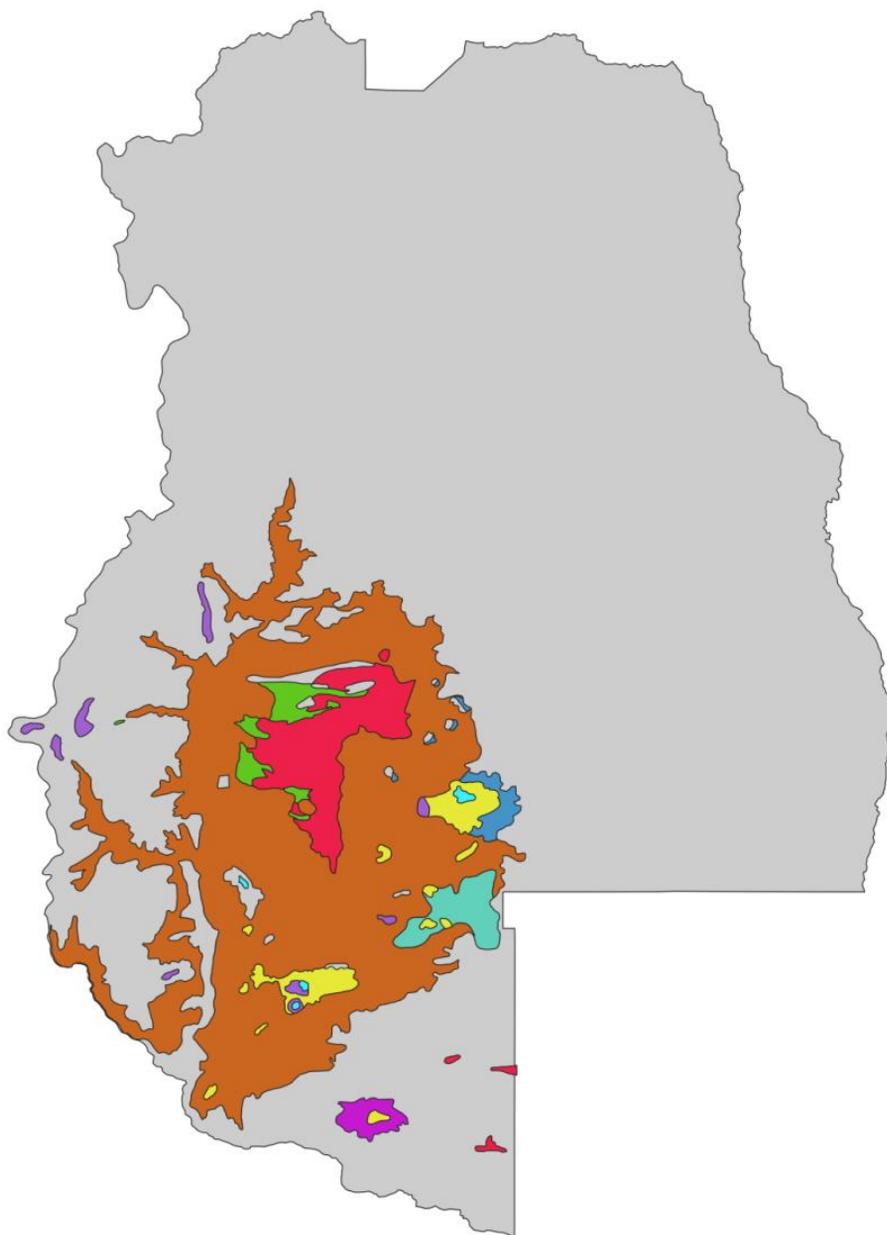
Entre las unidades de vegetación se pueden encontrar estepas arbustivas de *L. divaricata* y *L. cuneifolia* con *Bulnesia retama* que constituye la vegetación que cubre el piedemonte de la Precordillera y las bajadas de las Huayquerías del centro de Mendoza. La disponibilidad hídrica de estos piedemontes, con variaciones altitudinales de 750 a 1800 ms.n.m. y precipitaciones de 150 a 238 mm/año, es mayor que la de los jarillales de Uspallata (González Loyarte *et al.* 2010).

Por otro lado se observan las Huayquerías (bad lands) con comunidades saxícolas diversas de *L. cuneifolia* y *Zuccagnia punctata*, *Chuquiraga erinacea*, *Gochnatia glutinosa* y riparias en cursos temporarios en donde encontramos por ejemplo *Tessaria dodonaefolia* (Roig *et al.* 2000). Es un matorral muy xérico y abierto, de muy baja cobertura y con gran abundancia de *Chuquiraga erinacea* ("chirriadora"). También está presente en Las Huayquerías *Deuterocohnia longisepala*, que constituye comunidades saxícolas en la Precordillera donde en la vertiente oriental de la Sierra de Uspallata forma parte de la vegetación del Cardonal que se extiende de 1500 a 2800 ms.n.m. En la Reserva Natural Villavicencio la comunidad de *D. longisepala* ocupa las laderas de solana entre 1600-2000 ms.n.m. coincidiendo con el primer piso de vegetación del Cardonal conformado por el coironal de *Stipa eriostachya* (González Loyarte *et al.* 2010).

Además se encuentra la Meseta del Guadal con estepa de *Atriplex lampa* y *Trichloris crinita*. *Atriplex lampa*, el arbusto dominante, da nombre a la Formación del Zampal que es característica de esta meseta de suelos arenosos o limo arenosos con coberturas totales del 50 % para los arbustos (*A. lampa*, *J. seriphioides*, *Tricycla spinosa*, *Acantholippia seriphioides*) y de 25-50% para los pastos (González Loyarte *et al.* 2010).

2.1.1.4. Vegetación de la región volcánica de la Payunia

La Payunia se ubica en la región austral de nuestra provincia, cubriendo un área que equivale a un tercio de la provincia (Fig. 6). Presenta una flora que es la prolongación de la vegetación patagónica en el territorio mendocino (González Loyarte *et al.* 2010). Su clima es mediterráneo atenuado por las lluvias invernales y estivales (González Loyarte *et al.* 2010). La lluvia es escasa y se produce principalmente en momentos que no son aprovechables por las plantas (invernal). En las cuatro estaciones se observan períodos de déficit hídrico en el verano (Martínez Carretero 2004).



Vegetación de la Zona de La Payunia

- Vegetación de la Región Volcánica de la Payunia
- Vegetación de cumbres con *Panthacantha ameghinoi*.
- Vegetación con *Adesmia pinifolia* en mesetas volcánicas altas.
- Totorales de La Junta con *Cortaderia radiuscula*
- Pastizales (coironales) de altura con *Poa ligularis*, *Stipa speciosa*, etc.
- Frente oriental húmedo del Volcán Nevado con matorrales
- Estepas arbustivas sobre suelos arenosos con *Neoesparton aphyllum*
- Cuenca endorreica de Llancanelo con estepas halófilas
- Cerrilladas porfíricas con *Chuquiraga rosulata*

Fig. 6. Vegetación de la Región Volcánica de la Payunia, según Roig *et al.* (2000), mostrando los distintos tipos de formaciones.

La Payunia es el área de Mendoza que posee la mayor cantidad de endemismos tales como *Prosopis castellanosii*, *Condalia megacarpa*, *Schinus roigii*, *Argyria robusta* y *Stipa malalhuensis*. Los conos volcánicos presentan en sus cumbres elementos andinos de plantas en cojín o pastizales de *Poa durifolia* (González Loyarte *et al.* 2010).

Entre las unidades de vegetación se puede mencionar a las estepas arbustivas sobre suelos arenosos con *Neospartum aphyllum* alternando con vegetación de médanos con *Sporobolus rigens* y vegetación saxícola sobre basaltos (Roig *et al.* 2000). Es una comunidad muy extensa presente en las mesetas, cobertura aluvial, arena y cuencas de deflación (Payunia N) y en parte de las mesetas holocenas (Payunia S) (González Loyarte *et al.* 2010).

La Cuenca endorreica de Llanquanelo abarca un complejo de comunidades desde poco hasta fuertemente salinas con estepas halófilas de *Frankenia juniperioides* y *Limonium brasiliense* (Roig *et al.* 2000).

Los Totorales de La Junta están compuestos por *Cortaderia rudiusscula*; pantanos halófilos con *Ranunculus cymbalaria*, *Chenopodium macrospermum*, etc. Esta comunidad forma parte del ecosistema Bañados de los ríos Atuel y Malargüe donde crece la vegetación higrófila con una cobertura del estrato herbáceo muy alta, variando de 50 a 100%. La vegetación higrófila muestra un patrón semejante al de los oasis bajo riego (González Loyarte *et al.* 2010).

2.2. Red de Áreas Protegidas de Mendoza (RAPM)

La Red de Áreas Naturales Protegidas de Mendoza (RAPM) incluye a 20 Reservas (Tabla 1, Fig. 7). La mayoría son de jurisdicción provincial y una privada. La primera Reserva Provincial creada fue la Reserva Forestal de Nacuñán en 1961 y la última fue la Reserva Casuchas del Rey en el año 2015.

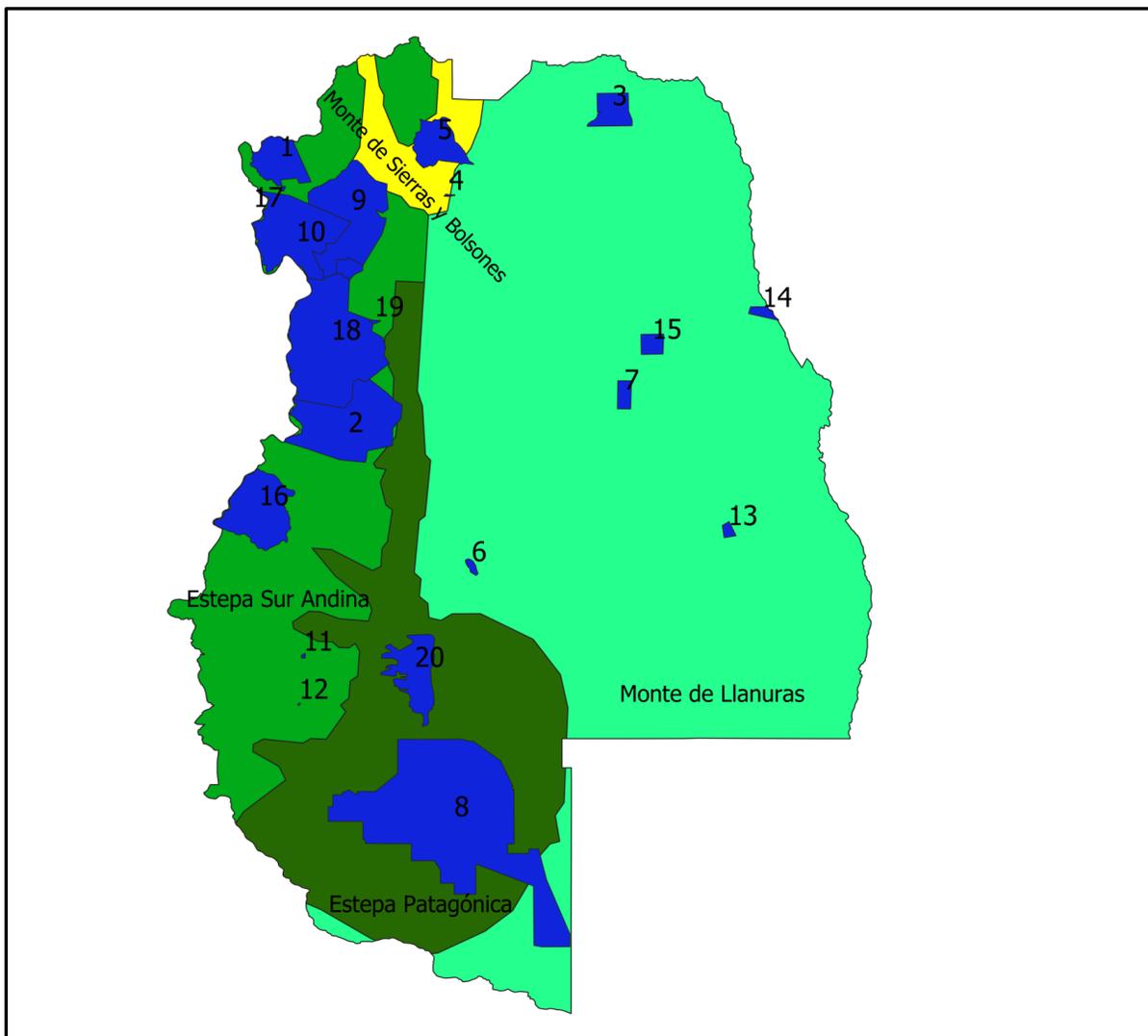


Fig. 7. Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Mendoza y su distribución según las ecorregiones. 1) Parque Provincial Aconcagua; 2) Reserva Natural Laguna del Diamante; 3) Reserva Natural y Cultural Bosques Telteca; 4) Reserva Natural Divisadero Largo; 5) Reserva Privada Villavicencio; 6) Reserva Natural Laguna La Salina; 7) Reserva de Biósfera Nacuñán; 8) Reserva Natural La Payunia; 9) Parque Provincial Cordón del Plata; 10) Parque Provincial Volcán Tupungato; 11) Reserva Natural Castillos de Pincheira; 12) Reserva Natural Caverna de las Brujas; 13) Reserva de Usos Múltiples Sierra Pintada; 14) Lote 11 (Reserva de Biósfera Nacuñán); 15) Campo Experimental el Divisadero (Reserva de Biósfera Nacuñán); 16) Reserva de Recursos y Reserva Hídrica Natural Laguna del Atuel; 17) Monumento Natural Puente del Inca; 18) Reserva Natural Manzano Portillo de Piuquenes; 19) Reserva Paisajística y Cultural Manzano Histórico; 20) Reserva Natural Humedal Llancañelo.

Las siete provincias biogeográficas presentes en Mendoza están en parte conservadas en la RAPM. Según Dalmasso *et al.* (1999) el Cardonal y la Puna son las únicas no representadas en la red de áreas protegidas del Gobierno Provincial, aunque sí lo están en la Reserva Privada Villavicencio.

Tabla 1. Sistema de Áreas Naturales Protegidas de Mendoza. Se indica: nombre del ANP; año de creación; objetivo de conservación; superficie; ecorregión a la que pertenece; zona de vegetación.

Áreas Naturales Protegidas	Año de creación	Finalidad	Superficie (ha)	Ecorregión	Vegetación
Reserva de Biósfera Ñacuñán	1961	Restauración y conservación de bosques de <i>Prosopis flexuosa</i> .	14.000	Monte de llanuras	Travesías
Reserva Natural Humedal Llacanelo	1980	Conservación de aves acuáticas, de los cuerpos de agua (humedales) y de los recursos petrolíferos..	65.000	Estepa Patagónica	Región Volcánica
Reserva Natural La Payunia	1982	Protección de aspectos geológicos y geomorfológicos y su fauna asociada (guanacos).	666.000	Estepa Patagónica	Región Volcánica-Bolsones y Huayquerías
Parque Provincial Aconcagua	1983	Conservación de flora y fauna altoandina y del material arqueológico.	71.000	Estepa Sur Andina	Montañas
Reserva Natural Divisadero Largo	1983	Protección del conjunto de afloramientos de rocas sedimentarias fosilíferas.	492	Monte de Sierras y Bolsones	Bolsones y Huayquerías
Reserva Natural y Cultural Bosques Telteca	1985	Conservación de bosques de <i>Prosopis flexuosa</i> .	22.000	Monte de llanuras/Chaco	Travesías
Reserva Natural Laguna del Diamante	1994	Conservación de endemismos biológicos y protección de la Laguna del Diamante.	192.000	Estepa Sur Andina	Montañas
Reserva Paisajística y Cultural Manzano Histórico	1994	Protección de masas glaciarias y su alto valor paisajístico, natural, histórico y cultural.	1.100	Monte de llanuras	Bolsones y Huayquerías
Reserva de Usos Múltiples Sierra Pintada	1996	Salvaguardar un paisaje de singular belleza con sus elementos geológicos, florísticos y faunísticos propios de la región.	13.500	Monte de llanuras	Travesías
Parque Provincial Volcán Tupungato	1997	Valor hidrográfico y arqueológico.	187.000	Estepa Sur Andina	Montañas
Reserva Natural Caverna de Las Brujas	1997	Protección del sistema de cavernas interconectadas entre sí y del relieve kárstico general (formaciones subterráneas de estalagmitas y estalactitas).	450	Estepa Sur Andina	Montañas
Reserva Natural Castillos de Pincheira	1999	Conservación de formaciones naturales producidas por sedimentación de antiguas erupciones volcánicas.	650	Estepa Patagónica	Región Volcánica-Bolsones y Huayquerías

Reserva Privada Villavicencio	2000	Conservación de las provincias fitogeográficas Cardonal y Puna.	62.000	Monte de Sierras y Bolsones/Puna/Prepuna	Montañas
Reserva Natural Laguna Las Salinas	2001	Conservación del sistema hídrico del que depende el humedal y los sitios de nidificación de las aves migratorias	3500	Monte de llanuras	Región Volcánica
Monumento Natural Puente del Inca	2006	Protección de la formación geológica natural y su belleza escénica.	500	Estepa Sur Andina	Montañas
Parque Provincial Cordón del Plata	2011	Nacientes de glaciares, ecosistemas característicos de alta montaña y el patrimonio arqueológico y paleontológico.	175.000	Estepa Sur Andina	Montañas
Reserva Natural Manzano Portillo de Piuquenes	2012	Conservación de formaciones y afloramientos geológicos y fosilíferos.	313.000	Estepa Sur Andina	Montañas
Reserva de Recursos y Reserva Hídrica Natural Laguna del Atuel	2012	Conservación de los glaciares, las vegas altoandinas y las nacientes de cuencas hídricas.	70.000	Estepa Sur Andina	Montañas
Parque Científico de Observación del Espacio (DS3)	2013	Apoyo a los proyectos de China asociados a la exploración lunar. Proyectos de investigación científica, tareas de telemetría, seguimiento y control de emisiones espaciales.		Estepa Sur Andina	Montañas
Reserva Casuchas del Rey	2015	Conservación de la arqueología e historia moderna (construcciones del siglo XVIII).	3 sitios independientes sobre las márgenes del Río Cuevas y Ruta Nac. 7	Estepa Sur Andina	Montañas

La provincia de Mendoza posee un 13% de su superficie destinada a la conservación (Canizzo *et al.* 2021). Si bien en total ocupan una superficie de 1.900.000 hectáreas, este porcentaje no es uniforme para todas las ecorregiones. Según informa Canizzo (D'amico y Arcos 2022) desde el 2015 la Red de Áreas Protegidas de Mendoza se conforma por 20 espacios protegidos, de los cuales el 85% es de gestión pública, el 15% de gestión privada, y el 5% restante es mixta. También es variable la situación respecto a los planes de gestión: el 40% no tiene;

el 35% posee planes no aprobados y sólo un 25% tiene planes vigentes. Por último, a nivel de las ecorregiones, Estepa Sur Andina y Estepa Patagónica concentran los mayores valores del total del territorio protegido, el 55% y el 40% respectivamente. Por otra parte, las ecorregiones de Monte Alto o de Sierras y Bolsones y la de Monte Bajo o de Llanuras representan el escaso porcentaje restante.

2.3. METODOLOGÍA

2.3.1. Datos y georreferenciación

Los registros de las especies de Carabidae provienen de revisiones sistemáticas y de colecciones entomológicas de las instituciones que se detallan a continuación. Dicha información ha sido recopilada a lo largo del tiempo por el Dr. Roig-Juñent, de distintas instituciones nacionales y extranjeras. Para el caso de ejemplares presentes en Mendoza las instituciones son principalmente argentinas y de EEUU. Entre las instituciones argentinas se destacan: Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA, CCT CONICET Mendoza); Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Buenos Aires (MACN); Museo de La Plata, La Plata, Buenos Aires (MLPA); Instituto Superior de Entomología "Dr. Abraham Willink", Fundación e Instituto Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán (IMLA). En cuanto a EEUU, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC (USNM); American Museum of Natural History, New York (AMNH); Field Museum of Natural History, Chicago (FMNH).

La base de datos consta de unas 980 especies para la Argentina y de más de 25000 registros o localidades. Se extrajo toda la información de las especies que están presentes en Mendoza y se realizó la georreferenciación de las localidades faltantes. La georreferenciación consiste en la asignación de coordenadas geográficas a la descripción textual de un sitio. No implica únicamente asignar coordenadas sino que es necesario determinar la incertidumbre y el grado de precisión de las coordenadas. Otro de los objetivos de este proceso es el de mantener o incrementar la exactitud del registro sin aumentar el error y corrigiendo localidades erróneas; mantener o incrementar la precisión evaluando y depurando las localizaciones disponibles para asignar coordenadas espaciales. Para georreferenciar se utilizó el programa Geolocate (www.geolocate.org) y otras fuentes de datos como gaceteros del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Google Earth, información de red como Wikipedia y otros. Posteriormente, los datos fueron volcados en una planilla Excel, incluyendo campos homologados por el Darwin Core, que incluyen, aparte de los geográficos, a los taxonómicos y datos de los ejemplares de referencia. Luego para cada una de esas especies se extrajeron no sólo los registros conocidos para Mendoza sino todos los existentes debido a que son necesarios para realizar los análisis de distribución potencial (Carrara y Roig Juñent 2022).

Un paso final antes de usar los datos fue validar los datos de las localidades. Para ello se cargó al SIG Qgis versión 3.28, la capa de las especies y se revisó cuidadosamente para verificar si los datos de las localidades estaban bien georreferenciados y si coincidían con las áreas políticas (Provincia, Departamento) y si estas localidades se ajustaban a la distribución esperada por el especialista. En casos de localidades que resultaron dudosas, por ejemplo por

posibles errores de rotulación, los datos fueron consultados con el Dr. Roig y la georreferenciación se volvió a analizar. En caso de registros dudosos se optó por no incluirlos en el análisis.

2.3.2. Especies

Como se sabe, para describir una comunidad biológica es importante estimar correctamente su diversidad, ya que muchas veces este atributo es utilizado como un indicativo de la biodiversidad y puede servir para tomar decisiones relacionadas con la protección de ciertas áreas ([Iknayan et al. 2014](#)). Como taxón modelo se utiliza a los carábidos, realizando en primera medida la identificación de las especies presentes en la Provincia de Mendoza basados en las 980 conocidas para la Argentina (Roig-Juñent 2021). Para establecerlas se realiza la intersección de dos capas, en donde los elementos de entrada (base de datos de las especies de carábidos) son cortados a partir de una capa de intersección (el mapa de la provincia de Mendoza) superpuesta a la primera. El resultado es una nueva capa que recoge la combinación espacial de los distintos elementos que conforman ambas capas. Esta superposición se realizó aplicando la opción “intersección” del programa Qgis 3.28.

Aplicando la misma metodología de intersección se establece qué especies de Carabidae están presentes dentro de las Áreas Protegidas de la Provincia de Mendoza, utilizando una capa con las Áreas Protegidas. Por otra parte se determina a qué tipo de vegetación y ecorregión se asocian dichas especies. Los tipos de vegetación que se utilizaron fueron los cuatro principales reconocidos por Roig *et al.* (2000) y las ecorregiones fueron las de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) que hay en la Argentina utilizadas por APN (Burkart *et al.* 1999).

2.3.3. Análisis de completitud

La evaluación de los inventarios de la biodiversidad se hace cada vez más importante cuando los esfuerzos de muestreo se concentran en áreas naturales protegidas, las que no siempre se pueden estudiar de forma completa y sistemática (Alfaro y Araya 2017).

Una vez validados los datos se realiza una evaluación de qué tan bien está representada la información de las especies de carábidos dentro de cada tipo de vegetación. Esta evaluación se realiza con el fin de conocer si es necesario realizar mayores esfuerzos de colecta en el futuro. Esto es debido a que los muestreos no fueron realizados en cada uno de los píxeles que representa toda la provincia de Mendoza, si no que los datos (registros o localidades) fueron obtenidos a través de colectas esporádicas, en las cuales quedaron amplias zonas sin ser muestreadas.

Para llevar a cabo esta evaluación se realizó un análisis de Completitud. En primera instancia se hizo el cálculo de la riqueza de especies dentro de las zonas de vegetación, utilizando el estimador Chao 1, el cual se emplea generalmente cuando hay datos de la abundancia de individuos por especies, por lo que este estimador solamente requiere datos de presencia, que es

precisamente el tipo de datos con los que se cuenta en este trabajo (Colín *et al.* 2006). El estimador Chao 1 considera el número de especies esperadas, estimando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras. Es decir, para cada zona de vegetación, se calculó el número de especies que poseen un único registro y además, el número de especies que poseen dos registros; para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$S_{est} = S_{obs} + (f_1)^2 / 2 * (f_2) * (n - 1 / n)$$

en donde:

- S_{est} : Riqueza estimada
- S_{obs} : Riqueza observada
- f_1 : Número de especies con un único registro
- f_2 : Número de especies con dos registros
- n : Número total de registros

Luego de la estimación de la riqueza se realizó el cálculo del Índice de Completitud, el cual permite determinar qué tan bien representadas están las zonas de vegetación en función de los datos de las especies de carábidos. Éste índice se obtiene a través de la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada (Chao 1). Dicho indicador puede interpretarse como el nivel de conocimiento actual respecto a un valor “real” modelado por unidad de área analizada (Colín *et al.* 2006). Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = S_{obs} / S_{est}$$

en donde:

- C : Índice de Completitud
- S_{obs} : Riqueza observada
- S_{est} : Riqueza estimada

Se considera que un índice de completitud superior a 70% indica que está bien muestreado o que los datos son representativos. De acuerdo a los valores obtenidos se puede identificar qué tan bien representadas se encuentran las zonas de vegetación en función de la riqueza de especies y cuál sería la cantidad de especies esperada para cada una de las zonas.

Si bien este indicador es dependiente del esfuerzo de muestreo, también podrían estar influyendo otros aspectos que se discutirán más adelante, como los rangos de distribución de especies.

2.3.4. Modelos Potenciales de Distribución de Especies (MPDEs)

2.3.4.1. Selección de Variables

El siguiente paso es la selección de las variables predictoras antes de la aplicación de las técnicas de modelado. Para cualquier estudio en particular, todas las capas deben tener la misma extensión espacial, resolución, proyección y de ser posible provenir de la misma fuente. En este estudio se utilizó la base de datos de Worldclim (<http://www.worldclim.org/bioclim>). Es un sitio que reúne conjuntos de datos climáticos a nivel mundial. Worldclim permite la descarga de 19 variables climáticas, a diferentes resoluciones espaciales y en diferentes formatos ráster (que son formatos SIG, es decir, una matriz de datos georreferenciada). Además de la interpolación espacial para el presente, con datos de estaciones meteorológicas de entre 1950 a 2000 (Hijmans *et al.* 2005), Worldclim también dispone de capas SIG con información sobre las mismas variables climáticas en el pasado y en el futuro. Para generar estas capas, combina información sobre cambio climático proveniente de modelos de circulación global y su capa para el presente (proveniente de una interpolación) (Varela S. *et al.* 2015).

Las variables bioclimáticas disponibles en Worldclim representan tendencias anuales (por ejemplo, la temperatura media anual, precipitación anual), estacionalidad (por ejemplo, la variación anual de la temperatura y precipitación) y factores ambientales extremos (por ejemplo, la temperatura del mes más frío y el más cálido). En total son 11 variables de temperatura (BIO1- BIO11) (temperatura media anual (BIO1), máximas y mínimas mensuales y cuatrimestrales, estacionalidad, etc.) y ocho variables de precipitación (BIO12-BIO19) (precipitación anual, máximas y mínimas mensuales, cuatrimestrales, estacionalidad, etc.).

Por lo tanto, luego de ordenar la información con las especies y sus registros, se realizó un análisis de las variables ambientales. Sabemos que los carábidos muestran importantes respuestas adaptativas, ya que ocupan una gran variedad de hábitats y son capaces de responder con gran rapidez a los cambios en el ecosistema. Por lo tanto se consideran como excelentes indicadores ecológicos, debido a su sensibilidad a los cambios de temperatura y humedad a través de los gradientes altitudinales, así como a las etapas de sucesión ecológica y a las posibles perturbaciones (Mora Delgado 2015).

Antes de realizar el modelado de la distribución potencial de una especie, se recomienda hacer una preselección de variables pues la redundancia o variables irrelevantes pueden inducir sesgos espaciales en la predicción de los modelos. Es necesario realizar este análisis para eliminar la correlación entre variables, y por lo tanto, evitar la inestabilidad en el modelado. El número de variables que se incluyen en los modelos afecta las predicciones finales, en general la autocorrelación espacial, puede sub-ajustar los parámetros, conduciendo a una baja transferibilidad de las predicciones en áreas nuevas, ya que el área predicha disminuye al aumentar el número de variables dado que se incrementa el número de condiciones que debe cumplir un área para ser considerada favorable. De esta manera, ingresar al proceso de modelado de variables cuya correlación entre ellas sea alta puede conducir a efectos adversos en la predicción final del modelo llevando a sesgos en el resultado. La colinealidad

entre variables es un factor a tener en cuenta, ya que añade información redundante al algoritmo de modelado y puede generar resultados de difícil interpretación por sobreajuste del modelo (Buirá 2016). La colinealidad entre algunas variables puede llegar a ser muy elevada en este trabajo, teniendo en cuenta que las variables climáticas derivan de modelos de interpolación espacial creados a partir de los datos de las estaciones meteorológicas (Buirá 2016). Para evitar esta incertidumbre, se excluyeron las variables altamente correlacionadas. Para ello, se empleó una matriz de correlaciones entre todas las variables ambientales, a partir de un coeficiente de correlación de Spearman (R). Por lo tanto, valores de $R > 0,7$ determinaron que los modelos presentan colinealidad. Se calculó el umbral para todas las variables y se excluyeron aquellas cuyos valores fueron mayores a dicho parámetro. Esto fue realizado hasta lograr que ninguna variable presente un umbral mayor al seleccionado. En la Tabla 2 se mencionan las variables bioclimáticas utilizadas.

Tabla 2. Predictores seleccionados para generar MPDEs

Predictor ambiental	Código
Temperatura Media Anual	BIO1
Estacionalidad de Temperatura	BIO4
Temperatura Máxima del mes más cálido	BIO5
Temperatura Mínima del mes más frío	BIO6
Precipitación Anual	BIO12
Precipitación del mes más húmedo	BIO13

En segunda instancia se exportó la información de las bases de datos de Carabidae y del SIG, a los formatos utilizados por las diferentes técnicas de predicción a utilizar. Consecutivamente, se elaboraron los MPDEs de todas las especies que cuentan con un número suficiente de datos. A su vez, se utilizaron diversas aproximaciones para modelar la distribución de los organismos en ausencia de datos exhaustivos. Los MPDEs fueron utilizados para calcular la distribución de las especies que fueron solapadas con otras capas y se pudo establecer nuevamente la riqueza para cada una de las zonas de vegetación y la riqueza para cada una de las áreas protegidas de la provincia de Mendoza.

2.3.4.2. Construcción de los Modelos de Distribución de Especies

Para conocer la riqueza específica de un área o sitio determinado necesitamos contar con un listado de especies. Sin embargo, como generalmente no se cuenta con el inventario completo de un sitio o área determinada y lo que se tiene son solamente muestreos, resulta indispensable recurrir a Modelos Potenciales de Distribución de Especies (MPDEs), con la finalidad de obtener un

valor estimado de la riqueza real del sitio (Colín *et al.* 2006.) Si los resultados que se obtendrán del análisis de completitud no son suficientes, una forma de poder estimar la riqueza de especies es a través de los modelos de distribución potencial.

Uno de los problemas centrales en ecología es comprender cómo se distribuyen los organismos en la tierra. En ausencia de un completo inventario de la presencia de las especies, los MPDEs son una alternativa que cada vez se explora más para producir mapas detallados de la distribución del hábitat. Los MPDEs examinan asociaciones entre características ambientales y las presencias conocidas de una especie particular (Mateo *et al.* 2011) y han sido aplicados principalmente para plantas y vertebrados. Sólo unos pocos estudios han modelado la distribución potencial de insectos. A pesar de que las especies de artrópodos comprenden aproximadamente el 80% del total, la falta de información compilada sobre su distribución ha impedido el uso de MPDEs para propósitos de conservación.

Entre los distintos algoritmos para realizar MPDEs se optó por utilizar Maxent puesto que funciona muy bien sólo con presencia de datos y con pequeños tamaños relativos de muestra (Tognelli *et al.* 2009). Maxent es un algoritmo probabilístico que utiliza un conjunto de variables ambientales y datos de presencia de las especies de interés, para estimar la probabilidad de presencia de un taxón en una región no muestreada basándose en el principio de la máxima entropía. La probabilidad es interpretada como un valor de idoneidad que representa las condiciones ambientales que potencialmente favorecen la presencia de las especies (Stranges *et al.* 2019). Este programa trabaja con dos fuentes de información al momento de dar los resultados y relacionar la distribución de las especies a los ambientes en los que potencialmente se encuentran dichas especies: los puntos de distribución y las variables ambientales.

En esta tesis, en primera medida se identificaron aquellas especies que tenían hasta tres (3) registros; luego aquellas especies que presentaron entre cuatro (4) y veinticinco (25) registros; y por último aquellas especies que poseían más de veinticinco (25) registros. Se realizó esta separación, ya que existen especies que no pueden ser modeladas porque sólo se conocen unas pocas localidades, por lo tanto sólo se utilizaron las georreferencias de las mismas. A estas especies se las denomina “Especies de Especial Interés”, y en este trabajo son aquellas que poseen hasta tres (3) registros. Por otro lado, para aquellas especies con más de tres registros se realizaron otros análisis que serán detallados a continuación.

Los MPDEs deben pasar por un proceso de validación para estimar con qué frecuencia las predicciones del modelo aciertan sobre la presencia de la especie en puntos para los cuales se conoce si la especie está o no en realidad. La aplicación del modelo tendrá poco valor si no se ha evaluado la precisión de sus predicciones, por lo tanto, para probar el rendimiento predictivo, es necesario tener datos con los que comparar las predicciones del modelo. Durante el proceso de selección se utilizaron dos métodos de partición de datos de presencia: el método de división al azar de k grupos llamada “prueba de validación cruzada”, para las especies que presentaron más de 25 registros y el “ $n-1$ jackknife” para aquellas con menos de 25 registros. Dichos datos corresponden a datos de prueba (a veces llamados datos de evaluación) y se distinguen de los datos de calibración (a veces llamados datos de entrenamiento) que se utilizan para construir el modelo. Durante la ejecución de los MPDEs se mantuvieron los parámetros predeterminados por el programa MaxEnt. Además, en este caso me

propuse encontrar un punto de corte por encima y por debajo del cual se considere que la especie está presente o ausente, respectivamente. Los modelos se evaluaron mediante el área bajo la curva (AUC), derivada de los diagramas ROC (Receiver Operating Characteristic) que constituye la medida más conocida y utilizada para la evaluación de estos modelos. En estas curvas se grafica la relación entre la frecuencia de acierto en las presencias respecto a la frecuencia de falsos positivos (ausencias erróneamente predichas como presencias o errores de comisión) para diferentes puntos de corte, y el área bajo esa relación es considerada una medida de la capacidad del modelo independientemente del punto de corte que se utilice (Herrero y Zavala 2015). El AUC puede interpretarse como la mayor probabilidad de que un punto de presencia seleccionado aleatoriamente esté ubicado en un área, con un alto valor de probabilidad para la presencia de la especie. Los valores del área bajo la curva se categorizan como: Excelente ($AUC > 0,9$), Buena ($0,8 < AUC < 0,9$), Aceptable ($0,7 < AUC < 0,8$), Mala ($0,6 < AUC < 0,7$) y No Válida ($0,5 < AUC < 0,6$) (Rujano, M. et al. 2015).

Por lo tanto, para cada una de las especies con más de 25 registros se realizó la validación cruzada, en donde se generaron cinco réplicas de los modelos. Esto consiste en dividir el número total de presencias de una especie, en cinco subconjuntos (k). Los modelos fueron calibrados con k-1 de los subconjuntos y validados con el subconjunto que no fue utilizado en la calibración, este procedimiento se repite 5 veces (Stranges *et al.* 2019). Las validaciones cruzadas permiten detectar la variación resultante de la partición de los datos (Stranges *et al.* 2019). Por otro lado, el rendimiento de un modelo se evalúa con un conjunto de datos de presencia independiente del que se ha usado, para calibrar el modelo. Sin embargo, esto es complicado de hacer mediante el Área Bajo la Curva (AUC), cuando se tienen datos de presencia limitados, en este caso con especies menores a 25 registros, porque se tendrían que utilizar el mayor número de estos en su calibración. (Buendía-Espinoza *et al.* 2020). En consecuencia, se realizó una prueba de significancia, basada en la técnica de Jackknife. El método consistió en construir n modelos separados con los registros de presencia depurados cada uno con n-1 individuos y evaluar la capacidad de cada uno de ellos para predecir el dato excluido del conjunto de datos. Con el registro que se excluyó para cada modelo, se verificó el éxito o fracaso de la predicción, si coincidía en el área de distribución tomaba valor de 1 (éxito) en caso contrario 0 (fracaso). Los valores de éxito o fracaso para cada modelo, complementado con su proporción de área predicha fueron ingresados a la prueba de significancia, a un nivel de significancia p-value de 0,05. (Buendía-Espinoza *et al.* 2020). El proceso fue realizado en el ejecutable *p-value Pearson* en el software R (R Development Core Team 2012) (Buendía-Espinoza *et al.* 2020).

2.3.5. Priorización espacial para la conservación

En cuanto a los métodos utilizados para seleccionar áreas a proteger, existen diferentes aproximaciones fundamentales que, en general varían entre el uso del concepto de complementariedad, programas de búsqueda heurística y el uso de programación. Sin embargo, este es un campo en continuo desarrollo, por lo que la utilidad concreta de cada método, así como la manera más eficiente de implementarlos, son actualmente materia de debate.

Para evaluar la eficiencia de la Red de Áreas Protegidas de Mendoza (RAPM) conservando todas las especies de carábidos e identificar áreas

prioritarias para expandir el sistema actual de reservas en caso de no cumplirse dicha eficiencia, se utilizó el software ZONATION GUI 3.28 (Moilanen *et al.* 2011). La ventaja de este programa es que funciona utilizando grandes cuadrículas de datos probabilísticos como archivos de entrada, proporcionando un enlace directo entre el software de modelado de distribución de especies y la priorización de conservación espacial. Además, el programa permite la inclusión de especies de especial interés (SSI; especies que no pueden ser modeladas porque solo se conocen unas pocas localidades).

Partiendo del supuesto de que la protección total de nuestra zona de estudio sería el mejor escenario para la conservación, para generar un gradiente de prioridad espacial ZONATION comienza a partir de todo el paisaje, y luego iterativamente descarta sitios (celdas de una cuadrícula) de bajo valor de conservación ubicados en el borde del área restante, esto es, la pérdida marginal de biodiversidad. De esta manera, mantiene un cierto grado de conectividad en el paisaje restante. El orden de remoción de celdas consiste en eliminar las celdas con mayor valor de conservación al final del procedimiento. En este proceso, los sitios menos relevantes reciben los rangos más bajos (cerca de 0), mientras que los más valiosos para la biodiversidad reciben los rangos más altos (cerca de 1). En este trabajo se utilizó la opción “Cell removal rule” (“Regla de eliminación de celdas”) porque éste método enfatiza ubicaciones con alta incidencia para cada especie reteniendo la mayor distribución posible de la misma.

El software también facilita la identificación del área que contendrá al menos una determinada proporción de la distribución geográfica de todas las especies. Este software permite “valorar” las zonas del área de estudio en base a las especies que están presentes en cada una de ellas (y su valor en conservación, asignado por el operador), y así determinar cuáles son los sitios de mayor valor para la conservación. El resultado de la priorización es un mapa en formato de ráster, el cual contiene cada uno de los píxeles en función de su “valor de conservación”. Adicionalmente, es posible incorporar “a priori”, las zonas actualmente establecidas como áreas protegidas, y que dichas áreas sean incorporadas como de alta prioridad en el resultado final. A su vez, ZONATION puede dar cuenta de los costos, lo que permite la asignación rentable de los recursos, incluyendo variables antrópicas que brindan un enfoque más holístico de la priorización del paisaje (Sarquis 2018).

ZONATION presenta cuatro maneras diferentes de pérdida marginal de biodiversidad: 1) la función de beneficio aditivo (“Additive Benefit Function”, ABF); 2) la zonificación del Área Núcleo (“Core-Area Zonation”, CAZ); 3) la planificación basada en objetivos (“target-based planning”, TBP) y 4) la función de beneficio generalizada (“Generalized Benefit Function”, GBF) (Sarquis 2018). Además, ZONATION produce un conjunto de curvas de desempeño que describen la medida en la que cada componente de la biodiversidad considerado es retenido en la solución de conservación si diferentes fracciones del paisaje deben ser localizadas para la conservación (Sarquis 2018).

Para determinar los sitios prioritarios y evaluar el desempeño de la red de reservas vigente en la provincia de Mendoza para conservar las especies, se emplearon dos estrategias de priorización espacial. La primera fue la de “*Additive Benefit Function*” (ABF, “Función de Beneficio Aditivo”). En términos generales, este algoritmo asigna valor de conservación a cada celda en base al valor de conservación de todas las especies presentes en ella y no en función de la especie de mayor valor. Es decir, interpreta como de alto valor aquellas celdas que poseen un elevado número de especies (Riqueza), generalmente resultando en

áreas de una media elevada en cuanto a la cantidad de especies. De esta manera se favorecen áreas de alta riqueza sobre aquellas que pueden ser vitales para el desarrollo de una o pocas especies.

El segundo criterio utilizado para la eliminación de celdas fue el de “*Core-Area Zonation*” (CAZ, “Zonificación del Área Núcleo”). En lugar de una suma, este algoritmo basa la clasificación en la presencia más importante de una especie en la celda. Por lo tanto, puede identificar áreas de alta prioridad que tienen un alto nivel de presencia para una única especie rara y/o muy ponderada. Incluso las celdas generalmente con pocas especies pueden identificarse como prioritarias. La eliminación de celdas se realiza de una manera que minimiza la pérdida biológica, seleccionando la celda que tiene el valor más pequeño para la presencia más valiosa de todas las especies en la celda. En otras palabras, la celda adquiere un valor alto si incluso una especie tiene una presencia relativamente importante allí. La eliminación se realiza calculando un índice de eliminación (“Pérdida marginal mínima de valor biológico”) para cada una de las celdas. Debido a que la Función de Beneficio Aditivo suma el valor de todas las especies, el número de especies en una celda tiene un significado más alto en comparación con la Zonificación del Área Núcleo. Por lo tanto, el uso de la Función de Beneficio Aditivo normalmente da como resultado una red de reserva que tiene un desempeño más alto en promedio sobre todas las especies, pero que retiene una proporción mínima más baja de distribuciones originales para las especies más desfavorecidas en comparación con la Zonificación del Área Núcleo. Por otro lado, la función CAZ asegura los sitios de alta calidad para todos los componentes de la biodiversidad considerados, lo cual podría resultar en mayores esfuerzos de conservación sobre componentes de biodiversidad ubicados en sitios con baja riqueza o áreas costosas (Sarquis 2018). Por lo tanto, a partir de cada uno de los métodos de eliminación de celdas se obtuvieron dos mapas de priorización diferentes.

Estos análisis permiten evaluar si la RAPM es eficiente para proteger un porcentaje importante de la diversidad biológica tomando como ejemplo la distribución de especies de carábidos (evaluar el objetivo general). Para ello, mediante ZONATION se priorizó en base a cuatro escenarios: 1) priorización basada en alta riqueza de especies (solución ideal); 2) priorización basada en especies con rangos de distribución limitados (solución ideal); 3) priorización con alta riqueza de especies incluyendo el sistema actual de reservas (solución restringida); y 4) priorización basada en especies con rangos de distribución limitados incluyendo el sistema de reservas existente (solución restringida). De esta manera se logró comparar la priorización espacial con y sin áreas vigentes mediante ABF y CAZ. Posteriormente se identificaron los sitios complementarios hasta cumplir con las metas de conservación propuestas. Para establecer la meta de conservación se consideró un umbral del 17% del área de la provincia de Mendoza de acuerdo con la Meta 11 de Aichi (Convention of Biological Diversity [CDB] 2010).

En el caso de que la RAPM no resulte eficiente, se propondrá la expansión de las áreas ya existentes o se seleccionarán nuevas áreas prioritarias de conservación por fuera de las reservas para complementar el porcentaje de conservación dentro de la provincia. Por lo tanto, el primer paso para lograr estos objetivos será realizar una priorización espacial utilizando el HII “Human Influence Index”, denominado Índice de Influencia Humana, el cual cuantifica el impacto de la actividad humana sobre los ecosistemas. Se construye a partir de ocho medidas: (1) densidad de población/km²; (2) distancia desde los ferrocarriles; (3)

distancia desde las principales rutas; (4) magnitud desde los ríos navegables; (5) uso de las costas; (6) cantidad de luces nocturnas; (7) polígonos urbanos; y (8) tipo de cobertura de suelo (Sarquis 2018). La escala de valores del HII va de 0 a 64, donde 0 representa ninguna influencia humana y 64 representa el máximo de influencia humana con base en las ocho mediciones correspondientes. Este indicador será incluido en los análisis debido a que es fundamental evaluar aquellas zonas que tengan mayor impacto humano, ya que no pueden sugerirse áreas de conservación en aquellos sitios que tengan una alta presencia de actividad humana. El resultado de este análisis será un archivo en el cual estarán incluidas las reservas actuales y además el HII.

Estos resultados podrán evaluarse en una serie de mapas, los cuales permitirán determinar la representatividad de las especies dentro de la RAPM actual y reconocer qué áreas pueden ser sugeridas como prioritarias. Una vez obtenidos estos datos, el paso siguiente será identificar aquellas celdas que sean comunes entre los algoritmos ABF y CAZ incluyendo el HII. Para esta etapa se aplicarán geoprocursos a cada uno de los algoritmos empleados anteriormente. Los geoprocursos se realizarán a través del SIG Qgis 3.28, utilizando capas en formato vectorial y ráster para solapar áreas de acuerdo a la selección de sitios prioritarios observados en ambos resultados.

El resultado final obtenido es un mapa en formato ráster a través del cual se podrán visualizar las características comunes entre las salidas de CAZ y ABF, es decir, aquellas celdas que posean un elevado número de especies y a su vez que tengan distribuciones restringidas (riqueza y rareza de especies, respectivamente). Finalmente, de la comparación de los resultados obtenidos para CAZ y ABF se delimitarán nuevos sitios que permitirán proponer nuevas áreas prioritarias de conservación que maximicen la protección de los carábidos que habitan la provincia de Mendoza.

3. RESULTADOS

3.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES

Del análisis de las 980 especies presentes en Argentina se pudo constatar la presencia de 152 especies (15,3%) para la provincia de Mendoza. Para estas 152 especies se obtuvieron un total de 901 registros georreferenciados.

De las 152 especies sólo se tienen registros de 78 para la RAPM (51,3%), lo cual indica que casi la mitad (48,7%) de la diversidad no ha sido observada en ninguna área protegida.

En cuanto a la distribución de las especies por zona de vegetación, las mismas muestran una diferencia en cuanto a su riqueza (Tabla 3) como así también en cuanto a la cantidad de registros que se conocen para cada una de ellas.

Tabla 3. Cantidad de especies y registros de Carabidae para cada área de vegetación de la Provincia de Mendoza.

Áreas de vegetación	Cantidad de especies	Cantidad de registros
de las Montañas	71	303
de la región volcánica de La Payunia	40	158
de las Travesías	72	178
de Bolsones y Huayquerías	69	173
del Oasis cultivado	55	87
sin vegetación	2	2

También existe una marcada diferencia si analizamos la riqueza y cantidad de registros en función de las ecorregiones (Tabla 4) en las cuales han sido encontrados en la provincia de Mendoza.

Tabla 4: Distribución del número de especies y registros de Carabidae dentro de las ecorregiones de la Provincia de Mendoza.

Ecorregiones de Mendoza	Cantidad de especies	Cantidad de registros
Monte de Llanuras	108	382
Estepa Patagónica	44	166
Estepa Sur Andina	62	196
Monte de Sierras y Bolsones	44	157

En ambos casos, tanto si consideramos la vegetación como la ecorregión, la diversidad es mayor en el Monte o en las vegetaciones del Monte como son la de Travesías y Bolsones y Huayquerías. Sin embargo, el Monte posee pocos endemismos a nivel provincial (sólo para cada ecorregión). Casi todas las especies pertenecientes a dicha ecorregión poseen amplias distribuciones que se extienden a otras provincias. Por el contrario, las distribuciones de las especies presentes en las Estepas Patagónica y Sur Andina poseen áreas más restringidas. De las 152 especies se estableció que 19 (12,5%) son endémicas de Mendoza (Tabla 5). Estas especies adquieren relevancia al momento de evaluar su conservación, ya que en el único sitio donde se encuentran es en la provincia de Mendoza.

Tabla 5: Especies endémicas de Mendoza y ecorregión que ocupan

Ecorregiones de Mendoza	Número de especies endémicas	Nombre científico
Monte de Llanuras	1	<i>Barysomus</i> n.sp.
Estepa Patagónica	10	<i>Antarctiola</i> n.sp.; <i>Baripus mendozensis</i> ; <i>B. nevado</i> ; <i>B. palauco</i> ; <i>B. payun</i> ; <i>Cnemalobus diamante</i> ; <i>C. mendozensis</i> , <i>C. nevado</i> ; <i>Trechisibus nevadoi</i> ; <i>T. n.sp. 1</i> .
Estepa Sur Andina	7	<i>Baripus precordillerae</i> ; <i>B. n.sp.1</i> ; <i>Cnemalobus tupungatensis</i> ; <i>Metius canotae</i> ; <i>Trechisibus gaea</i> ; <i>Trechisibus n.sp.2</i> ; <i>T. n.sp. 3</i> .
Monte de Sierras y Bolsones	1	<i>Austroglyptolenus precordillerae</i>

3.2. ANÁLISIS DE COMPLETITUD

La diversidad estimada (basada en el estimador Chao 1) para cada una de las zonas de vegetación de la provincia de Mendoza (Tabla 5) mostró ser mucho más elevada que la observada.

Tabla 6: Determinación del estimador Chao 1 para las distintas zonas de vegetación de Mendoza

Zonas de vegetación	Especies observadas	Especies con dato único	Especies con dos datos	Especies estimadas
de Oasis	55	38	12	115,09
de la región Volcánica de la Payunia	40	22	7	74,53
de las Travesías	72	32	19	98,92
de Bolsones y Huayquerías	69	30	16	97,09
de Montañas	71	31	9	124,33
sin vegetación	2	2	0	2,00

Esta diferencia entre la diversidad observada y la estimada se debe a la gran cantidad de registros únicos o con dos datos con los que se cuenta para cada zona de vegetación, siendo en algunos casos, casi el total de los registros los que caen en estas categorías (en Oasis son 50 de los 55 registros). Debido a esto, es

necesario establecer los valores de completitud para cada una de las zonas de vegetación y para la provincia de Mendoza (Tabla 6).

Tabla 7: Determinación del Índice de Completitud para la provincia de Mendoza

Zonas de vegetación	Índice de Completitud
de Oasis	0,48
de la Región Volcánica de la Payunia	0,54
de las Travesías	0,73
de Bolsones y Huayquerías	0,71
de las Montañas	0,57
sin vegetación	1,00

Se puede observar entonces, que aquellas zonas de vegetación en donde la riqueza estimada supera ampliamente a la observada serán aquellas que presentan una completitud inferior al valor aceptado como bueno (Tabla 7). Más allá del área sin vegetación que merece una discusión aparte, se puede observar que las que poseen mayor completitud son los tipos de vegetación del Monte (Travesías y Bolsones y Huayquerías), mientras que para la que se espera mayor riqueza, la vegetación de Montaña, no llega al 60% completado. La vegetación de la región de la Payunia es la que se espera que tenga menos especies y posee una completitud semejante a la de Vegetación de Montañas.

Tabla 8: Riqueza observada, estimada y completitud de acuerdo a las zonas de vegetación de la provincia de Mendoza.

Zona de vegetación	Riqueza observada	Riqueza estimada	Índice de completitud	Especies endémicas
de Oasis	55	115,09	0,48	0
de la región Volcánica de la Payunia	40	74,53	0,54	11
de las Travesías	72	98,92	0,73	2
de Bolsones y Huayquerías	69	97,09	0,71	0
de Montañas	71	124,33	0,57	7
sin vegetación	2	2,00	1,00	0

Esta diferencia en la riqueza observada y esperada, y por ende la completitud para cada tipo de vegetación, se debe principalmente a la cantidad de especies con pocos registros (1 ó 2). Si bien esto podría estar indicando que estas zonas están submuestreadas, existen otros factores que podrían estar influyendo en el índice de completitud.

La mayor completitud observada (superior al 70%) en las vegetaciones del Monte (Travesías y Bolsones y Huayquerías) puede deberse a que, si bien existen distintos tipos de ambientes dentro de estas ecorregiones favoreciendo la existencia de distintas comunidades, estos ambientes presentan pocas barreras y ocupan amplias superficies, lo que facilita que las especies tengan amplias distribuciones y por lo tanto, que se puedan obtener más registros de las mismas (como *Galerita larcordairei*, *Anisotarsus cupripennis*, *Tetragonoderus chilensis*, etc.). Estas especies también se encuentran en otras ecorregiones de la Argentina, por lo que la mayoría de estas especies tienen distribuciones amplias y se reflejan en el bajo nivel de endemidad del Monte.

Las zonas de vegetación de las Montañas presentan valor de completitud bajo (0,57%) y se espera encontrar casi el doble de las especies de las que actualmente son conocidas (Tabla 7). Estos valores pueden deberse a que, si bien también poseen distintas formaciones vegetales, estos registros, a diferencia de los presentes en la llanura, se encuentran altamente fragmentados y aislados. A pesar de esto, se refleja la existencia de especies micro endémicas (caso de *Trechisibus gaea*, *Cnemalobus tupungatensis*, *Baripus precordillera*, *Metius canotae*) de las que se disponen escasos registros o únicos debido a su particular distribución. Por ejemplo *Trechisibus gaea* es una especie microendémica de Puente del Inca y Horcones. Si bien es abundante en los muestreos se la conoce sólo de tres localidades (Tabla 8).

Para la zona de vegetación de la Región Volcánica de la Payunia, se presenta una situación similar a la Región de Montañas. Si bien en esta predomina una vegetación uniforme con poca variabilidad fisionómica en la meseta, la existencia de sistemas montañosos extra-montanos genera ambientes de altura donde existen especies endémicas de los mismos (Roig-Juñent *et al.* 2008, 2022) (caso de la mayoría de las especies endémicas de la zona). Por ejemplo el caso de *Cnemalobus diamante* que habita sólo en la parte superior del Volcán Diamante (Tabla 8), siendo la única localidad donde se encuentra (Roig-Juñent *et al.* 2007). Por lo tanto, si bien la completitud en estos dos ambientes es baja, se considera que es razonable debido a su particular distribución. Finalmente, con respecto a las dos especies encontradas en áreas sin vegetación, es muy posible que correspondan a posibles errores de etiquetado, ya que ambas especies se encuentran frecuentemente en ambientes de llanura.

3.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las Tablas 8, 9 y 10 muestran la cantidad de registros, incluyendo los conocidos fuera de la provincia, por especies. En la Tabla 8 se observan aquellas especies que poseen tres o menos registros; en la Tabla 9 aquellas que tienen entre cuatro y veinticinco (25); y en la Tabla 10 se exponen las especies que presentan más de veinticinco (25). Para las veintiocho (28) especies que tienen tres o menos registros (Tabla 9), no se puede realizar un análisis de distribución

potencial. Sus datos fueron incluidos como localidades georreferenciadas en el mapa, debido a que presentaron valores mayores al umbral ($p\text{-value} > 0,05$).

Tabla 9: Especies que presentan tres (3) o menos de tres (3) registros.

ESPECIE	CANTIDAD DE REGISTROS
<i>Antarctiola-n.sp.1</i>	3
<i>Apenes-sp.2</i>	3
<i>Austrogyptolenus-precordillerae</i>	2
<i>Baripus-n.sp.1</i>	1
<i>Barysomus-n.sp.</i>	3
<i>Bembidion-cordillerae</i>	1
<i>Bembidion-duvali</i>	1
<i>Bembidion-germaini</i>	2
<i>Bembidion-negreanum</i>	3
<i>Bembidion-strobeli</i>	1
<i>Bembidion-tenuestriatum</i>	2
<i>Bembidion-tucumanus</i>	3
<i>Cnemalobus-diamante</i>	1
<i>Clivina-torrída</i>	2
<i>Dyschirius-sp.2</i>	1
<i>Eucheila-n.sp.</i>	1
<i>Feroniola-sp.1</i>	2
<i>Metius-rotundicollis</i>	2
<i>Metius-sp.1</i>	2
<i>Mimodromius-hassenteufeli</i>	3
<i>Mimodromius-sp.1</i>	3
<i>Pericompsus-univittatus</i>	1
<i>Plochionus-pallens</i>	2

<i>Selenophorus-sp.2</i>	1
<i>Trechisibus-geae</i>	3
<i>Trechisibus-sp.1</i>	3
<i>Trechisibus-sp.2</i>	1
<i>Trechisibus-sp.3</i>	1

Setenta (70) especies poseen entre cuatro a 25 registros (Tabla 10). Los resultados reportaron valores de p -value $< 0,05$, por lo tanto, se pudo asumir que los modelos evaluados fueron consistentes, es decir que difieren del azar y llevan a resultados que son confiables.

Tabla 10. Especies que presentan entre cuatro (4) y veinticinco (25) registros.

ESPECIE	CANTIDAD DE REGISTROS
<i>Abaris-picipes</i>	5
<i>Apenes-sp.1</i>	6
<i>Argentinatachoides-balli</i>	5
<i>Argutoridius-uruguaycus</i>	22
<i>Baripus-palauco</i>	6
<i>Baripus-payun</i>	8
<i>Barysomus-argentinus</i>	6
<i>Bembidion-derbesi</i>	15
<i>Bembidion-engelhardti</i>	24
<i>Bembidion-epistomale</i>	8
<i>Bembidion-inconstans</i>	3
<i>Bembidion-mirasoi</i>	10
<i>Bembidion-neodelamarei</i>	19
<i>Bembidion-pallideguttula</i>	19
<i>Bembidion-punctigerum</i>	19
<i>Bembidion-ringueleti</i>	20

<i>Bembidion-rufoplagiatus</i>	24
<i>Bembidion-uniformis</i>	7
<i>Bradycellus-arcobasis</i>	16
<i>Calosoma-trapezipenne</i>	10
<i>Chlaenius-brasiliensis</i>	13
<i>Cicindela-drakei</i>	13
<i>Cicindela-melaleuca</i>	12
<i>Clivina-macularis</i>	21
<i>Cnemalobus-germaini</i>	20
<i>Cnemalobus-nevado</i>	18
<i>Cnemalobus-sp.1</i>	13
<i>Cnemalobus-tupungatensis</i>	17
<i>Dromius-rugulosus</i>	17
<i>Dyschirius-magrinii</i>	5
<i>Dyschirus-pampicola</i>	15
<i>Ega-amazonica</i>	8
<i>Ega-argentina</i>	23
<i>Ega-montevidensis</i>	7
<i>Feroniola-laticollis</i>	13
<i>Feroniola-puncticollis</i>	13
<i>Incagonum-discosulcatum</i>	19
<i>Leptotrachelus-bruchi</i>	5
<i>Loxandrus-dubius</i>	12
<i>Loxandrus-simplex</i>	17
<i>Metius-canotae</i>	6
<i>Metius-gilvipes</i>	8
<i>Metius-rotundatus</i>	11
<i>Mimodromius-cruciger</i>	14

<i>Mimodromius-bolivianus</i>	8
<i>Mimodromius-lepidus</i>	19
<i>Mimodromius-monrosi</i>	6
<i>Mimodromius-rugosus</i>	7
<i>Mimodromius-wagneri</i>	14
<i>Notiobia-chalcites</i>	13
<i>Paratachys-hydrophilus</i>	7
<i>Parhypates-abacetoides</i>	6
<i>Parhypates-bonariensis</i>	23
<i>Parhypates-uruguaycus</i>	19
<i>Pelecium-violaceum</i>	11
<i>Pericompsus-andinus</i>	8
<i>Pericompsus-jeppeseni</i>	15
<i>Pseudomorpha-argentina</i>	20
<i>Scarites-bruchi</i>	15
<i>Schizogenius-depressus sp.1</i>	19
<i>Semiardistomis-semipunctatus</i>	17
<i>Semiclivina-vespertina</i>	17
<i>Tachys-argentinus</i>	4
<i>Tetracha-brevisulcata</i>	9
<i>Tetracha-cyanea</i>	25
<i>Tetracha-fulgida</i>	24
<i>Tetracha-germaini</i>	16
<i>Thalpius-fluvialis</i>	8
<i>Trechisibus-nevadoi</i>	11
<i>Trirammatius-guerini</i>	14

Cincuenta y cuatro (54) especies poseen más de veinticinco (25) registros (Tabla 11). En este caso, para validar los modelos se utilizó el estadístico AUC,

siendo todos los AUC > 0,75. Los resultados correspondientes detallan las especies cuyos modelos de distribución potencial resultaron significativos.

Tabla 11. Especies que presentan más de veinticinco (25) registros

ESPECIES	CANTIDAD DE REGISTROS
<i>Anisostichus-laevis</i>	85
<i>Argutoridius-bonariensis</i>	32
<i>Austroglyptolenus-mendozensis</i>	26
<i>Baripus-mendozensis</i>	32
<i>Baripus-nevado</i>	32
<i>Baripus-precordillera</i>	28
<i>Bembidion-chaudoirianus</i>	27
<i>Bembidion-chilensis</i>	95
<i>Bembidion-convergens</i>	66
<i>Bembidion-cupreostriatus</i>	52
<i>Bembidion-hirtipes</i>	29
<i>Bembidion-jacobseni</i>	32
<i>Bembidion-laticolle</i>	66
<i>Bembidion-lonae</i>	37
<i>Bembidion-mendocinus</i>	31
<i>Bembidion-resignatum</i>	28
<i>Bembidion-solieri</i>	66
<i>Bembidion-spinolai</i>	27
<i>Brachygnathus-festivus</i>	47
<i>Calosoma-argentinense</i>	76
<i>Calosoma-retusum</i>	45
<i>Carboniella-platensis</i>	51
<i>Cicindela-apiata</i>	34
<i>Cicindela-mixtula</i>	34
<i>Clivina-burmeisteri</i>	35

<i>Cnemalobus-desmaresti</i>	36
<i>Cnemalobus-mendozensis</i>	28
<i>Criniventer-rufus</i>	33
<i>Galerita-collaris</i>	106
<i>Metius-carnifex</i>	43
<i>Metius-caudatus</i>	27
<i>Metius-malachiticus</i>	164
<i>Mimodromius-bosqui</i>	28
<i>Mimodromius-puncticeps</i>	68
<i>Notiobia-cupripennis</i>	208
<i>Notiobia-tucumana</i>	35
<i>Pachymorphus-chalceus</i>	177
<i>Pachymorphus-striatula</i>	171
<i>Paramecus-laevigatus</i>	33
<i>Parhypates-chilensis</i>	38
<i>Pericompsus-metallicus</i>	37
<i>Plagioplatys-vagans</i>	32
<i>Polpochila-flavipes</i>	63
<i>Scarites-anthracinus</i>	99
<i>Scarites-melanarius</i>	58
<i>Selenophorus-alternans</i>	60
<i>Selenophorus-lacordairei</i>	26
<i>Selenophorus-sp. 1</i>	49
<i>Tetracha-distinguenda</i>	35
<i>Tetragonoderus-aeneus</i>	42
<i>Tetragonoderus-chalceus</i>	51
<i>Tetragonoderus-chilensis</i>	81
<i>Tetragonoderus-viridis</i>	99

<i>Trechisibus-nigripennis</i>	127
--------------------------------	-----

Como fue mencionado en secciones anteriores, si los resultados que se obtendrán del análisis de completitud no son suficientes para estimar la riqueza de especies, se recurrirá a los modelos de distribución potencial. El estimador Chao 1 tiende a subpredecir la riqueza de especies (calcula menos de lo que un sitio posee), por el contrario de los modelos potenciales, que tienden a sobrepredecir la riqueza (determinan sitios en los cuales en realidad no se encuentra la especie, es decir que tienden a calcular mayor cantidad de especies de las que existen). Sin embargo, cabe resaltar la importancia que tiene el hecho de trabajar con un especialista en este grupo de especies. El codirector de esta Tesis que es especialista en el grupo, corroboró la precisión de los modelos y determinó que las distribuciones de especies son las correctas, por lo tanto en esta Tesis utilizaremos modelos de distribución potencial, ya que considero más relevante trabajar con los rangos de distribución.

Como se puede observar en la Tabla 12, de acuerdo al estimador Chao 1, se espera menor cantidad de especies en la mayoría de los casos en comparación con aquellos resultados que arrojan las predicciones basadas sólo en las observaciones (Tabla 8). Esto es debido a que los modelos de distribución potencial pueden reconocer zonas donde las especies no han sido observadas.

Tabla 12. Valores estimados para la riqueza de especies en función de los MPDEs y del Chao 1.

Zona de vegetación	Riqueza estimada	
	MPDEs	Chao 1
de Oasis	110	115,09
de la región Volcánica de la Payunia	113	74,53
de las Travesías	116	98,92
de Bolsones y Huayquerías	119	97,09
de Montañas	123	124,33
sin vegetación	62	2,00

3.4. ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN

Teniendo en cuenta la valoración de las zonas de mayor prioridad de conservación mediante los algoritmos CAZ y ABF aplicados con ZONATION se obtiene la priorización de sitios a conservar que se muestra en la Figura 8. En esta Figura el eje horizontal representa la distribución de la proporción del área que se remueve en función de la importancia que tienen las celdas. Mientras que el eje vertical proporciona información sobre la distribución de la proporción promedio del área restante de las especies, es decir, representa la proporción media de las especies conservadas.

Para la evaluación del sistema de áreas protegidas se usó la técnica de costo de reemplazo en la que se comparan dos soluciones diferentes (Rivero Henao 2022). La primera solución (ideal), se obtuvo al realizar el proceso de análisis estándar, es decir sin la inclusión de la Red de Áreas Protegidas de la Provincia de Mendoza (Tabla 1, Fig. 7). La segunda solución (restringida), se calculó realizando la priorización de áreas de conservación, partiendo de los polígonos de las áreas naturales protegidas existentes. La capa de la Red de Áreas Protegidas de Mendoza se utilizó como una máscara de eliminación, es decir la selección de áreas prioritarias para la conservación incluyó las áreas de conservación a nivel regional que se encontraban declaradas.

Ambas soluciones arrojaron curvas de rendimiento, las cuales son una de las salidas de ZONATION y muestran información resumida sobre la proporción de distribución que queda de las especies a medida que se elimina el área (Rivero Henao 2022).

Es importante aclarar que en este trabajo se exponen únicamente los resultados arrojados por un solo algoritmo, el correspondiente a ABF, debido a que las curvas de ABF y CAZ indicaron prácticamente la misma información.

ESCENARIO_1: priorización con alta riqueza de especies VS ESCENARIO_3: priorización con alta riqueza de especies incluyendo el sistema actual de reservas

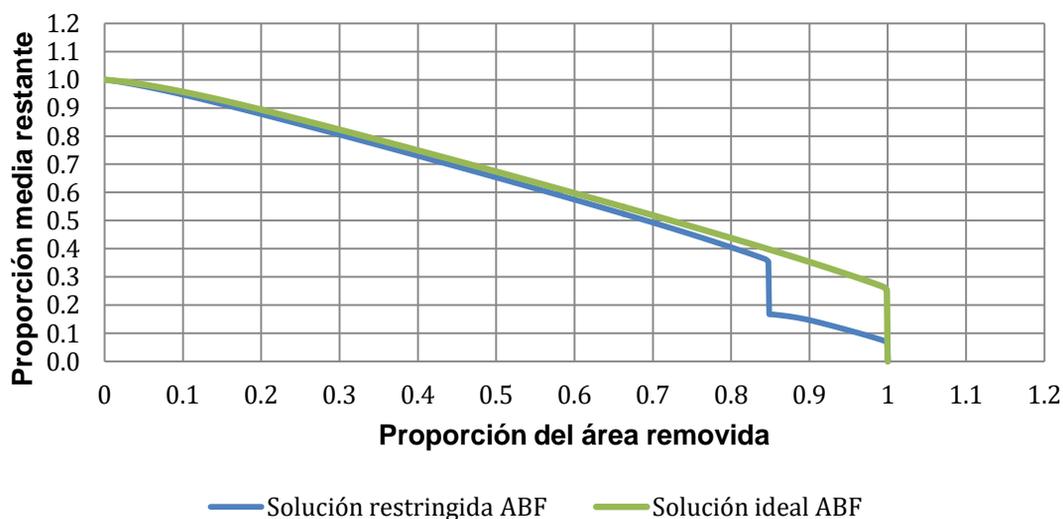


Fig. 8. Curvas de rendimiento usando la Función de Beneficio Aditivo (ABF) para cada solución. Las líneas representan la proporción media restante de las distribuciones de todas las especies de carábidos.

Al usar diferentes reglas de eliminación de celdas se obtienen resultados prácticamente homogéneos. Sin embargo, es necesario considerarlos, dado que la Función de Beneficio Aditivo (ABF) les da prioridad a zonas con mayor riqueza de especies, mientras que la Zonificación del Área Núcleo (CAZ) concede mayores valores a las zonas que presentan especies raras (con distribución restringida), puesto que demuestra celdas con mayores probabilidades de presencia por especie, pero con menos superposición entre ellas. Por lo tanto, al comparar las dos soluciones usando las curvas de rendimiento, tanto para el CAZ como para el ABF, se observa que, para el caso de la solución ideal, conservando cerca del 16% del área de la provincia (ya que el programa removió el 84% de las celdas del ráster correspondiente a la provincia de Mendoza), se logra retener en promedio el 39% de las distribuciones de las especies, mientras que, para la solución restringida, dado que existen áreas protegidas, conservar el 16% del área retendría sólo el 17% de las distribuciones de las especies. De la misma manera un 10% del área conservaría para el caso de la solución ideal el 35% de las distribuciones de las especies, mientras que en la solución restringida se mantendría el 15%. La solución restringida se ve obligada a incluir áreas de poco valor biológico. En este sentido, cuando el 13% del área está protegida (porcentaje que representa las áreas protegidas actuales de la provincia), con la solución ideal se conserva casi el 38% de las distribuciones potenciales, en cambio, para el mismo porcentaje de área (13%) con la solución restringida se conserva sólo el 16%. Se evidencia entonces que el sistema actual de reservas no cumple con los objetivos de conservación de gran parte de la distribución de los carábidos.

Existen muchas especies que no están incluidas en la protección actual. De un total de 152 especies, hay 74 especies (casi la mitad de los carábidos) que no se encuentran conservadas dentro de la Red de Áreas Protegidas de Mendoza. Esta información está determinada por la salida de los modelos de distribución potencial de especies. La comparación entre las curvas de rendimiento de la solución ideal y restringida reveló cuánto se pierde en términos de presencia de especies debido a las restricciones de las áreas protegidas existentes. Por lo tanto, tras la evaluación del sistema actual de áreas protegidas, fue necesario realizar una nueva priorización espacial, en la cual se agregó al HII para que todas las especies de carábidos de la provincia de Mendoza puedan quedar protegidas al incluir nuevas áreas prioritarias.

En la figura 10 y 11 se muestran las áreas prioritarias para la conservación seleccionadas con el HII.

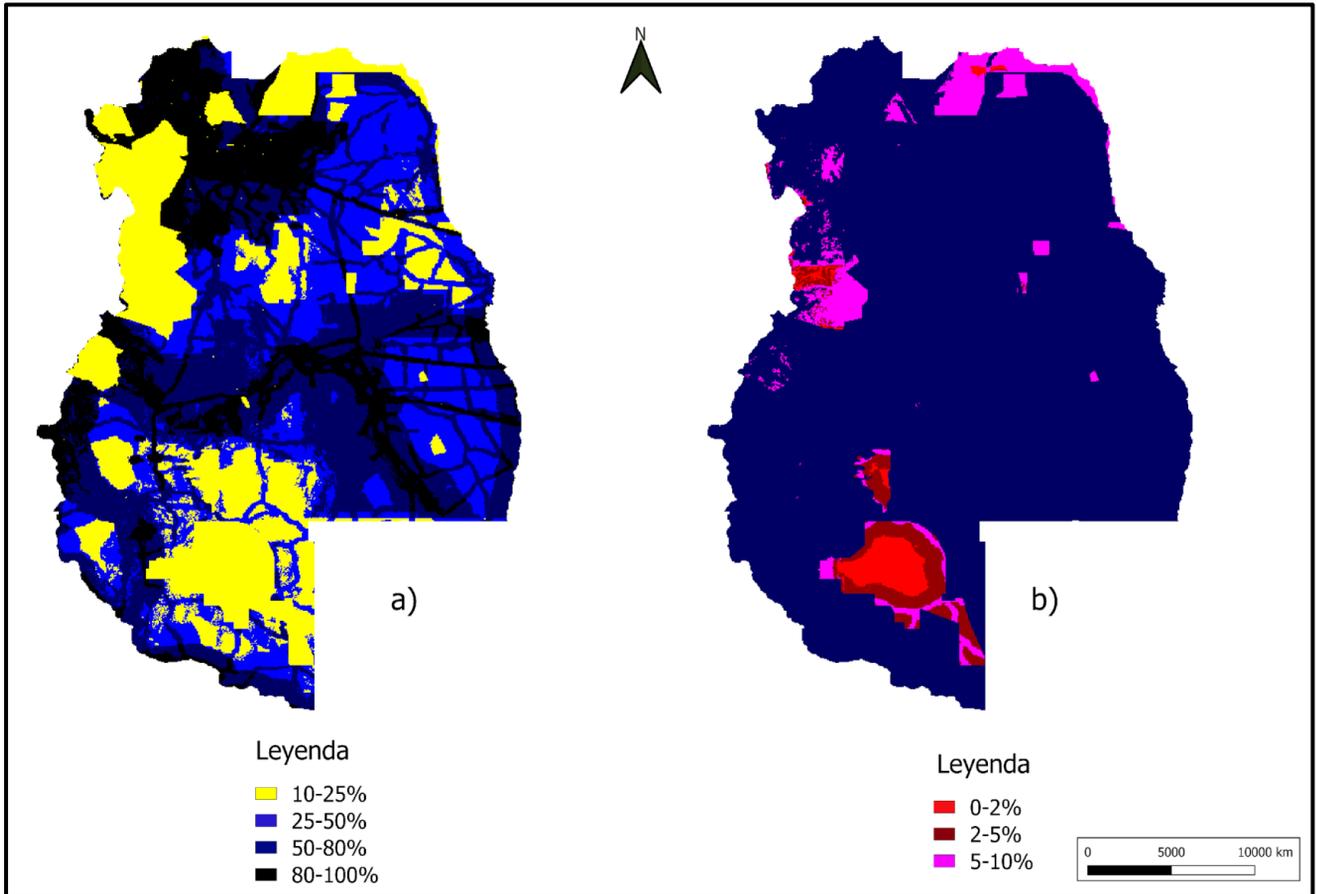


Fig. 10: Áreas prioritarias para la conservación de las especies de carábidos seleccionadas con ABF + APs + HII. El esquema de color muestra la clasificación o jerarquización anidada en los mapas: a) 10-100% de priorización; b) 0-10% priorización.

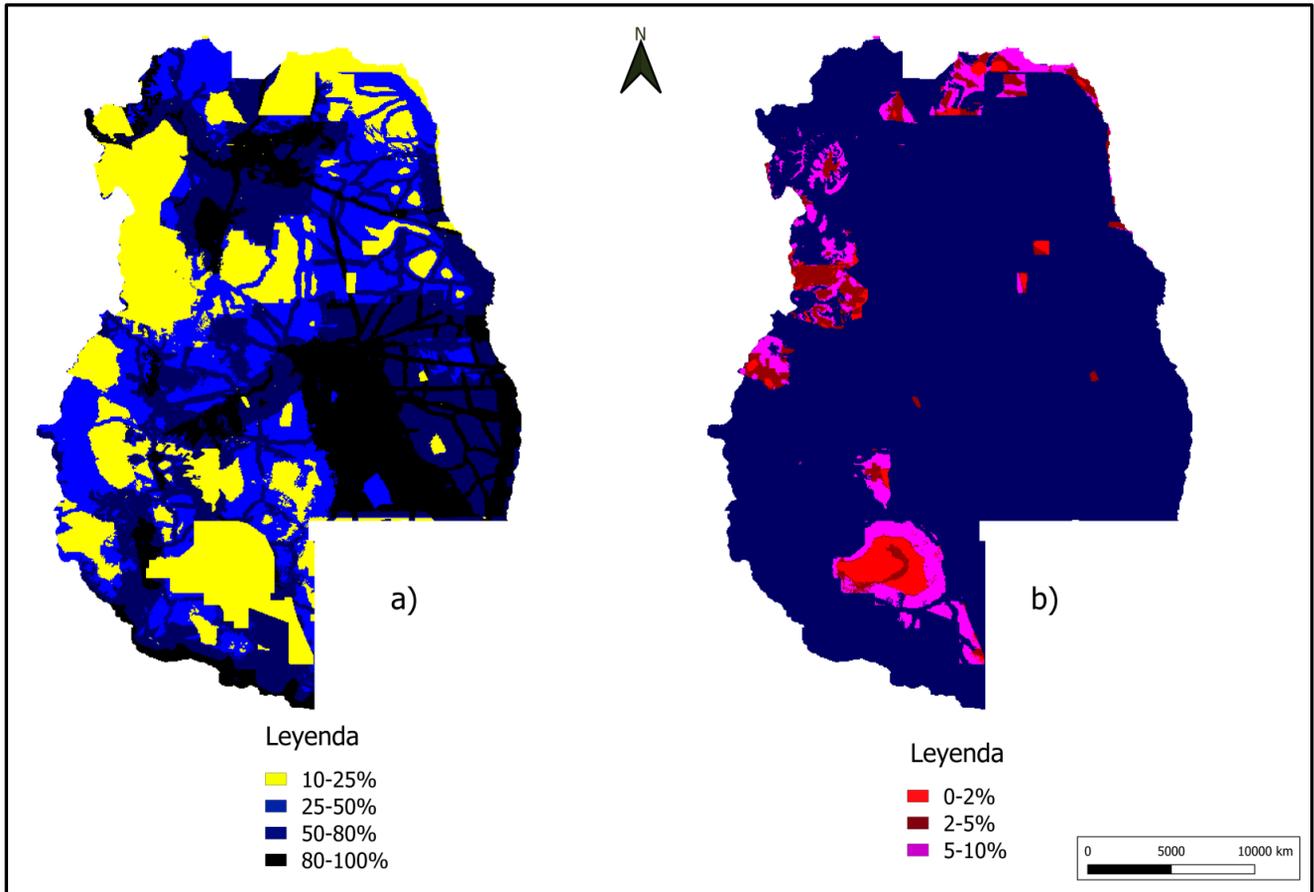


Fig. 11: Áreas prioritarias para la conservación de las especies de carábidos seleccionadas con CAZ + APs + HII. El esquema de color muestra la clasificación o jerarquización anidada en los mapas: a) 10-100% de priorización; b) 0-10% priorización.

El escenario ideal de priorización espacial realizado para la provincia de Mendoza, la solución restringida que incluye las áreas protegidas existentes y la solución que incluye el HII (Figuras 10 y 11), resaltan que, a grandes rasgos, las áreas de conservación más importantes se localizan en el sur de la provincia. Las áreas con mayor valor, entre 2 al 5% (rojas y rojas oscuras) son diferentes para las distintas priorizaciones espaciales. Como se puede ver en las Figuras 10 y 11, la presencia del HII influyó en la selección de las áreas prioritarias de conservación de las especies de carábidos, brindando una priorización más fragmentada a causa de la ocupación humana, lo que determina que se seleccionen otras áreas que no fueron seleccionadas anteriormente.

En las siguientes imágenes se pueden observar áreas que presentan alta riqueza de especies (Figura 12) así como aquellos sitios que poseen alta rareza de especies (Figura 13), que corresponden a las áreas prioritarias de conservación sugeridas por las salidas de los modelos (ABF y CAZ respectivamente). Las áreas en color lila y en color verde indican los sitios que podrían ser considerados prioritarios de conservación, hasta llegar al 17%, es decir que representan un 4% más de conservación del 13% (porcentaje actual protegido de la RAPM).

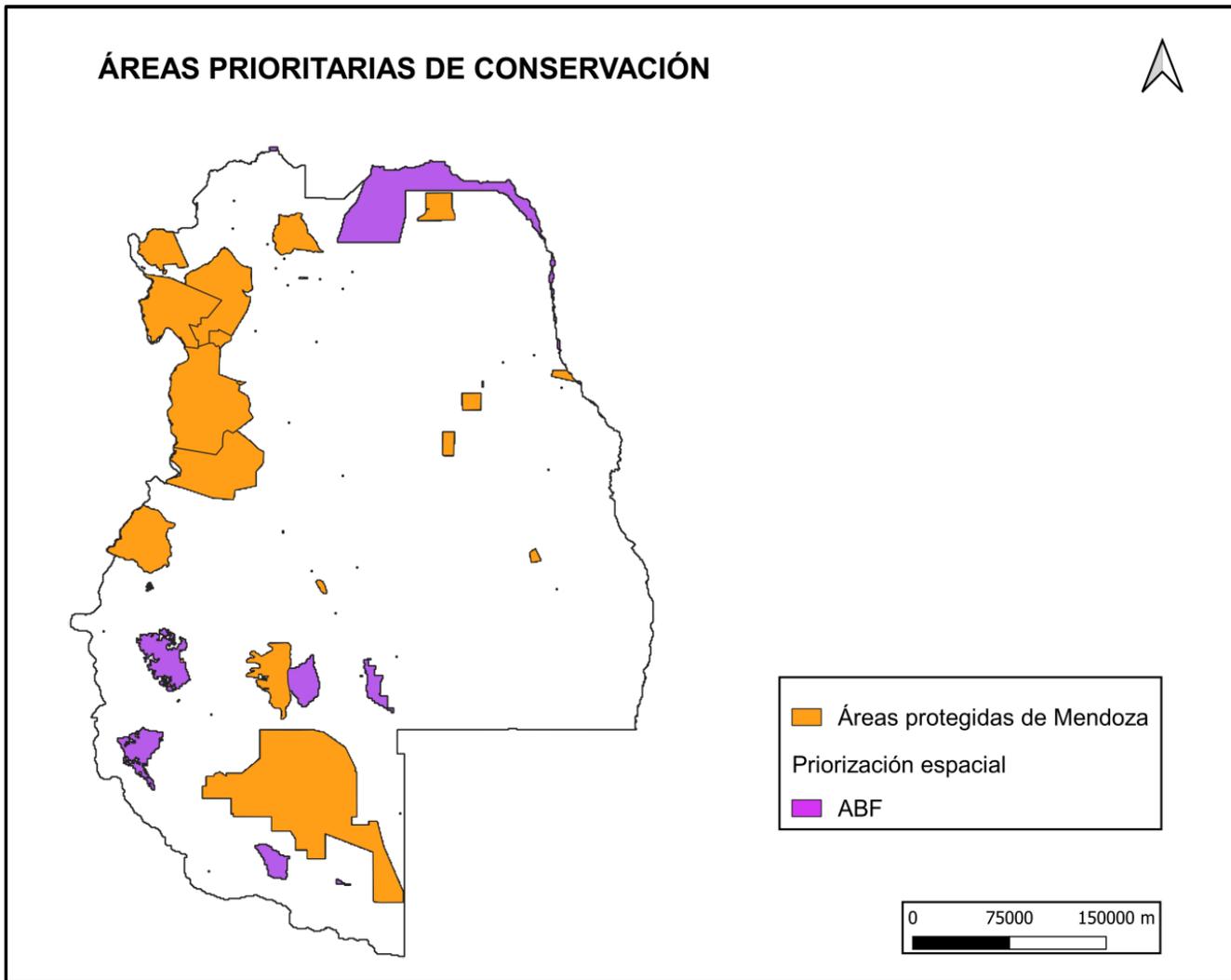


Fig. 12: Priorización espacial en función de ABF con la inclusión de las áreas protegidas y con baja influencia humana.

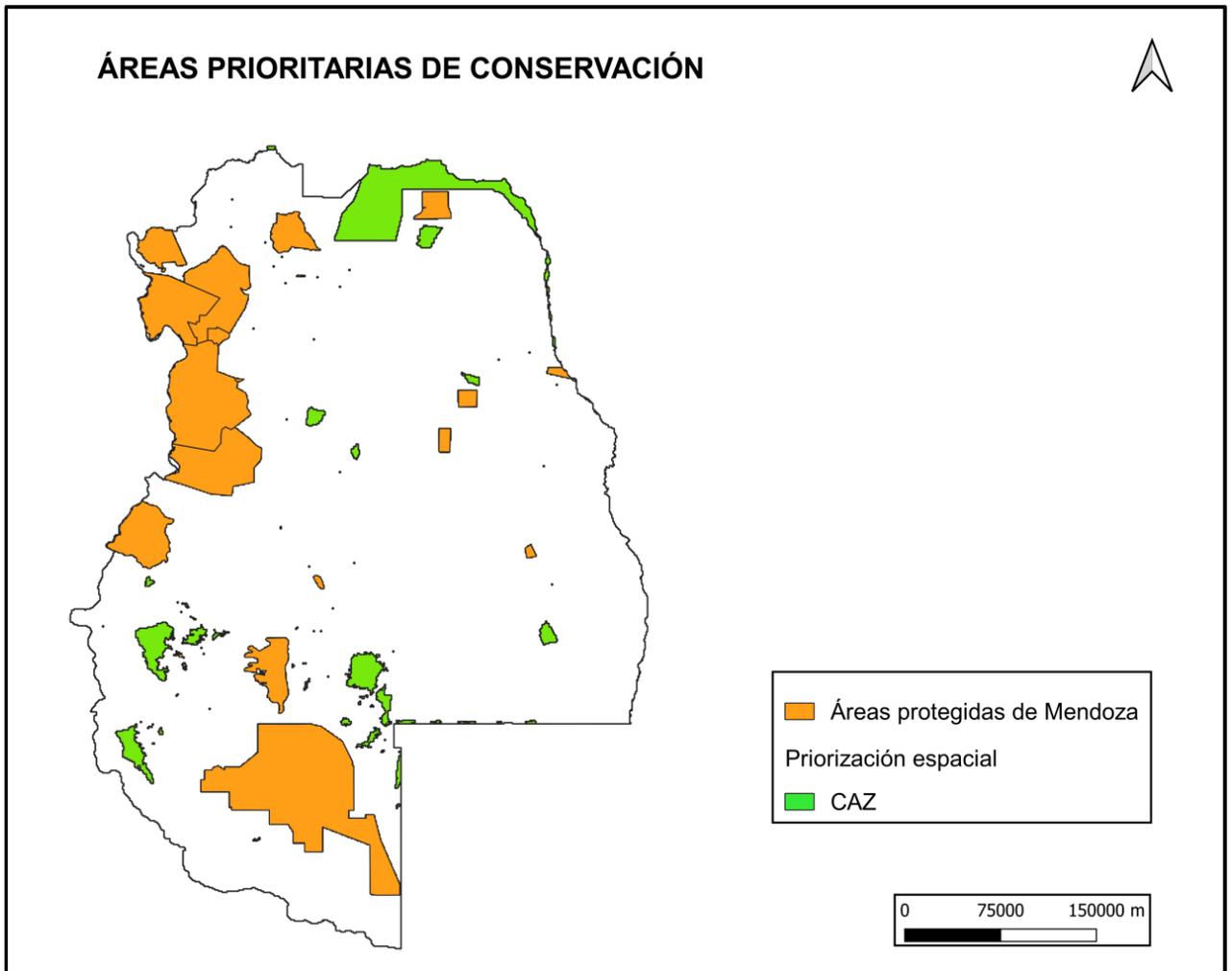


Fig. 13: Priorización espacial en función de CAZ con la inclusión de las áreas protegidas y con baja influencia humana.

Sin embargo, es fundamental considerar los sitios comunes. La Figura 14 muestra las zonas que son comunes para ambas salidas. Se puede observar que hay sitios prioritarios con alta riqueza y también zonas con especies de distribución restringida, tal es el caso específico de la zona norte de la provincia, que corresponde a las zonas cercanas a la Laguna de Guanacache. Sin embargo, dichas áreas no alcanzan a proteger el 17% del área. Por lo tanto, a raíz de estos análisis, fue necesario tomar una decisión en base a cuál modelo es más conveniente utilizar para lograr ese 17 % de la conservación.

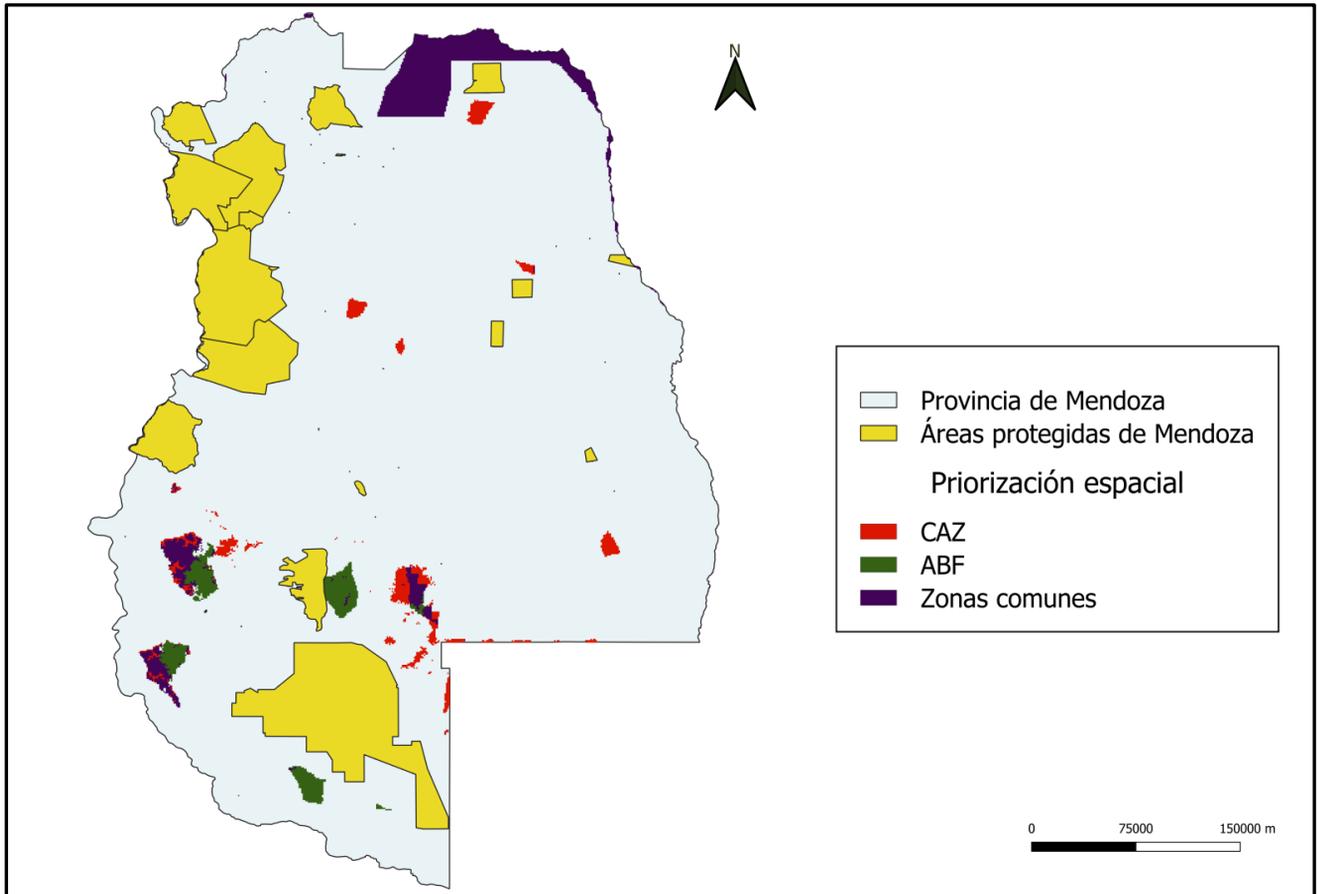


Fig. 14: Zonas comunes: priorización espacial en función de CAZ y ABF con la inclusión de las áreas protegidas y con baja influencia humana.

Se realizó una evaluación de los dos modelos utilizados en función de los objetivos de conservación. Es decir, si el objetivo es conservar aquellos sitios de alta riqueza de especies, nos debemos fiar por los modelos arrojados por ABF (Función de Beneficio Aditivo). Por otro lado, si los objetivos de conservación van dirigidos hacia aquellas especies con distribución restringida, nos guiaremos por los modelos arrojados por CAZ (Zonificación del Área Núcleo). Sin embargo, hay que tener en cuenta que la elección entre ABF y CAZ no es una elección binaria en blanco y negro entre riqueza y rareza, se trata más de una tendencia entre el énfasis en la riqueza y la necesidad de satisfacer todas las especies. Por ejemplo, podrían existir zonas con la mayor riqueza en el sur, pero que sin embargo, algunas especies sólo se encuentren en el norte. CAZ prioriza en este caso las ubicaciones centrales de las especies del norte con el precio inevitable de las prioridades reducidas en el sur. Por lo que la diferencia entre ABF y CAZ es específica de cada caso y depende de cómo se anidan las distribuciones de especies. De modo que, para considerar dichos objetivos de conservación, en este trabajo se evaluaron dos criterios. Uno fue en función de los rangos de distribución promedio de especies y el otro fue considerando cada una de las especies de carábidos, es decir, teniendo en cuenta que todas y cada una de ellas estén dentro de los objetivos de conservación.

Como se mencionó anteriormente, las curvas de rendimiento son una de las salidas de ZONATION. A su vez el programa genera un archivo en formato Excel, en el cual se muestran un conjunto de tablas organizadas en columnas que aportan diferentes datos, entre los cuales se destacan los rangos de distribución de las especies (primer criterio evaluado). En este caso, se utilizaron la primera y la cuarta columna, que como se explicó en secciones previas, representan la proporción del área que se va removiendo y la proporción promedio del área que queda por remover, (o en otras palabras, la proporción del rango de distribución promedio de especies o la proporción del área que está siendo conservada), respectivamente. Como se puede ver en la Tabla 13, dichos rangos de distribución promedio son muy similares en ambas salidas, tanto para ABF como para CAZ. Hay muy poca diferencia entre ellos, ya que para una misma proporción de área removida (83,051%), para la salida de ABF se observa un porcentaje de 36,755% del área conservada, mientras que para la salida de CAZ se puede ver que ese porcentaje es de 37,191%. Sin embargo, la solución de CAZ dio un rango un poco más elevado de distribución conservada en promedio de las especies, por lo que podría inclinarme hacia la solución de CAZ, no obstante ese 37% hace referencia a una protección de rango de distribución promedio, lo cual no significa que todas las especies estén representadas dentro de ese porcentaje de la misma forma, entonces es necesario evaluar el segundo criterio.

Tabla 13: Diferencia en los rangos de distribución promedio de las especies de carábidos para las priorizaciones espaciales de ABF y CAZ.

ABF (HII + APs)	Proporción del área removida	0,83051
	Proporción de la protección promedio de la distribución de las especies	0,36755
CAZ (HII + APs)	Proporción del área que se remueve	0,83051
	Proporción de la protección promedio de la distribución de las especies	0,37191

El segundo criterio se evaluó comparando los valores de cada una de las especies, tomando como referencia el valor de celda de 0,83051. Por lo tanto, para ese valor se analizaron aquellas columnas que dan la información específica sobre cada especie analizada. Las columnas proporcionan información acerca de lo que se remueve de cada una de las especies, es decir que indican la proporción promedio que se está conservando de cada una de ellas. Por lo que este criterio, en lugar de considerar el rango promedio de distribución de todas las especies (primer criterio evaluado), considera cada especie de forma individual, se pueden identificar cuáles son aquellas especies que no están siendo tenidas en cuenta para la conservación, o aquellas que están incluidas en la protección, pero con valores muy bajos.

Se encontró que tanto la solución de ABF como la solución de CAZ no presentaron valores cero. Es decir que todas las especies están dentro de los rangos de conservación. Sin embargo, en este trabajo se optó por analizar las

especies que presentaron valores muy bajos (menores a 0,50) de conservación, tanto en la solución de CAZ como en la de ABF.

Se realizó el promedio de todas las especies. Por el análisis se puede observar que hay gran cantidad de especies que tienen valores bajos de conservación, por lo tanto se propone maximizar la conservación ya que la mayoría son especies con rangos de distribución restringidos y considero de fundamental interés el enfoque de estas especies en particular.

En la Tabla 14 se puede ver la similitud entre los valores de ABF y CAZ, sin embargo, para un total de 108 especies de carábidos, se encontró un valor más alto en la priorización basada en las áreas núcleo (CAZ). Por lo tanto, a partir de ahora se elegirá la solución CAZ para trabajar con el resto de los análisis.

Tabla 14: Diferencia en la proporción de conservación promedio para las especies de carábidos que presentaron valores de conservación menores a 0,5, para las priorizaciones espaciales de ABF y CAZ.

SOLUCIÓN	Proporción de conservación promedio de las especies
ABF (HII + APs)	0,1358
CAZ (HII + APs)	0,1363

3.4.1. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE LAS TRAVESÍAS

La zona central de la provincia se tomó como área de conservación muy prioritaria únicamente en la solución ideal. Posteriormente, al aplicar la restricción con las áreas protegidas, el centro mendocino pasó a ser menos prioritario ya que se observan colores amarillos que corresponden a un porcentaje más bajo de priorización. Por último, cuando se aplica el HII, la zona central de la provincia deja de ser una zona prioritaria. Como fue mencionado anteriormente, se optó por utilizar la Zonificación del Área Núcleo. A continuación se presenta la priorización espacial de CAZ en función de las zonas de vegetación de Travesías.

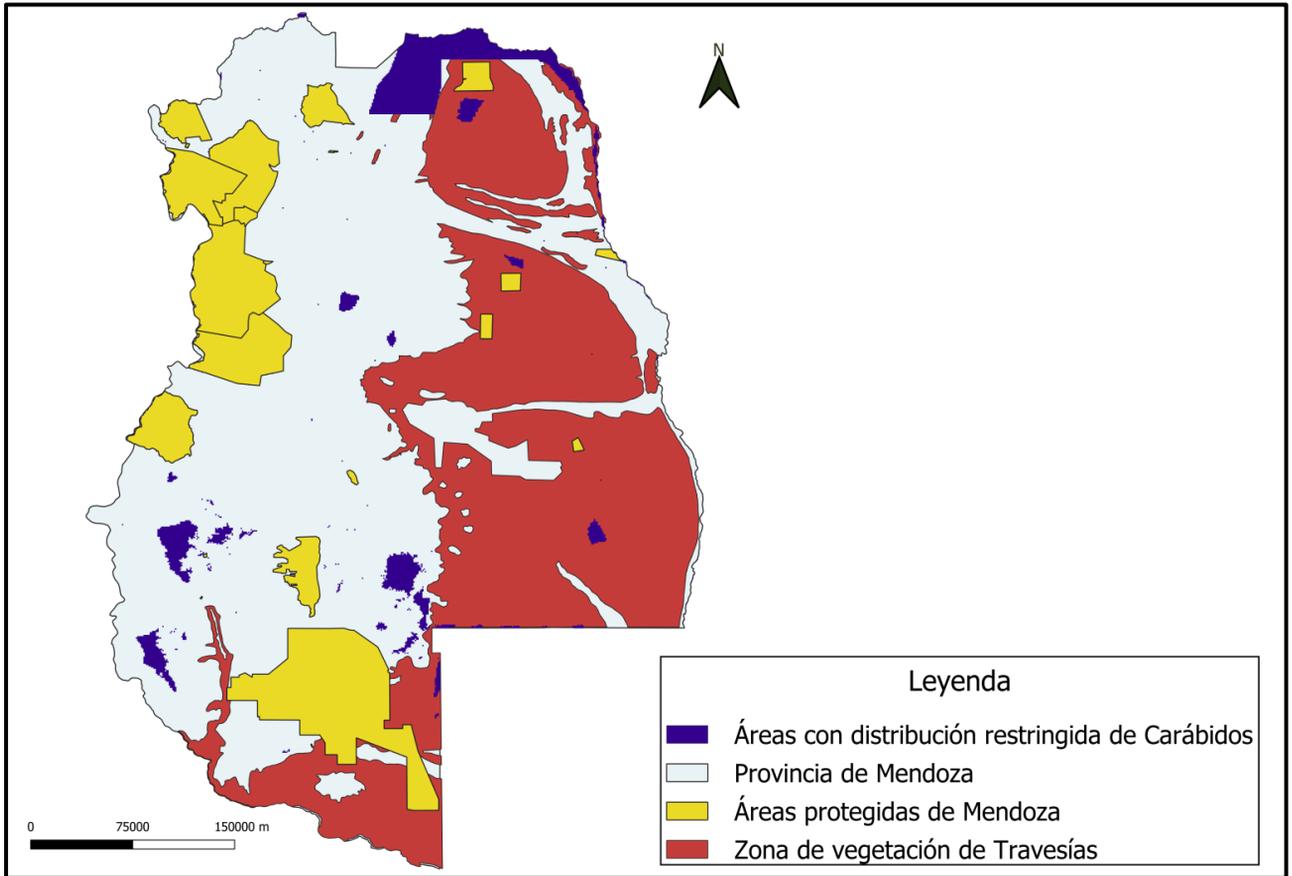


Fig. 15: Áreas prioritarias en las zonas de vegetación de las Travesías.

En la zona norte de la provincia se destacan en color azul las áreas que tienen distribución restringida de Carabidae y que coinciden con las zonas de vegetación de Travesías. Estos sitios corresponden a la zona de Laguna de Guanacache, principalmente en el noreste del territorio. Además, se observa una pequeña porción localizada hacia el norte de la Reserva de Biósfera de Ñacuñán y también hacia el sur de la Reserva de Usos Múltiples Sierra Pintada. Por lo tanto, constituyen sitios prioritarios para la conservación de especies de carábidos.

3.4.2. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE BOLSONES Y HUAYQUERÍAS

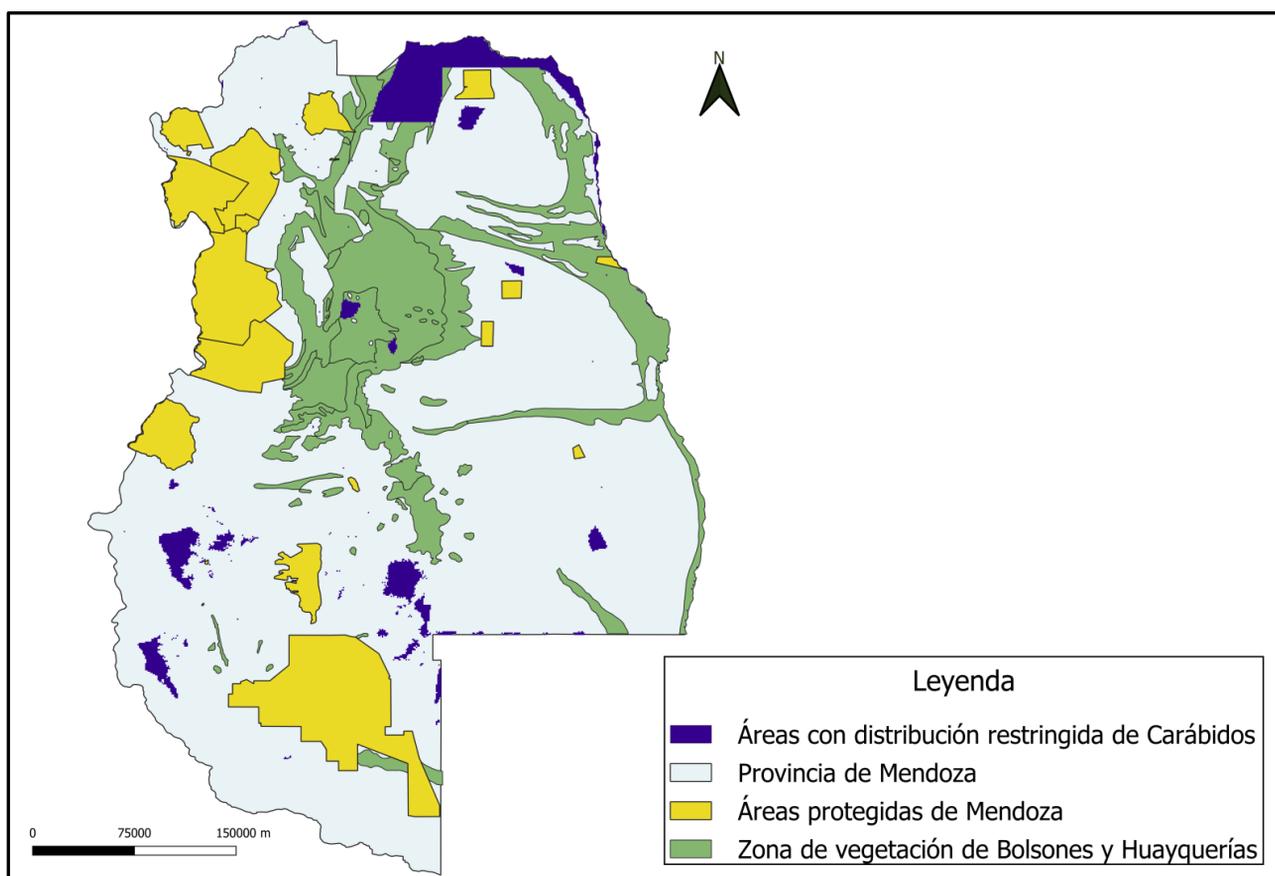


Fig. 16: Áreas prioritarias en las zonas de vegetación de Bolsones y Huayquerías

En cuanto a las zonas de vegetación de Bolsones y Huayquerías, es importante destacar la presencia de zonas prioritarias de conservación en el mismo sitio que para las zonas de vegetación de Travesías. Estos sitios corresponden a los alrededores de la Laguna de Guanacache. En este caso se observa mayor porcentaje de área cubierta que en la zona de Travesías. Además, hay un espacio hacia el sur de la Reserva Natural y Cultural Bosques Telteca, que también representa un sitio de alta priorización espacial. Por último, se encuentran dos lugares ubicados en San Carlos entre la Reserva de Biosfera Ñacuñán y la Reserva Hídrica y Paisajística Laguna del Diamante, que también corresponden a sitios significativos para la conservación de especies de carábidos.

3.4.3. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE MONTAÑAS

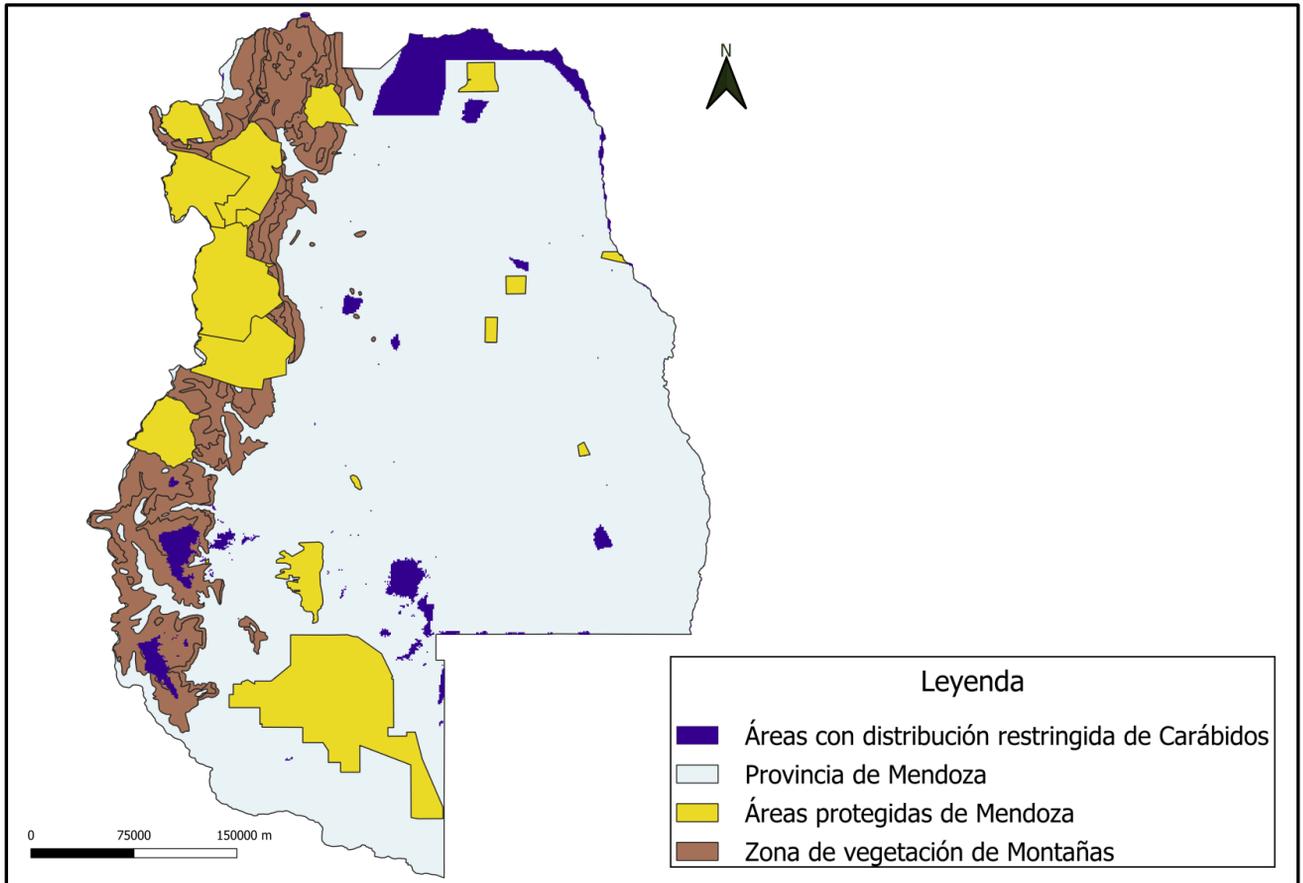


Fig. 17: Áreas prioritarias en las zonas de vegetación de Montañas

Se pueden observar en la Figura 17 los sitios prioritarios incluidos dentro de la zona de vegetación de Montañas. Son dos los sitios de mayor importancia, ubicados en el departamento de Malargüe. El primero se encuentra en el macizo al norte del paso Pehuenches, comienza desde el sur cercano a la Reserva Caverna de las Brujas y se dirige hacia el norte ocupando los pisos vegetacionales más altos. El segundo se localiza en el macizo al sur del Paso Pehuenche.

3.4.4. ÁREAS PRIORITARIAS EN LAS ZONAS DE VEGETACIÓN DE LA REGIÓN VOLCÁNICA DE LA PAYUNIA

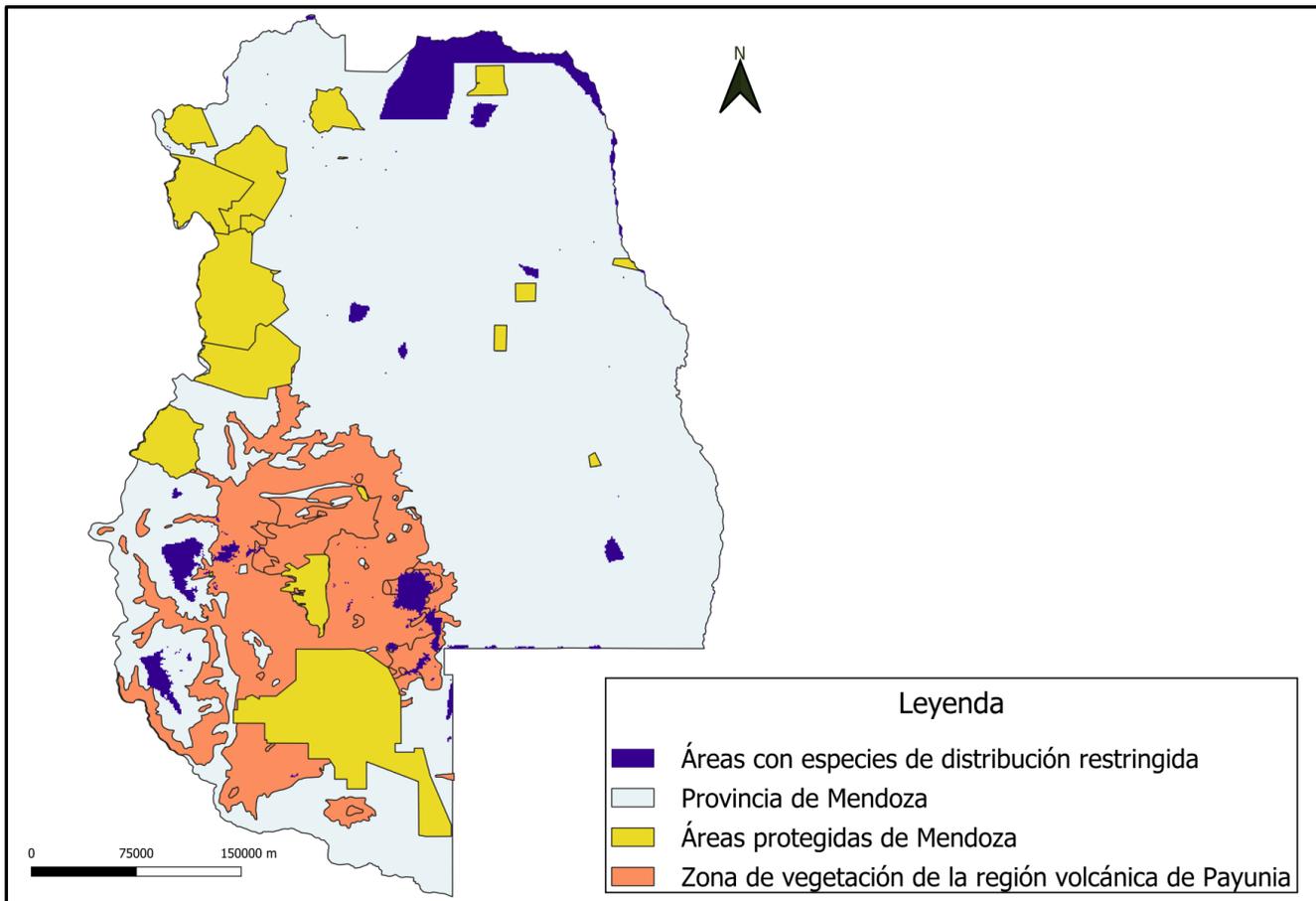


Fig. 18: Áreas prioritarias en las zonas de vegetación de la región volcánica de la Payunia y de los alrededores de la Reserva Natural La Payunia.

En la Figura 18 se muestran en color azul las zonas prioritarias de conservación. Las mismas se encuentran conectadas con La Reserva Faunística Laguna de Llanquanelo y sus alrededores. Estos sitios deberían ser tomados en cuenta también como zonas valiosas. Por otro lado, se puede observar que las zonas que corresponden a la Reserva Natural La Payunia así como las zonas aledañas al NE, forman un arco hasta llegar a una gran área al NE que correspondería al Cerro Nevado. Esta última es de gran tamaño y podría proponerse a este arco como un corredor entre la Reserva de la Payunia y el Cerro Nevado. Otra segunda área de importancia se encuentra hacia el este de la Reserva de Llanquanelo.

3.4.5. LISTA DE ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN

De esta manera, los sitios referidos anteriormente, se constituyen como zonas prioritarias para la conservación de especies de carábidos, sobre la base de una valoración ambiental integrada por la dinámica del paisaje natural.

Tabla 15: Propuesta de las nuevas áreas prioritarias en función de las Zonas de Vegetación.

Zonas de Vegetación	Propuesta de las nuevas áreas prioritarias	
Vegetación de las Travesías (Fig. 15)	1	Al norte de la Reserva de Biosfera Ñacuñán, con un corredor biológico.
	2	Laguna de Guanacache
	3	Travesía de La Varita
Vegetación de Bolsones y Huayquerías (Fig. 16)	4	Alrededores de la Laguna de Guanacache
	5	Al Noreste del departamento de San Carlos
Vegetación de Montaña (Fig. 17)	6	Macizo al norte del Paso Pehuenche
	7	Macizo al sur del Paso Pehuenche
Vegetación de La Payunia (Fig. 18)	8	Cerro Nevado, con un corredor biológico que sume todas las pequeñas áreas en arco hasta la Payunia.
	9	Área entre la Laguna del Sosneado y Malargüe

4. DISCUSIÓN

En 1961 se crea la primera reserva en la provincia de Mendoza y luego se han creado numerosas reservas provinciales y privadas, pero en ninguna oportunidad se ha evaluado si entre todas constituyen un sistema eficaz para la protección de la biodiversidad presente en la provincia. El presente estudio constituye el primer aporte que evalúa mediante métodos de optimización cuantitativos, la efectividad del sistema de áreas protegidas de Mendoza para cumplir con objetivos de conservación. Se han generado los patrones de distribución espacial de las especies de Carabidae que fueron usados como taxón

subrogante. Si bien la metodología utilizada puede ser aplicada a cualquier grupo taxonómico, el uso de artrópodos es la primera vez que se tiene en cuenta en Argentina. Conocer también el grado de conservación de los artrópodos es de suma importancia por su relevancia en la función ecosistémica. Este trabajo es importante debido a la creciente declinación de insectos, en particular de carábidos a nivel global y regional como resultado de la expansión de la frontera agrícola, la transformación del hábitat y el cambio climático.

Uno de los principales factores que dificultan la identificación de áreas prioritarias de conservación para la entomofauna de la provincia de Mendoza, es la limitada información sobre las distribuciones de muchas especies. Los resultados muestran que Mendoza se caracteriza por ser una provincia con deficiente representación territorial en sus muestreos, con inventarios faunísticos incompletos y sesgos en la representación geográfica y cantidad de especies totales. Esta es una situación común en la región Neotropical y en particular en la Argentina. La escasez de investigaciones y estudios sistemáticos en la provincia, repercute también negativamente en el conocimiento aún incompleto de su inventario.

En este escenario caracterizado por la transformación y la falta de información, es donde el uso de los MPDEs se ha convertido en una herramienta valiosa en la planificación de la conservación. Los MPDEs se han utilizado ampliamente y son particularmente útiles en áreas con pocos registros o donde existe pérdida y transformación del hábitat, proporcionando así información relevante para la evaluación y gestión de su conservación (Andrade-Díaz 2019). El sistema actual de áreas protegidas de la provincia de Mendoza es inadecuado para la protección a largo plazo de la mayoría de las especies aquí estudiadas. Luego de cuantificar el área (km²) ocupada por las distribuciones modeladas, se obtuvo que en general todas las especies están poco representadas en las APs. Se registraron un total de 152 especies para el territorio mendocino y un total de 78 especies para la RAMP constituyendo un 51,32 % de la biodiversidad de carábidos. En cuanto a la completitud de la información respecto a las zonas de vegetación se pudo determinar que esta es apropiada para el Monte. Si bien para las regiones con vegetación Andina y de la Payunia es baja, esto puede deberse al efecto de que muchas de sus especies son microendémicas y poseen pocas localidades conocidas por este tipo particular de distribución. Basado en los MPDEs obtenidos se obtienen mayores valores de las especies representadas para cada una de las zonas de vegetación, ampliando la de Travesías a 116, la de Huayquerías y Bolsones a 119, la de Montaña a 123 y la de la Región Volcánica de la Payunia a 113.

En cuanto a la priorización espacial, en este estudio se utilizaron dos reglas de eliminación de celdas (Función de Beneficio Aditivo y Zonificación del Área Núcleo) con el fin de observar qué tanto variaban los sitios que se elegirían como prioritarios. En este sentido, la regla de eliminación de celdas para realizar la priorización depende de los objetivos de conservación particulares. Para este caso, ambos algoritmos resultaron de gran utilidad para los objetivos planteados.

Los escenarios de las priorizaciones espaciales variaron en función de la inclusión o no de áreas protegidas y de la inclusión o no de información sobre el uso actual de la tierra (en este estudio medido como HII). El uso de HII presentó la ventaja de que se pudieron determinar áreas con menor impacto humano, es decir áreas con mejor estado de conservación para las especies estudiadas, y al mismo tiempo, se pudieron identificar áreas con amenazas debido al hecho de estar próximas a disturbios humanos (cultivos, urbanización, rutas, etc.). Por otro lado,

la forma en que se seleccionaron las áreas para cada escenario fue de dos maneras: (1) conservando una mayor proporción promedio de las distribuciones de los grupos focales, es decir las celdas con muchas especies tuvieron mayor valor de conservación y fueron retenidas hasta el final del procedimiento de remoción (ABF) y (2) dando mayor importancia a las áreas con especies raras y/o altamente ponderadas (CAZ). Es importante tener en cuenta que CAZ tiene la capacidad de capturar núcleos donde no hay una alta riqueza de especies, pero que podrían albergar especies raras o con distribución restringida, mientras que ABF concentra la solución hacia ubicaciones ricas en especies, donde las celdas tienen un alto valor agregado sobre las especies. Para la presente investigación, al llevar a cabo la priorización espacial utilizando CAZ y ABF, no se encontraron diferencias significativas entre ambos algoritmos. Sin embargo, al realizarse la comparación entre la solución restringida y la solución ideal, se hallaron grandes desigualdades con respecto a los porcentajes de distribución de las especies conservadas. Se pudo determinar que, para el mismo porcentaje de área removida, la solución ideal (sin la inclusión de la red de áreas protegidas vigente), mostró casi el doble de distribución promedio de especies protegidas. Es decir, este análisis evidencia que las especies de carábidos que habitan la provincia no se encuentran correctamente protegidas dentro de la RAPM. Al mismo tiempo, las APs de la provincia exponen deficiencias importantes que deben ser subsanadas mediante el diseño de nuevas APs y la efectivización y cambio de categorías de APs pre-existentes, entre otras acciones de conservación y uso del territorio en los próximos años. Asimismo, se generó un portafolio de prioridades de conservación para la provincia de Mendoza priorizando redes de conservación a partir del algoritmo de Zonation.

A partir de los resultados obtenidos y al incorporar posteriormente el HII dentro del análisis, se logró aproximar hacia los diferentes usos del suelo de la provincia, considerando los impactos antropogénicos para obtener una solución espacial más ajustada a la realidad del territorio (Rivero Henao 2022). Las ponderaciones negativas, como lugares con alto valor en la huella humana, obligan al algoritmo a eliminar rápidamente estas zonas dentro de la priorización (Rivero Henao 2022). Por lo tanto, debido a que la priorización espacial incluyendo al HII reveló áreas sustancialmente diferentes, a partir de estos nuevos análisis se obtuvieron nuevas áreas que deben ser incluidas en la red, dando prioridad a aquellas aledañas a las áreas protegidas declaradas (para implementar como áreas de amortiguamiento), corredores de vegetación nativa y otras áreas con algún grado de heterogeneidad de hábitat para restauración.

Se proponen nueve áreas nuevas, (Tabla 15, Figs. 15-18) las cuales complementarán la RAPM. Además, se proponen dos nuevos corredores. La creación de corredores biológicos constituye un nuevo aporte aún no establecido en la RAPM. De los análisis se desprende que aparte de generar nuevas áreas protegidas, para ampliar algunas otras también sería apropiado la creación de corredores. Un aporte sería establecer áreas de conectividad entre la Reserva de la Biósfera de Ñacuñán y otras APs. Esta reserva posee una de las menores superficies (14.000 ha) y si bien entre los objetivos de creación de la reserva está la conservación de bosques no se han realizado estudios previos acerca de si la biodiversidad de artrópodos puede mantenerse en ella. Esto implica que no hubo estimaciones previas acerca de la superficie adecuada de esta y otras APs para conservar la biodiversidad. Un conocimiento de la relación especie-área es de gran importancia en los estudios de evaluación y de inventario de la riqueza biológica de una determinada región y para evaluar el tamaño que debe tener una reserva natural. Este problema del tamaño se suma a la distribución espacial de

las áreas protegidas, puesto que los diseños de las reservas naturales deben considerar las ideas derivadas de la teoría de MacArthur y Wilson (1967) sobre el equilibrio de especies en islas. Cuanto más fragmentado es un hábitat, más funcionarán las áreas protegidas como islas biológicas en un “océano” de ecosistemas modificados (Roig-Juñent y Claver 1999). Entre los aspectos sobre los que hay que avanzar para la conservación de Ñacuñán, se destacan algunos relacionados con sus características ecológicas, como, por ejemplo, el estudio de sus relaciones con otras áreas naturales de la región a fin de identificar posibles corredores biológicos que posibiliten el flujo génico (por ejemplo, con el Bosque de *Prosopis spp.* en Telteca y otras del Monte) (Claver *et al.* 1999). Los resultados de los análisis muestran como un área de importancia a proteger, un corredor biológico que abarque desde el Campo experimental el Divisadero, el cual permitiría lograr una mayor conectividad ecológica y disminuir la fragmentación del hábitat.

Un segundo corredor se propone para conectar la Reserva La Payunia con el Cerro Nevado (Fig. 16). Este corredor no sólo conectaría estas dos áreas sino una serie de áreas que han sido reconocidas como de importancia y que a su vez forman un arco entre el Cerro Nevado y la Payunia.

Se propone además la expansión de la Reserva Faunística Laguna de Llanquanelo hacia el oeste, para incluir dos áreas y que pueda luego extenderse hacia el Macizo al norte del Paso Pehuenche (Fig. 16). Esto podría verse como un corredor biológico que conecte dos zonas de vegetación principales: la de Montaña y de la Payunia. A su vez, el objetivo será ensamblar las áreas protegidas, Caverna de las Brujas, Laguna de Llanquanelo y Castillos de Pincheira e incluir la Reserva Laguna de la Salina.

Por otra parte, es importante destacar la extensa superficie que abarca la Laguna de Guanacache en el norte del territorio mendocino, sitio de alta prioridad de conservación presente en dos zonas de vegetación, la de Travesías y la de Bolsones y Huayquerías, en la cual abarca mayor superficie de extensión. Se sugiere la posibilidad de ampliar la red de reservas actuales incluyendo la Laguna de Guanacache, posibilitando la conectividad entre dicha zona y las áreas protegidas localizadas hacia el oeste de la provincia.

Existen zonas que se encuentran distribuidas como una concatenación de áreas que dan una continuidad, zonas aledañas al sur de la Reserva Natural Laguna del Diamante y de la Reserva de Recursos y Reserva Hídrica Natural Laguna del Atuel. Se sugiere la ampliación de estos sitios con el fin de contribuir con la conformación de un corredor biológico. Esto permitiría fortalecer la conectividad entre áreas protegidas de la provincia, evitando que sigan siendo manejadas como islas. Estos lugares son El Sosneado, Las Leñas, Los Molles, Valle Hermoso, Laguna de La Niña Encantada y Pozo de Las Ánimas.

Es importante mencionar que dentro de las ANP, una de las principales actividades económicas es la ganadería de subsistencia, principalmente la caprina, que muchas veces da lugar al sobrepastoreo y a conflictos de los pobladores con la fauna silvestre (Canizzo *et al.* 2021). Por lo tanto, la importancia de establecer este corredor biológico El Sosneado-Pozo de las Ánimas radica principalmente en la idea de una perspectiva de conservación, ya que el uso de suelo asociado a la actividad agrícola y ganadera es uno de los factores claves que afecta a la biodiversidad edáfica, con impactos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que provoca una disminución general o pérdida total de éste (Cabrera-Mireles *et al.* 2019). Esto favorecería la

conservación de artrópodos, en particular los carábidos estudiados en esta Tesis, ya que son valorados por su alta diversidad, abundancia, distribución y por su función en los ecosistemas naturales y modificados. Por eso, la presencia de mosaicos de parches verdes en los que puedan encontrar refugio, es vital para favorecer la colonización y/o recolonización de los campos adyacentes de labor y producción ganadera extensiva (Castro *et al.* 2012).

La importancia fundamental de las áreas protegidas reside en la conservación de ecosistemas o porciones de ellos con su biodiversidad, en el establecimiento de conocimientos prácticos y valores humanos que puedan contribuir al desarrollo sostenible. En la formulación de una investigación que conduzca a la conservación de la biodiversidad y desarrollo sustentable, deben participar no sólo los niveles científicos y técnicos sino también los de planificación, gestión y toma de decisiones, buscando la forma más efectiva de integrar las poblaciones locales y el público en general en el logro de la conservación (Roig-Juñent y Claver 1999). Cabe mencionar que, ante el creciente avance de proyectos extractivos en la provincia, las áreas protegidas, a través del marco legislativo que les da origen, se han convertido en una herramienta legal utilizada por diferentes actores sociales (diputados, ONGs, asambleas, etc.) para la protección del ambiente y los bienes comunes, especialmente el agua. Sin embargo, en las ANP aún se presentan desafíos vinculados a problemáticas socioambientales y de gestión que deben ser tenidos en cuenta para comprender el escenario actual. Entre esos conflictos se destacan la instalación de proyectos mineros, el acaparamiento de tierras y agua en el territorio, la caza furtiva y los conflictos de los pobladores con la fauna nativa (Canizzo *et. al.* 2021)

5. CONCLUSIONES FINALES

Los insectos son un componente imprescindible para el correcto funcionamiento de los ecosistemas que nos proveen de elevados beneficios ecosistémicos y que sin embargo siguen siendo objeto de escasa atención en los programas de conservación de la biodiversidad en comparación con otros grupos de organismos. Muy pocos insectos, incluidos los que aparecen en las Listas Rojas, se encuentran legalmente protegidos y tampoco existen actualmente áreas protegidas cuyo diseño y manejo se haya basado en la diversidad o singularidad de la fauna de insectos. La investigación dirigida a conocer el estado de conservación de las poblaciones de insectos, los requerimientos de hábitat y las amenazas que les afectan, debieran constituir en este momento una prioridad con el fin de poder desarrollar e implementar políticas y estrategias de conservación de la biodiversidad en armonía con el crecimiento y desarrollo de nuestras sociedades. Es esta una tarea casi olvidada por las diferentes administraciones con competencia medioambiental, pero en la que la sociedad civil puede implicarse no sólo exigiendo a los responsables políticos la necesaria protección de este importante patrimonio natural, sino también emprendiendo acciones activas en las que se impliquen los ciudadanos a través de organizaciones civiles, fuerzas productivas y movimientos sociales, buscando impulsar acciones de conservación de la biodiversidad entomológica y poniendo en valor los servicios ecosistémicos que de ella se derivan.

El proyecto (PUE, 2016) del cual forma parte el estudio de los carábidos, tiene entre otros objetivos, elaborar un inventario lo más completo posible de la provincia y cuya misión es a largo plazo, irrealizable sin la colaboración de grupos de trabajo interdisciplinarios de distintas zonas. Las tareas de colecta periódica en la provincia, la preparación de materiales y la identificación insumen gran cantidad de tiempo y de personal, pero por aproximaciones sucesivas, el proyecto se acerca a una estimación más precisa de la biodiversidad con que se está tratando. Finalmente, la incorporación de esos datos en programas computarizados permitirá un acceso rápido y eficiente a la información sobre localidades, exigencias ecológicas y densidad estimada de cada especie, permitiendo lograr un manejo racional de la biodiversidad.

Si bien Carabidae representa una fracción de la biodiversidad provincial, esta familia está bien representada por la cantidad de especies y ha permitido poner a prueba si la RAPM es un sistema eficiente. Como resultado se puede ver que la RAPM no estaría protegiendo más que una fracción de la biodiversidad de Mendoza. Para poder llegar a cabo esta protección se propone la generación de nueve (9) nuevas áreas prioritarias:

- 1-Vegetación de Travesías (Fig. 15): Tres áreas y un corredor biológico
 - a-Norte de Ñacuñán (con un corredor)
 - b-Guanacache
 - c-Travesía de La Varita
- 2-Vegetación de Bolsones y Huayquerías (Fig. 16): Dos áreas prioritarias
 - a-Alrededores de Laguna de Guanacache
 - b-Al Noreste del departamento de San Carlos
- 3-Vegetación de Montaña (Fig. 17): Dos áreas prioritarias
 - a-Macizo al norte del Paso Pehuenche
 - b-Macizo al sur del Paso Pehuenche
- 4-Vegetación de la Payunia (Fig. 18): Dos áreas y dos corredores
 - a-Cerro Nevado, con un corredor que sume todas pequeñas áreas en arco hasta la Payunia.
 - b-Un área entre la Reserva Laguna del Sosneado y Malargüe con un corredor que las una.

Dos corredores son propicios de realizar en primera medida. El primero es el corredor al norte de la Reserva de Biosfera Ñacuñán, el segundo es el de Payunia-Cerro Nevado. No obstante, sería conveniente evaluar la ampliación de la Reserva Laguna de Llanquanelo hacia el este, uniéndose con otras áreas detectadas como de importancia, así como también teniendo en cuenta la conexión entre las áreas protegidas Caverna de las Brujas, Laguna de Llanquanelo y Castillos de Pincheira. A su vez sería recomendable incluir la Reserva Laguna de

la Salina. Tanto la descripción completa de cada área, como su delimitación, factibilidad y otros aspectos escapan a los límites de esta Tesis.

También se desprende que es necesario no sólo un proyecto más exhaustivo de prospección a nivel provincial sino también la necesidad a nivel local de estudios ecológicos. Estos también aportarán datos valiosos para manejar aspectos relacionados con la conservación de la biodiversidad, pudiendo servir para establecer la superficie mínima de las áreas a conservar y así permitir el normal funcionamiento de sus poblaciones.

Estos proyectos a largo plazo sirven para tener mayor información de la distribución de las especies, pero nos generan el problema de que debemos hallar soluciones en un futuro inmediato. El uso de MPDEs nos permite solucionar esta inmediatez por lo que podemos estimar las distribuciones de las especies debido a que identifican regiones con condiciones ambientales similares a las localidades donde se obtienen los registros, tanto a escala espacial como temporal. Los modelos contribuyen a descubrir las variables ambientales asociadas a las distribuciones geográficas de las especies y actúan como métodos de inter y extrapolación al proyectar en un espacio y tiempo determinados sus predicciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

-Alfaro y Araya (2017). Estimación de la riqueza de coleópteros epigeos de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt (Regiones de Atacama y Coquimbo, Chile). *Gayana* (Concepción, Chile), 81(2): <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382017000200039>.

-Andrade-Díaz M.S. (2019). *Áreas prioritarias para la conservación de la herpetofauna y su aplicación en el ordenamiento territorial de bosques en las provincias de Salta y Jujuy*. Tesis para la obtención del grado académico en Doctora en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Instituto de Bio y Geociencias del NOA.

-Arnaldos M.I., García M.D. y Presa J.J. (2011). *Aspectos profesionales de Entomólogo Forense*. Tesis de Máster Universitario en Ciencias Forenses. Universidad de Murcia.

-Ávila Díaz B.S. y Cortez Méndez M.C. (2020). *Listado taxonómico de fauna silvestre (mamíferos terrestres), en el Área Voluntaria para la Conservación, "cerro Comburinda", Municipio de Tingambato, Michoacán, bases para su manejo*. Tesis para obtener el título de Licenciada en Desarrollo Sustentable, Universidad Intercultural Indígena de Michoacán.

-Buendía-Espinoza *et al.* (2020). Análisis de adaptabilidad de *Leucaena collinsii* en la microcuenca Tula, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(6): 1233-1245

-Buirra A. (2016). Aplicación de modelos de nicho ecológico para la localización de seis plantas amenazadas en el Parque Natural de Els Ports (noreste de la Península Ibérica). *Pirineos*, 171: e017. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2016.171001>

-Burkart, R., Bárbaro, N.O., Sánchez, R. and Gómez, A.D. (1999). *Eco-regiones de la Argentina*. Administración de Parques Nacionales. Secretaria de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación. Argentina.

-Cabrera-Mireles *et al.* (2019). Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22 (2019): 33-43

-Carrara R. y Roig-Juñent S. (2022). maps of potential biodiversity: when the tools for regional conservation planning clash with species ecological niches. *Biodiversity and Conservation*. Doi: 10.1007/s10531-022-02355-3

-Castro Aráuz (2013). *Cambio climático e insectos: elaboración de una línea base con carabidae de altura*. Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas

-Canizzo *et.al.* (2021). Protegiendo lo desprotegido: cambios y desafíos del sistema de áreas naturales protegidas de Mendoza. *Boletín de estudios geográficos* 111: 53-75

-Castro *et al.* (2012). Ensamble peridomiciliario de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un talar del sudeste bonaerense, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica argentina* 71 (3-4): 231-247

-Cifuentes *et al.* (2000). *Medición de la efectividad del manejo de Áreas Protegidas*. En: Áreas protegidas, (Izurieta, A. F. y Helder Henrique de eds.). WWF, IUCN & GTZ. ISBN 9968-825-05-0 I.

-Claver S. y Roig-Juñent S. (2001). *El desierto del Monte: La Reserva de Biosfera de Ñacuñán*. Compiladores Boshoven, J. Y M. Tognelli. Triunfar Editorial, Córdoba. 226 páginas. ISBN 987-9449-76-2.

-Colín J., Maeda P. y Muñoz E. (2006). Análisis espacial de la riqueza de especies. *CONABIO. Biodiversitas*, 68: 6-10.

-Convenio Sobre Diversidad Biológica (1992). *Estrategia Nacional sobre la Biodiversidad. Plan de Acción 2016-2020. República Argentina*.

-Convention of Biological Diversity [CDB]. (2010, octubre 29). COP 10 Decision X/2. Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020. CBD Secretariat Montreal. <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268>

-Corbalán V., Tognelli, M.F., Scolaro J.A. y Roig-Juñent. S.A. (2011). Lizards as conservation targets in Argentinean Patagonia. *Journal Nature Conservation*, 19 (1): 60-67.

-Cristaldi M. (2017). Comparando el uso de modelos de distribución de especies y de algoritmos de optimización para priorizar áreas de conservación: usando reptiles y aves como indicadores. Tesis para la obtención del Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Laboratorio de biodiversidad y conservación de tetrápodos, INALI-CONICET-UNL.

-D'Amico (2015). Conflictos por explotación petrolera: aproximaciones a su estudio en la Laguna de Llanquanelo, Mendoza. *III Congreso Latinoamericano de Historia Económica y XXIII Jornadas de Historia Económica* Simposio 9: Políticas Petroleras en América (1945-2011).

- D'Amico P. y Arcos C. (2022). Algo más que flora y fauna. Historia social de las áreas naturales protegidas y nuevos rumbos del conservacionismo en Mendoza (Argentina). *Revista de Historia* 29 (1):106-149

-Dalmasso *et al.* (1999). Reserva Natural Villavicencio (Mendoza, Argentina). Plan de Manejo. *Multequina* 8: 11-50.

-Dudley N. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. Gland, Suiza: UICN. x 96pp.

-Faith D.P. (1992). Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*, 61: 1-10.

-Faith D.P. (2002). Quantifying biodiversity: a Phylogenetic perspective. *Conservation Biology*, 16: 249-252.

-Fandiño B. y Giraudo A. (2012). Un análisis biogeográfico de la composición y distribución de la avifauna de Santa Fe, Argentina. *Ornitología Neotropical* 23 (4): 476-488.

-Freire S.E., Morrone J.J. y Crisci J.V. (1998). Cladistic measures for conservation in Southern South America: a view from the Asteraceae (Angiosperms) and Curculionidae (Insecta: Coleoptera). *Physis (Secc. C) (Argentina)*, 55: 27-32.

-Galante E, Numa C y Verdú J.R. (2015). La conservación de los insectos en España, una cuestión no resuelta. *Revista IDE@ - SEA* 7: 1-13.

-[Global human influence index](#) (HII). (2005). *The Last of the Wild, segunda versión*, Wildlife Conservation Society (WCS) y Center for International Earth Science Information Network (CIESIN).

-González Loyarte M.M., Menenti M. y Roig, F.A. (2010). Patrones fenológicos de la Provincia de Mendoza, Argentina, mediante serie temporal de imágenes NOAA-AVHRR NDVI GAC. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 45 (3-4): 343-362.

-González Loyarte M.M., Menenti M. y Diblasi A. (2009). Mapa bioclimático para las travesías de Mendoza (Argentina) basado en la fenología foliar. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*, 51(1): 105-122.

-Guzmán Yera M. (2018). *Modelos de Distribución Potencial de Especies Forestales en las Sierras de Jaén. Aplicaciones de alta resolución*. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Jaén, Centro de Estudios de Postgrado, Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología.

-Herrero A y Zavala MA, editores (2015). *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

-Humpries C.J., Vane-Wright R.I. y Williams P.H. (1991). Biodiversity reserves: setting new priorities for the conservation of wildlife. *Parks*, 2: 34-38.

-Lizarraga L. (2019). *Introducción teórica sobre huella humana*. Administración de Parques Nacionales. Dirección Regional Noroeste. Sistema de información de biodiversidad.

-Lorenz W. (2019). CarabCat: Global database of ground beetles (version Oct 2017). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist (Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds.). Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.

-Martínez F., Chebez J.C., Berlanga P., Yacante R. y Nigro A. (2008). Nueva localidad para el gato andino *Oreailurus jacobita* (Cornalia, 1865) en la provincia de Mendoza, Argentina.

-Martínez Carretero E. (2004). La provincia fitogeográfica de la Payunia. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 39 (3-4): 195-226.

-Mateo R.G., Felicísimo A.M. y Muñoz J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84: 217-240.

-McGuinness C.A. (2007). Carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) conservation in New Zealand. *Journal of Insect Conservation*, 11 (1): 31-41.

-Melón D. y Congilio C.R. (2018). Asamblea popular para el agua de Mendoza: resistencia a la minería de metales y a la Vale en el área provincial.

Entrevista con Marcelo Giraud. *Crisis, crimen ambiental y resistencia*, 22 (41): 280-293.

-Moilanen, A., Meller, L., Veach, V., Arponen, A., Leppänen, J. y Kujala, H. (2011). *Zonation - Spatial conservation planning methods and software. Version 3.0. User Manual*. C-BIG Conservation Biology Informatics Group Department of Biosciences University of Helsinki, Finland.

-Mora Delgado, E. (2015). Efecto de cambio climático sobre los modelos de distribución de la abundancia en ensamblajes animales en la isla de Tenerife: caso de los coleópteros de la superficie del suelo (Carabidae) como indicadores ecológicos. Tesis de grado en Biología, Universidad de La Laguna, Facultad de Ciencias, Sección de Biología.

-Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

-Muñoz-Escobar C., Roig-Juñent, S., Carrara R. y Jerez V. (2015). Scale analysis of carabids richness (Coleoptera: Carabidae) in southern South America. *Gayana*, 79(2): 167-172.

-Posadas P., Miranda Esquivel D.R. y Crisci J.V. (2001). Using phylogenetic diversity measures to set priorities in conservation: an example from Southern South America. *Conservation Biology*, 15: 1325-1334.

-Prieto *et al.* (2003). Utilización de documentos históricos en la reconstrucción de la vegetación de la Llanura de la Travesía (Argentina) a principios del siglo XIX. *Revista chilena de Historia Natural*, 76 (4): <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000400006>

-PUE 2016. Proyecto Institucional del IADIZA. Biodiversidad en sistemas socio-ecológicos de tierras secas: estado, conservación y manejo en un contexto de cambio global. PUE 22920160100042CO. Director del Proyecto: Abraham, Elena enero-junio 2017, Sergio Roig Juñent. Junio 2017 hasta 27/8/2019; Gustavo Flores desde 28/8/2019. Responsable científico técnico del proyecto: Diego P. Vazquez; Comité coordinador científico técnico del proyecto: Sergio Roig Juñent, Laura Torres, Claudia Campos, Agustina Novillo, Natalia Schroeder y Carla Giordano.

-R Development Core Team (2012). *R: a language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>

-Rivero Henao (2022). *Redes de áreas complementarias para la conservación de la biodiversidad en el departamento de Antioquia: Oportunidades de implementación desde el esquema de pago por servicios ambientales banCO2*. Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Conservación y Uso de la Biodiversidad Modalidad de investigación, Pontificia Universidad Javeriana,

Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Maestría en Conservación y Uso de la Biodiversidad.

-Roig F., Martínez Carretero E. y Méndez E. (2000). *Mapa de vegetación de la Provincia de Mendoza. Recursos y Problemas Ambientales De Zonas Áridas*. Publicado por los autores.

-Roig-Juñent S. (2021). Los Geadephaga (Coleoptera: Carabidae, Cicindelidae y Trachypachidae) presentes en Argentina. Claves para su identificación y nuevos registros. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(4): 14-66.

-Roig-Juñent S. y Debandi G. (2004). Prioridades de conservación aplicando información filogenética y de distribución: un ejemplo basado en Carabidae (Coleoptera) de América del Sur Austral. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77: 695-709.

-Roig-Juñent S., Flores G., Claver S., Debandi G. y Marvaldi A. (2001). Monte Desert (Argentina): insect biodiversity and natural areas. *Journal of arid environments*, 47(1): 77-94.

-Roig-Juñent S., Carrara R., Ruiz Manzanos E., Agrain F. y Sackmann P. (2007) Phylogenetics relationships and biogeographic considerations of new species of *Cnemalobus* (Coleoptera: Carabidae) from Patagonia. *Insect Systematic and Evolution*, 38: 267-292.

-Roig-Juñent S., Agrain F., Carrara R., Ruiz-Manzanos E. y Tognelli M.F. (2008). Description and phylogenetic relationships of two new species of *Baripus* (Coleoptera: Carabidae) and considerations regarding patterns of speciation. *Annals of the Carnegie Museum*, 77 (1): 211-227.

-Roig-Juñent S. y Claver S. (1999). *La entomofauna del Monte y su conservación en las áreas naturales protegidas*. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 58 (1-2): 117-127

-Roig-Juñent S. y Claver S. (2001). *El desierto del Monte: La Reserva de Biosfera de Ñacuñán*. ISBN: 987-9449-76-2.

-Roig-Juñent S., Domínguez M.C., Griotti M., Agrain F.A., Campos-Soldini P., Carrara R., Cheli G., Fernández Campón F., Flores G.E., Katinas L., Muzón J.R., Neita Moreno J.C., Pessaq P., San Blas G.D., Scheibler E.E. y Crisci J. V. (2018). The Patagonian Steppe Biogeographic province: Andean Region or South American transition zone? *Zoologica Scripta*, 47: 623– 629.

-Roig-Juñent S., Ruiz-Manzanos E. y Agrain F.A. (2013). La exploración científica en el sur de América del Sur a lo largo de 237 años: Un ejemplo con Carabidae (Coleoptera) *Revista del Museo argentino de Ciencias Naturales*, 15 (2): 151-160.

Roig-Juñent S., Cisterna G. y Griotti M. (2022). New mountain species of *Baripus* (Coleoptera: Carabidae: Broscini) from northern Patagonia Biogeographic Province and an update on the phylogeny of the genus. *Invertebrate Systematics*, 36(3): 226-243.

-Rubio M. C., Fermani S. & Parera V. (2014). Evolución de la conservación en la provincia de Mendoza. Desafíos en el proceso de ordenamiento territorial en tierras secas. *Zonas Áridas* 15 (2): 195–210.

-Rueda-Ramírez, D.; Torrado-León, E.; Becerra, E. H. (Comp.). (2013). *Memorias Congreso Colombiano de Entomología. 40 Congreso Socolen*. Bogotá, D.C., 10, 11 y 12 de julio de 2013. Sociedad Colombiana de Entomología - Socolen. DVD. Bogotá, D.C., Colombia. 479 p.

-Rujano, M. *et al.* (2015). Modelo de la distribución de especies vectores de leishmaniasis del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en Mérida Venezuela. *Intropica*, 10(1), 37–51.

-Sarquis J.A. (2018). *Conservación de la avifauna de Entre Ríos (Argentina): Uso de métodos biogeográficos y de optimización para evaluar la efectividad de las áreas protegidas*. Tesis para la obtención del Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biodiversidad y Conservación de tetrápodos, INALI-CONICET-UNL.

-Stranges *et al.* (2019). Distribución potencial bajo escenarios de cambio climático de corales del género *Pocillopora* (Anthozoa: Scleractinia) en el Pacífico oriental tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90 (2019): e902696

-Tognelli M.F., Roig-Juñent S.A., Marvaldi A.E., Flores G.E. y Lobo J.M. (2009). Una evaluación de los métodos para modelizar la distribución de insectos patagónicos. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82: 347-360.

-Tognelli M., Ramirez de Arellano P. y Marquet P.A. (2008). How well do the existing and proposed reserve networks represent vertebrate species in Chile? *Diversity and Distributions*, 14: 148-158.

-Vane-Wright R.I., Humphries C.J. y Williams P.H. (1991). What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, 55: 235-254.

-Varela S. *et al.* (2015). ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. *Ecosistemas*, 24(3): 88-92.

-Vázquez, L.B. y Galván D.V. (2009). ¿Qué tan bien representados están los mamíferos mexicanos en la red federal de áreas naturales protegidas del país? *Revista mexicana de Biodiversidad*, 80(1): 249-258.

-Villagra, P.E., Cony, M.A., Mantován, N.G., Rossi, B.E., González Loyarte, M.M, Villalba, R y Marone, L. (2004) Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte. En: ARTURI, MF, FRANGI, JL & JF GOYA (eds.), Ecología y Manejo de Bosques Nativos de Argentina. Editorial Universidad Nacional de La Plata (EDULP), p. 1-32.

-Williams P.H., Humphries C.J. y Vane-Wright R.I. (1991) Measuring biodiversity: taxonomic relatedness for conservation priorities. *Australian Systematic Botany*, 4: 665-667.