

Cómo citar este trabajo: Díaz Sanz, M.ªC., Lozano Valencia, P.J., Lebuy Castillo, R., & Meaza Rodríguez, G. (2022). Application of the "LANBIOEVA" biogeographic valuation methodology to the high andean plant groupings of Atacama (Chile). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (94). <https://doi.org/10.21138/bage.3248>

Aplicación de la metodología de valoración biogeográfica "LANBIOEVA" a las agrupaciones vegetales altoandinas de Atacama (Chile)

Application of the "LANBIOEVA" biogeographic valuation methodology
to the high andean plant groupings of Atacama (Chile)

Mª Cristina Díaz Sanz 

MCristina.Diaz@uclm.com

*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio
Universidad de Castilla-La Mancha (España)*

Pedro José Lozano Valencia 

Pedrojose.lozano@ehu.eus

*Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (España)*

Roxana Lebuy Castillo 

rlebuy@centroceres.cl

*Centro Regional de Investigación e innovación
para la Sostenibilidad de la Agricultura y los Territorios Rurales (CERES)
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile)*

Resumen

Se procedió a la aplicación del Método de Valoración Biogeográfica LANBIOEVA (acrónimo de Landscape Biogeographical Evaluation), dicho método se ha testado en diferentes ámbitos templados y boreales de Europa (Península Ibérica, Balcanes, Península Escandinava, Holanda), mediterráneos chilenos, tropicales brasileños y nicaragüenses, y norteafricanos (Marruecos); paisajes y formaciones vegetales de los ámbitos mediterráneo y atacameño de Chile. El presente artículo expone los resultados obtenidos en su aplicación al territorio atacameño, con el doble objetivo de constatar su eficacia y viabilidad en ámbitos desérticos y de alta montaña andina, y servir de herramienta valorativa para el diagnóstico de la calidad del medio con fines fundamentalmente conservacionistas. Los resultados obtenidos hablan de formaciones vegetales con escasa diversidad específica y estructura simple y abierta que, sin embargo, ofrecen valores naturales contrastados, elevadas puntuaciones estructurales como consecuencia de su gran extensión y buena conectividad ecológica, valores culturales muy relevantes y amenazas medias a altas. A partir de todo ello, se registra alto grado de Interés de Conservación y, sobre todo, de Prioridad de Conservación para la generalidad de las unidades de vegetación, alguna de las cuales obtiene, por este último concepto, la calificación más elevada registrada hasta la fecha a escala global.

Palabras clave: Método LANBIOEVA; formaciones andinas; INCON; PRICON; Antofagasta.

Abstract

As a result of the XXI Biogeography Field Days/ III International Symposium on Biogeography, a small research stay was carried out among different Chilean and Spanish researchers. As a result, the biogeographic assessment method (LANBIOEVA) was applied to the Mediterranean and Atacama landscapes and formations in Chile. This article presents the results of the application to the Atacama territory. To date, this method has been used in numerous works and in different temperate and boreal areas of Europe: the Iberian Peninsula, the Balkans, the Scandinavian Peninsula, the Netherlands, the Chilean Mediterranean, the Brazilian and Nicaraguan tropics and even Africa (Morocco). In this case, it has also been applied to various plant formations and

landscapes in the Atacama region (Chile) with the dual objective of verifying its effectiveness and viability in other areas and to serve as an assessment tool for diagnosing the quality of the environment for essentially conservationist purposes. The results obtained speak of formations with little specific diversity and simple and open structure which, however, give rise to contrasting natural values, high structural scores as a consequence of their large extension and good ecological connectivity, very relevant cultural values and medium to high threats. However, it is the highest value recorded to date in one of the formations analyzed and evaluated within Atacama.

Key words: LANBIOEVA method; Andean formations; INCON; PRICON; Antofagasta.

1 Introducción

En los últimos años y desde ópticas diferentes, muchos son los esfuerzos realizados en el campo de la conservación de paisajes y especies. Entre estas iniciativas encontramos metodologías que tratan de ofrecer métodos científicos para analizar, diagnosticar y valorar la calidad ambiental, cultural, mesológica, etc. (Strijker et al., 2000). Sin embargo, los territorios y unidades de paisaje a conservar, ordenar y gestionar no sólo presentan valores medioambientales, sino que sostienen una serie de relaciones sociales, económicas, políticas, productivas, etc., que los hacen acreedores de unas herramientas de valoración y gestión mucho más adecuadas a sus realidades y con visiones que van más allá de los simples valores a conservar (Leitao & Ahern, 2002).

Parece entonces conveniente abordar la planificación, ordenación y gestión desde una visión transversal que combine criterios relacionados con los recursos naturales intrínsecos de las unidades de paisaje a valorar, y también los relacionados con otros procesos: generación de condiciones microclimáticas adecuadas, prevención de riesgos ambientales, lucha contra el cambio climático, conservación del suelo y aminoración de los procesos erosivos, mantenimiento de comunidades biológicas interesantes; mantenimiento de prácticas agropecuarias extensivas y sostenibles, existencia de yacimientos arqueológicos, elementos etnográficos o simbólicos reseñables, prácticas culturales tradicionales o seculares, etc. Es precisamente éste el espíritu que inspira a la metodología LANBIOEVA, que realiza valoraciones de raigambre natural, cultural, estructural y funcional analizando hasta 22 tipos de criterios diferentes y generando una serie de datos interesantes para que el gestor del territorio pueda contar con valores y, a la vez,

jerarquizar las actuaciones a partir del riesgo o los impactos que cada paisaje o agrupación presente (Lozano et al., 2021).

Uno de los quehaceres principales de la Biogeografía Aplicada es, sin duda, valorar las agrupaciones, formaciones, paisajes o ecosistemas. Con ello, se trata de constatar el estado actual del paisaje y la vegetación para su evaluación cualitativa con fines, principalmente, conservacionistas. Desde esta perspectiva, es un importante instrumento en la ordenación y gestión territorial, ambiental y/o paisajística, una herramienta fundamental para el conocimiento y la toma de decisiones respecto a la vegetación considerada como patrimonio natural y cultural (Díaz, 2020; Cadiñanos et al., 2011; Lozano et al., 2021).

Existen diferentes métodos de valoración como el proyecto VANE, para la valoración de los activos naturales de España o el de Valoración de los Ecosistemas del Milenio (VEM). En el primer caso se trata de un método centrado en España y con un sesgo claramente económico que obvia alguno de los aspectos y criterios valorados por LANBIOEVA, como los perceptivos y culturales, con el que perfectamente podría complementarse; máxime teniendo en cuenta que la valoración del no uso o de las externalidades ya ha sido abordada por los autores del presente trabajo (Cadiñanos et al., 2011). El VEM muestra un carácter más internacional y se centra en la valoración de bienes y servicios ecosistémicos que la metodología LANBIOEVA sí tiene en cuenta.

Esta propuesta metodológica de inventariado y valoración paisajística centrada en la vegetación ha sido testada y depurada a lo largo de 30 años en diferentes ámbitos templados y boreales de Europa (Península Ibérica, Balcanes, Península Escandinava, Holanda), mediterráneos chilenos, tropicales brasileños y nicaragüenses, y norteafricano (Marruecos) y sus resultados han sido presentados en numerosos trabajos y foros científicos. Las evaluaciones realizadas se han mostrado especialmente útiles en los procesos de planificación y ordenación territorial destinados a valorar diferentes aspectos ambientales, culturales, paisajísticos, generar planes concretos de ordenación y gestión de los recursos naturales e, incluso, arrojar luz sobre las estrategias a seguir para la planificación urbana (Cadiñanos & Meaza, 1998a; Cadiñanos & Meaza, 1998b; Díaz, 2020, Lozano et al., 2021).

Nuestra metodología de inventariado y evaluación no se ha aplicado hasta ahora a ámbitos desérticos aunque anteriormente había existido un acercamiento apriorístico dentro de este mismo área y cuyos primeros resultados fueron publicados muy sucinta y sintéticamente en Lozano et al. (2021), por lo que uno de los objetivos principales del presente trabajo es cotejar

los resultados obtenidos en este tipo de formación vegetal, con las otras formaciones evaluadas anteriormente y completar lo realizado previamente dentro de este mismo ámbito geográfico. El ámbito del desierto de Atacama muestra características del desierto frío, no polar, más árido del mundo y que cubre una superficie de aproximadamente 105.000 km² (Wright, 2006), compartida por las regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y el norte de Coquimbo, en la confluencia de Chile, Bolivia y Argentina (Ormazabal et al., 2004). Por ello fue elegido como lugar de investigación para completar el listado global de formaciones y territorios analizados.

El objetivo de este trabajo fue probar y perfeccionar un marco metodológico integrado que sirva para la valoración y evaluación ambiental de diferentes paisajes y ecosistemas a escala mundial, en este caso para el ámbito árido de Atacama (Chile). Su contenido y funcionalidad práctica llevan aparejados los siguientes objetivos específicos a la presente investigación:

- Integrar los múltiples atributos ambientales y culturales que conforman las formaciones y paisajes vegetales a inventariar y valorar, en este caso dentro del espacio de Atacama.
- Crear un protocolo de valoración biogeográfica que recoja aspectos biocenóticos, territoriales, mesológicos, estructurales, culturales y de prioridad de conservación en el ámbito de estudio.
- Obtener valoraciones parciales que puedan ser tenidas en cuenta de forma sectorial atendiendo a los atributos o cuestiones que se consideren oportunas a la hora de planificar y gestionar dicho espacio.
- Obtener valores generales o sintéticos que aglutinen los criterios encaminados a cuantificar el interés de conservación y la prioridad de conservación de los paisajes vegetales valorados.
- Testar el modelo metodológico de inventariado y valoración lo más versátil posible que, además de en el amplio abanico de ámbitos territoriales en los que ya se ha aplicado, pueda seguir siendo ensayado en espacios y paisajes para los que no fue diseñado originalmente, en este caso Atacama.

2 Metodología y materiales

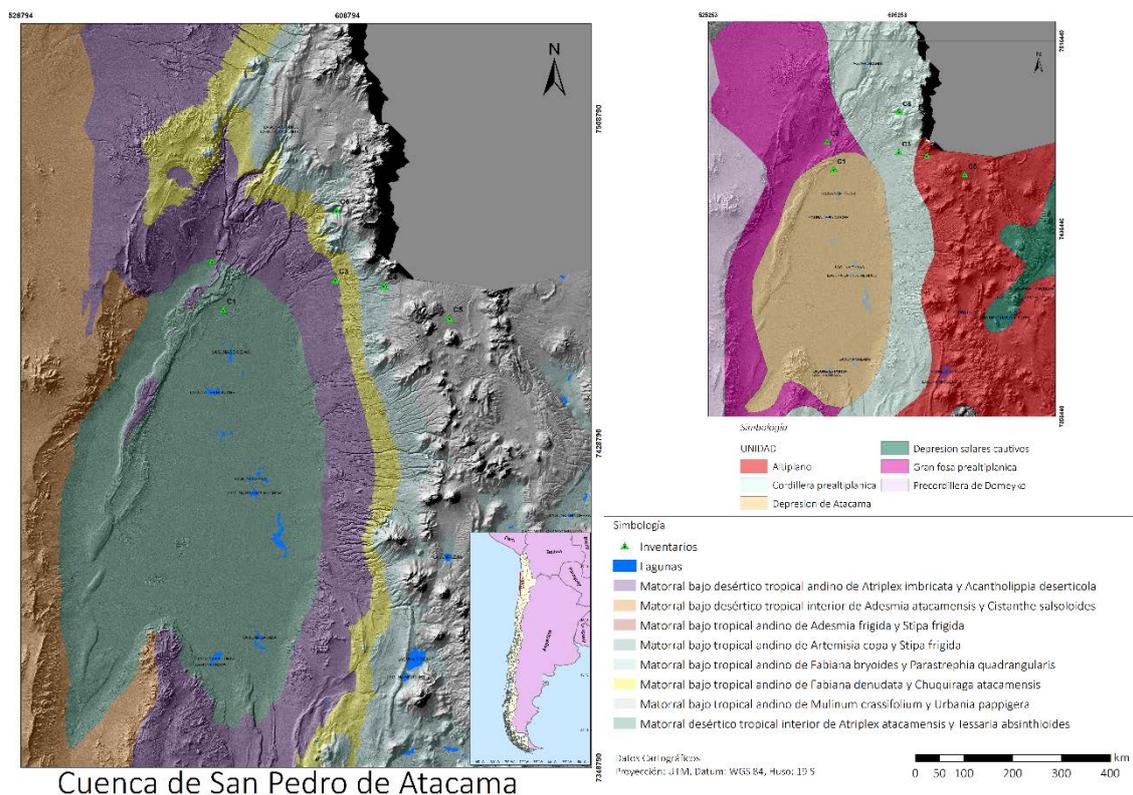
2.1 Área de estudio

La comuna de San Pedro de Atacama se encuentra ubicada en la provincia del Loa, perteneciente a la Región de Antofagasta. Tiene una superficie de 23 439 km², y se emplaza a

2436 m de altitud. Cuenta con una población de 10 996 habitantes, de los cuales un 49,7% corresponde a población rural y el otro 50,2% a población urbana (INE, 2017).

Se inventariaron y valoraron un total de 6 paisajes vegetales atacameños (Figura 1), hasta el momento bastante carente de trabajos y estudios biogeográficos aunque en su momento ya fueron descritos y caracterizados por Luebert & Gajardo (2000), Lubert & Pliscoff (2004) u Orellana, 2013 pero nunca valorados o evaluados biogeográficamente de forma integral.

Figura 1. Localización de la zona de estudio y los inventarios realizados



Fuente: elaboración propia

2.2 Características mesológicas del área de estudio

A escala regional, la geología de la zona está condicionada por el fenómeno de subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa continental, cuya convergencia ha dado origen a unidades morfoestructurales con ejes orientados N-S que, de oeste a este se corresponden a la península de Mejillones, la Cordillera de la Costa, la Depresión Central, la Cordillera de Domeyko, la Cuenca Pre-Andina, la Cordillera Occidental (arco magmático), el plató Altiplano-La Puna, la Cordillera Oriental y las Cordilleras Subandinas (antepaís deformado) (Charrier et al., 2007).

En el área de estudio, y ordenadas de menor a mayor altitud, sobresalen las unidades de la Cordillera de Domeyko, la Cuenca Pre-Andina, el Llano de la Paciencia, la Cordillera de la Sal, el Salar de Atacama y la Cordillera Occidental. Ese mismo ha sido el sentido del transecto utilizado para inventariar, caracterizar y valorar biogeográficamente las distintas formaciones vegetales.

La Cordillera de Domeyko es en un sistema montañoso que en su borde oriental presenta la afloración de basamento Paleozoico a Mesozoico. La unidad paleozoica corresponde a la formación "Estratos el Bordo", compuesta por lavas mayoritariamente andesíticas alternadas con brechas volcánicas, tobas riolíticas a dacíticas, y sucesiones de sedimentos de grano fino a medio (Rubilar, 2015). Las unidades mesozoicas están conformadas por rocas sedimentarias del grupo purilactis, que incluyen a las formaciones Tonel, Purilactis y Barros Arana, asignadas al Cretácico; y las formaciones Cerro Totola, Naranja y Loma Amarilla, asignadas al Paleógeno (Arriagada et al., 2016). Entre la Cordillera de Domeyko y la Cordillera de la Sal se localiza El Llano de la Paciencia, que corresponde a una cuenca conformada por gravas, arenas y limos no consolidados y vinculados a flujos de barro y detritos aportados por la Cordillera de Domeyko. La Cordillera de la Sal se alza, como estructura de primer orden, 200 m por encima de la superficie del Salar de Atacama y está constituida mayoritariamente por depósitos oligocenos-miocenos de la Formación San Pedro (Wilkes & Görler, 1994) (Figura 2). Presenta una secuencia sedimentaria de espesor superior a los 3000 m, conformada por lutitas, limolitas, areniscas, evaporitas, conglomerados finos, halita y yeso, todos ellos ampliamente plegados y deformados, lo que da forma a una estructura anticlinal (Dirección General de Aguas & ICASS, 2014).

El Salar de Atacama se corresponde con una cuenca endorreica inserta dentro de una fosa pre-altiplánica, y se compone de un amplio número de ignimbritas de edad miocena a pleistocena hacia su margen oriental, aportadas desde las formaciones volcánicas de la Cordillera de los Andes. Desde los márgenes hasta el núcleo del salar, el relleno de la cuenca está, principalmente, constituido por una sucesión de facies evaporíticas de carbonatos, sulfatos y cloruros (Salas et al., 2010). La cuenca del salar está cerrada al sur por el Cordón de Lila, donde predominan las rocas intrusivas (granitos, granodioritas, dioritas) de edad paleozoica a cretácica. Finalmente, La Cordillera Occidental se alza entre los 3800 a 4700 m, aunque presenta estratovolcanes de edad miocena a holocena de alturas entre los 5000 a 6890 m. Se encuentra revestida de ignimbritas miocenas y pliocenas, inclinadas suavemente hacia el oeste; en sus

partes más bajas se observan depósitos de abanicos aluviales (Dirección General de Aguas & CADE IDEPE, 2014).

Figura 2. Cierre perisinclinal de la Cordillera de la Sal sobre materiales de la Formación San Pedro



Fuente: elaboración propia

El clima del área de estudio posee unas características específicas que permiten un desarrollo frágil, pero a la vez muy especializado de diversos taxones de vegetación, influenciados por la escasez del agua y la marcada aridez, incrementada por la elevada pérdida de agua del suelo debido a la evaporación (Reyes, 2012). Existe una relación directa entre la altitud y el cómputo precipitacional, que es mayor y principalmente en forma sólida sobre los 4000–5000 m; mientras que en el entorno de los 2400 m es menos abundante. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, se distinguen dos tipos de zonas climáticas en la cuenca del Salar. Hacia el poniente y a menor altura, se observa un clima seco-árido frío (BWk), con una temperatura media anual inferior a los 18 °C, y humedad relativa en torno al 45 %. En esta unidad, además, el ritmo de las temperaturas es regulado por la altitud. De hecho, el habitual cielo despejado y la transparencia del aire produce importantes contrastes de temperatura entre el día y la noche, al no existir la más mínima nubosidad que se interponga a la rápida pérdida de calor (Squeo et al., 2008). Hacia oriente, a mayor altitud, se impone un clima frío de tundra (ETH), debido a que las precipitaciones estivales producto del invierno boliviano, son de cantidad variable, producidas generalmente en forma de nieve y en raras ocasiones por breves tormentas de verano, cuyas

medias anuales rondan los 56 mm.¹ Las temperaturas presentan, de media anual, 11 °C, con mínimas diarias inferiores a 0°C durante el periodo de invierno, y humedad relativa del 45 %. A mayor altitud, en las cumbres volcánicas que se alzan sobre los 5600 m, se imponen las precipitaciones sólidas que alcanzan los 360 mm anuales (Sepúlveda et al., 2015).

Las causas de la aridez en el área de estudio se deben principalmente a la presencia del anticiclón del Pacífico, que frena y desvía los sistemas frontales desde el sur; a la presencia y altura del macizo andino, una pared que detiene el ingreso de las masas de aire húmedo de la vertiente amazónica de los Andes; y a la corriente fría de Humboldt, que produce el enfriamiento de las masas de agua oceánicas, provocando una disminución en los niveles de evaporación que impide que precipite en las zonas costeras (Romero et al., 2013).

Los deshielos de las altas cumbres andinas representan la principal fuente hídrica de la cuenca del salar, lo que ha dado origen a grandes reservorios de aguas subterráneas, que en un tiempo de lenta escorrentía alimentarían el sistema de estas cuencas. Los principales cursos fluviales del entorno del salar son los de San Pedro y Río Vilama, que proporcionan los recursos hídricos necesarios para la subsistencia de los habitantes de los oasis y poblados de la cuenca (Sepúlveda et al., 2015).

El Río San Pedro se origina por la convergencia de los cursos Grande y Salado. El primero, proveniente del NW, recibe aportes de una serie de tributarios que se originan en la alta cordillera, tales como el Jauna y el Putana. Estos captan las escorrentías generadas por los deshielos y las lluvias altiplánicas, que ocurren hasta los 4000 m de altitud. El caudal del Río San Pedro se encuentra entre 0,8 y 1,2 m³/s, y durante episodios puntuales torrenciales puede aumentar hasta los 25 m³/s. (Cornellá et al., 2009). Este río es considerado como el principal aporte al área de riego del pueblo de San Pedro de Atacama, y a la superficie del salar. El comportamiento hidrológico está directamente relacionado con las precipitaciones, que se concentran entre los meses de diciembre a marzo, características del invierno altiplánico (Dirección General de Aguas & CADE IDEPE, 2004).

El Río Vilama (Figura 3) nace en las vertientes termales salobres de la quebrada de Turipite, a 3685 m de altitud. En su descenso, cerca del sector de Guatín, a unos 22 km al norte del pueblo de San Pedro de Atacama, confluye con los ríos Purifica y Puritana, a 3370 m. El caudal

1 Ver <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>

promedio es del orden de 0,15 a 0,25 m³/s, con episodios de precipitaciones estivales en los que se alcanza los 0,5 m³/s (Salas, 2010).

Figura 3. El río Vilama en su nacimiento (Fuentes termales)



Fuente: elaboración propia

Debido a que está constituida casi en su totalidad por el cuerpo salino del Salar de Atacama, los suelos de la cuenca de San Pedro son muy escasos. Se ha identificado la unidad taxonómica Entisol, ubicada en la zona adyacente al salar, que se caracteriza por su carencia de horizontes bien desarrollados, poco evolucionados por la aridez de la zona, por su alto contenido salino, y por su pH elevado. Sean jóvenes o muy viejos en sentido geológico, los suelos de la zona apenas han desarrollado horizontes, ya que sus materiales son resistentes a la meteorización (Dirección General de Aguas & CADE IDEPE, 2014).

En el área de estudio, la vegetación viene determinada por la relación entre la altitud y el clima. Lógicamente, las condiciones se van endureciendo conforme se asciende con lo que la vegetación se adapta o busca sus localizaciones óptimas dando lugar a los pisos de vegetación que, a continuación, se describirán. El resultado es el paisaje generalizado de matorrales bajos, dominados por especies del género *Parastrephia*. En zonas de mayor altitud dominan formaciones con plantas nodrizas, caracterizadas por la presencia de *Azorella compacta* (Centro de Información de Recursos Naturales, 2016). Se identifican los siguientes 3 tipos de formación y 6 pisos de vegetación (Tabla 1).

Tabla 1. Pisos vegetacionales, bioclimáticos y altitudinales

| Piso vegetacional | Distribución | Rango altitud (msnm) |
|--|---|----------------------|
| 1. Matorral desértico tropical interior de <i>Atriplex atacamensis</i> y <i>Tessaria absinthioides</i> | Saladares y sectores con freático superficial. Pisos bioclimáticos supratropical (antitropical) árido, hiperárido y ultrahiperárido oceánico. | 2400–2500 |
| 2. Matorral bajo desértico tropical interior de <i>Adesmia atacamensis</i> y <i>Cistanthe salsoloides</i> | Sectores desérticos con pequeños refugios de humedad estival. Piso bioclimático supratropical ultrahiperárido oceánico | 2500–3000 |
| 3. Matorral bajo desértico tropical andino de <i>Atriplex imbricata</i> y <i>Acantholippia desertícola</i> | Pisos bioclimáticos supratropical (antitropical) árido, hiperárido y ultrahiperárido oceánico. | 3100–3400 |
| 4. Matorral bajo tropical andino de <i>Fabiana denudata</i> y <i>Chuquiraga atacamensis</i> | Pisos bioclimáticos oromediterráneo árido y semiárido y orotropical (antitropical) árido y semiárido oceánico | 3400–3800 |
| 5. Matorral bajo tropical andino de <i>Fabiana bryoides</i> y <i>Parastrephia quadrangularis</i> | Estepa desértica de los salares andinos, piso bioclimático orotropical árido oceánico. | 3800–4200 |
| 6. Matorral bajo tropical andino de <i>Mulinum crassifolium</i> y <i>Urbania pappigera</i> | Pisos bioclimáticos criorotropical árido, semiárido y seco oceánico | 4200–5000 |

Fuente: elaboración propia a partir de Centro de Información de Recursos Naturales (2016) y de Luebert y Pliscoff (2004)

1. Matorral desértico tropical interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*: dominado por dichos arbustos y la gramínea *Distichlis spicata*. Su presencia se asociada a salares y a la existencia de una capa freática que le proporciona la humedad necesaria para adaptarse a la escasez de las precipitaciones. Ocasionalmente, admite árboles espinosos (*Prosopis alba*, *Geoffroea* sp.). Su condición freatófila le permite distribuirse en grandes fosas salinas entre los 2400 y 2500 m (Espinoza & Galleguillo, 2008).
2. Matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*: de aspecto xeromórfico muy abierto, en el que dominan los taxones citados acompañados de *Huidobria fruticosa*, *Dinemandra ericoides* y *Ephedra breana*. En el área de estudio este matorral se localiza principalmente en el Desierto del Salar de Atacama y en el Desierto montano de la Cordillera de Domeyko, asociándose a geofomas que propician pequeños

refugios de humedad provenientes de lluvias estivales marginales. Se localiza entre los 2500 y los 3000 m de altitud.

3. Matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata* y *Acantholippia desertícola*: de recubrimiento muy ralo, y que se extiende bordeando desde el NO del Salar de Atacama por casi todo su borde oriental, en el piso preandino entre los 3.100 y los 3.400 m. Además de las citadas, destacan otras especies, como *Cistanthe salsoloides*, *Adesmia rahmeri*. Especies acompañantes son *Cistanthe celosioides*, *Tiquilia atacamensis* y otras del género *Maihueniopsis*.
4. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata* y *Chuquiraga atacamensis*: dominado por dichos arbustos, a los que se unen *Fabiana ramulosa*, *Baccharis boliviensis*, *Haplopappus rigidus*, *Ephedra breana*, gramíneas como *Stipa frigida* y *S. venusta*, y poblaciones de la cactácea columnar *Echinopsis atacamensis* en el contacto con la unidad anterior. Se dispone, pues, entre los 3400 y 3800 m de altitud.
5. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana bryoides* y *Parastrephia quadrangularis*: dominado por dichos arbustos a los que se suman las gramíneas *Stipa frigida* y *Festuca chrysophylla*, además de *Adesmia erinacea*, *A. melanthes* y *Senecio xerophilus*. Este matorral se ubica en el altiplano de las regiones de Antofagasta y Atacama entre los 3800 y 4200 m (Espinoza & Galleguillo, 2008).
6. Matorral bajo tropical andino de *Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*: protagonizado por plantas pulvinadas y gramíneas en mechón, entre las que destacan las citadas más *Adesmia caespitosa*, *Stipa rigida* y *Deyeuxia crispa*, y un elenco diversificado de herbáceas rosuladas tales como *Chaetanthera revoluta*, *Nototriche auricoma* y *Perezia atacamensis* (Centro de Información de Recursos Naturales, 2016). Esta formación vegetal se ubica entre los 4200 y los 5000 m de altitud.

3 Metodología

3.1 Inventariado

Una vez definidas las unidades de paisaje a través de la clasificación realizada por Luebert y Plicoff (2004) y del trabajo de campo preliminar se pasó a determinar la ubicación de las parcelas más adecuadas a través de trabajo de fotointerpretación y campo siguiendo con la metodología clásica para este tipo de trabajos (Lozano et al., 2021). Para ello se seleccionaron parcelas de vegetación que contaban con las características tipo o modelo del paisaje o

agrupación que se trataba de inventariar y valorar de forma aleatoria y estratificada. Se diseñó, para ello, un transecto oeste-este y, a su vez, desde las cotas más bajas (3500 m) hasta las más elevadas de la Puna andina (5000 m). Se fueron seleccionando parcelas repartidas de forma aleatoria, para no inferir sesgo alguno. Estas parcelas cuentan con una extensión de 40 000 m² es decir, parcelas más grandes que las utilizadas en otros ámbitos de 200 x 200 metros de lado pero, en definitiva, con la misma extensión por unidad o paisaje vegetal que los estudiados hasta la fecha (Lozano et al., 2021). De esta manera, se ha caracterizado y evaluado un total de 6 inventarios inéditos (Tabla 2) a través de dos visitas diferentes para evitar posibles sesgos estacionales y completar la nómina taxonómica.

En primer lugar, se toman los datos de localización e identificación del lugar (coordenadas UTM, topónimos...), aspectos y rasgos geográficos y medioambientales generales (topográficos, litológicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos...), fotografías de la parcela, etc. Además de la totalidad de los taxones de la flora vascular presentes, se recogió la cobertura global de los musgos, líquenes y hongos, pero siempre de forma general, sin determinar los taxones concretos. Además se valora la cobertura de la hojarasca y la proporción de suelo desnudo o rocas, Para determinar las coberturas se ha seguido un método de valoración clásico (Método sigmatista de la escuela de Braum-Blanquet), con una escala de 6 clases (1= menos del 1%, 2 entre el 1,1% y el 10%, 3 entre el 10,1% y el 25%, 4 entre el 25,1% y el 50%, 5 entre el 50,1% y el 75% y 6 entre el 75,1% y el 100%) por cada uno de los estratos (más de 5 m; entre 1 y 5 m; entre 0,5 y 1 m y por debajo de 0,5 m) y el global de la agrupación vegetal.

Tabla 2. Características geográficas de los inventarios realizados

| Lugar | Código | Latitud | Longitud | Altitud (m) | Exposición | Pendiente | Comunidad vegetal |
|-----------------------|--------|--------------|---------------|-------------|------------|-----------|-------------------|
| Aldea de Tulor | ATAC1 | 22° 57'09" S | 68° 14'25" W | 2389 | TV | 1 | Tamarugal |
| Valle de La Luna | ATAC2 | 22° 51'47" S | 68° 15'15" W | 2480 | TV | 1,5 | Tolar basal |
| Piedemonte Licancabur | ATAC3 | 22° 54'42" S | 67° 58'01" W | 3316 | SW | 2 | Tolar-pajonal |
| Termas de Puritama | ATAC6 | 22° 43'38" S | 68° 02'34" W | 3580 | S | 25 | Tolar-Cardonal |
| Altiplano Licancabur | ATAC4 | 22° 55'24" S | 67° 50' 21" W | 4420 | SW | 7 | Pajonal |
| Complejo de Puricó | ATAC5 | 22° 55'59" S | 67° 42'09" W | 4815 | S | 6,5 | Llaretal |

Nota: En exposición TV=todos los vientos; SW=Suroeste y S=Sur.

Fuente: elaboración propia

Además, se tomó una serie de datos imprescindibles para la valoración complementaria de las comunidades forestales: cobertura global y riqueza por estrato (COBEST y RIQUEST), diversidad de hábitats y sinusias no desglosables a la escala de trabajo (RIQHAB), superficie de la mancha homogénea (CONESP), variedad dasonómica tipológica (FISEST) y valores patrimoniales, culturales y etnográficos añadidos (CULEST).

3.2 Valoración

La propuesta metodológica descansa en dos conceptos valorativos fundamentales: el Interés de Conservación (INCON), que es la suma del Interés Natural y el Interés Cultural, y la Prioridad de Conservación (PRICON), que multiplica el valor de INCON por el Factor de Amenaza (Lozano et al., 2021) (Figura 4). Mientras el INCON es un índice o valor finalista que toma en cuenta el valor natural y cultural de la agrupación, el PRICON trata de aproximarse a la mayor o menor perentoriedad a la hora de conservar, ordenar o gestionar dicha agrupación. De esta forma, pueden existir agrupaciones con valores del INCON moderados pero que, debido a las fuertes presiones o impactos que soportan, sean susceptibles de requerir una mayor prioridad a la hora de abordar labores para su correcta gestión. En cualquier caso, también la Prioridad de Conservación se configura como el segundo y último valor finalista o global dentro de esta metodología.

La valoración contiene los siguientes intereses y criterios:

Valoración del Interés Natural (INNAT): Compuesto por cuatro grupos de criterios: fitocenótico, territorial, mesológico y estructural.

- Interés Fitocenótico (INFIT): Los criterios fitocenóticos estiman caracteres intrínsecos de la vegetación y del paisaje tales como la diversidad, la naturalidad, la madurez y regenerabilidad espontánea. La madurez, al contar con una mayor importancia, aparece con el doble de ponderación. Como consecuencia, la unidad valorada puede obtener un INFIT que puede variar entre 4 y 50 puntos siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{INFIT} = \text{DIV (1 a 10)} + \text{NAT (0 a 10)} + \text{MAD (2 a 20)} + \text{REG (1 a 10)}$$

- Interés Territorial (INTER): Los criterios territoriales son bifactoriales –se aplican tanto a nivel de especie como de agrupación– y consideran los atributos de rareza, endemismo, relictismo y carácter finícola, tanto de los taxones presentes como de la propia agrupación o unidad de paisaje. La rareza, al contar con una mayor importancia aparece con el doble de

ponderación. Consecuencia de ello, la unidad valorada puede obtener un INTER que puede variar entre 0 y 50 puntos siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{INTER} = \text{RAR (0 a 20)} + \text{END (0 a 10)} + \text{REL (0 a 10)} + \text{FIN (0 a 10)}$$

- Interés Mesológico (INMES): Los criterios mesológicos evalúan la contribución de la agrupación a la protección, equilibrio y estabilidad de la biocenosis, el hábitat y el geobiotopo en el que radica. En su virtud, se proponen 5 parámetros, correspondientes a las funciones geomorfológica, climática, hidrológica, edáfica y faunística (Cadiñanos y Meaza, 1998a). La función geomorfológica, al contar con una mayor importancia aparece con el doble de ponderación. Consecuencia de ello, la unidad valorada obtiene un INMES que puede variar entre 6 y 60 puntos siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{INMES} = \text{GEO (2 a 20)} + \text{CLIM (1 a 10)} + \text{HIDR (1 a 10)} + \text{EDAF (1 a 10)} + \text{FAU (1 a 10)}$$

- Interés Estructural (INEST): Los criterios estructurales evalúan la riqueza y complejidad de los diferentes estratos, así como la abundancia de microhábitats y la continuidad o conectividad de cada formación con respecto a otras masas o formaciones similares. En su virtud, se proponen 4 criterios o parámetros, como son la riqueza por estrato, la cobertura por estrato, la riqueza de microhábitats y la conectividad y extensión de la mancha. Los dos primeros parámetros cuentan con la mitad de la relevancia que el resto de los criterios. El valor del interés estructural de una determinada agrupación vegetal oscila, entonces, entre 1 y 107 puntos.

$$\text{INEST} = \text{RIQUEST (0,5 a 12,5)} + \text{COBEST (0,5 a 12,5)} + \text{RIQHAB (0 a 20)} + \text{CONESP (0 a 62)}$$

La suma de estos cuatro grupos de criterios da lugar al denominado Interés Natural (INNAT), que puede oscilar entre los 11 y 267 puntos. Su fórmula sería:

$$\text{INNAT} = \text{INFIT (4 a 50)} + \text{INTER (0 a 50)} + \text{INMES (6 a 60)} + \text{INEST (1 a 107)}$$

- Valoración del Interés Cultural (INCUL): Los criterios de carácter cultural han sido obviados o infrutilizados en la mayor parte de las propuestas valorativas debido, básicamente, al reduccionismo naturalístico. Sin embargo, concitan una atención cada día mayor en la

sensibilidad y políticas conservacionistas. Se calcula teniendo en cuenta dos grupos de valores.

- Interés Patrimonial (INPAT): Los criterios patrimoniales evalúan aspectos casi siempre obviados por ser difícilmente medibles o parametrizables. Pero deben de contar con el mismo peso que los naturales en la medida en que condicionan cada una de las agrupaciones estudiadas y añaden valores intangibles que, muchas veces, son tan importantes como los tangibles. Se estiman tres subcriterios: valor etnobotánico (ETNO), valor perceptual (PER) y valor didáctico (DID). El primero constata la utilización sostenible que la población hace con respecto a la formación y los taxones que las componen. Evalúa, por tanto, los aspectos etnoculturales (históricos, arqueológicos, religiosos, mitológicos, simbólicos, recreativos, medicinales...) de las plantas, la vegetación y el paisaje que, en su caso, pueden contribuir a hacerlas acreedoras de conservación. El ETNO es multiplicado por un factor de corrección de 2 puesto que cuenta con mayor importancia que los otros dos, de manera que puede fluctuar entre 0 y 20. El PER se basa en encuestas locales de carácter cualitativo con 10 preguntas (Lozano et al., 2021) en las que, en este caso, 22 agentes cualificados valoraban perceptivamente la calidad de los 6 paisajes vegetales concernidos para esta investigación. También aportaban información acerca de los usos ancestrales o tradicionales no sólo de dichas unidades, sino de los taxones que las componen. El DID mide la capacidad pedagógica que muestran las diferentes formaciones (es obtenido a través de entrevistas con expertos locales o profesionales de la educación que conocen el entorno de estudio. Cada criterio, excepto el primero, se valora de 1 a 10 puntos dependiendo del interés y puede variar, entonces, entre 4 y 40 puntos siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{INCUL} = \text{ETNO} (2 \text{ a } 20) + \text{PER} (1 \text{ a } 10) + \text{DID} (1 \text{ a } 10)$$

- Interés Cultural Estructural (INCULEST): Los valores culturales también atañen a la estructura de una determinada agrupación y, por tanto, a su análisis, diagnóstico y evaluación. Se trata de formas de explotar los recursos propios de estos paisajes de forma tradicional. Prácticas agrarias más o menos ancestrales y sostenibles.

Dentro de este conjunto de criterios se estiman dos subcriterios: el valor fisionómico estructural (FISEST) y el valor cultural estructural (CULEST). El primero sólo muestra tres tipos de fustes dependiendo del manejo: monte bajo, o pluricaules a ras de suelo; trasmochos, cabeceros, etc., que son árboles cortados a dos o tres metros y que son explotados debido a los pluricaules que

generan en altura; y monte alto, o fustes sin ningún tipo de manejo o corta. El paisaje vegetal analizado puede contar potencialmente con 0 a 3 puntos. En esta investigación, además, se han constatado otras tipologías aplicadas a los escasos árboles como incluso a algunos arbustos que no se habían visto en otros ámbitos y otras agrupaciones vegetales estudiadas hasta la fecha. Se han integrado dentro de la metodología.

El CULEST fluctúa entre 0 y 10 y trata de poner de relieve elementos culturales como vestigios, estructuras y microtopografías de prácticas agrarias y forestales: muros, muretes, lezones, setos, caballones y cárcavas de contención o de separación de parcelas, cerraduras y estacados tradicionales de madera, setos vivos, cabañas y otras construcciones rústicas, elementos preindustriales (carboneras, herrerías, molinos, aceñas, batanes), arqueológicas (menhires, crómlech, dólmenes, túmulos, ruinas), elementos simbólicos, místicos o religiosos (árboles o bosques excepcionales por causas subjetivas, tradiciones mágico-religiosas, ermitas, santuarios, etc.) configuradoras de paisajes vegetales peculiares. Hasta la fecha, en todas las investigaciones y valoraciones realizadas se ha adjudicado 1 punto por cada elemento considerado de alto valor cultural, respetando siempre la escala de 1 a 10 puntos.

$$\text{INCULEST} = \text{FISEST (0 a 3)} + \text{CULEST (0 a 10)}$$

El INCULEST, al unir dos criterios que refuerzan la importancia del valor cultural general de la formación, es multiplicado por un factor de corrección 2, de manera que puede fluctuar entre 0 y 26. El interés cultural global oscila, entonces, entre 4 y 52 puntos.

El interés de conservación (INCON): de una determinada agrupación vegetal resulta de sumar a la puntuación de INNAT (11 a 267) la calificación obtenida por INCUL (4 a 52), con lo que el rango del INCON oscila entre 15 y 319 puntos.

La Prioridad de conservación (PRICON): se trata de un concepto solidario, pero sustancialmente diferente al del interés de conservación. Su resultado ha de ser asumido de manera independiente y no debe ser confundido con él. La prioridad de conservación está expresamente ideada para su utilización por la administración competente o el gestor, quienes precisan de un diagnóstico claro y operativo sobre cuáles son los espacios que deben ser priorizados cara a su protección y cuáles pueden esperar.

Se evalúa en función del grado de amenaza que pesa sobre las agrupaciones o paisajes concernidos, y se calibra considerando tres parámetros: presión demográfica, accesibilidad-transitabilidad y amenaza alternativa.

- El Coeficiente de Presión Demográfica (DEM), que prima o penaliza situaciones de alta o baja densidad de población, con mayor o menor peligro, respectivamente, de alteración de la vegetación. La escala a aplicar se obtiene en función de los rangos de densidad real en habitantes/km² de la zona de estudio. El investigador debe tener en cuenta cuestiones como la demografía de la zona, cercanía a grandes núcleos de población y conurbaciones y flujos estacionales, así como la disponibilidad y nivel de detalle de las fuentes estadísticas. La escala propuesta varía entre el 1 para aquellos ámbitos con densidades de menos de 50 habitantes por km² hasta 10 en aquellos que se superen los 450 hab./km².
- El Coeficiente de Accesibilidad-Transitabilidad (ACT) es un parámetro de atención inexcusable a la hora de establecer el nivel de amenaza al que se encuentra expuesta la agrupación, puesto que la presencia e impronta del ser humano está condicionada por la topografía del terreno, la densidad, tamaño, estado de conservación y grado de penetración de la red viaria y por la estructura más o menos abierta de la unidad valorada; en su caso, también por las limitaciones impuestas por los propietarios o administradores del terreno o por normativa legal dictada por la Administración. La escala propuesta configura una matriz de doble entrada (6 valores de accesibilidad y otros 6 de transitabilidad, desde muy baja hasta absoluta para las dos). La combinación de ambas variables genera puntuaciones que varían desde el 1 hasta 10 cuando la accesibilidad y transitabilidad son absolutas (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de doble entrada para la valoración de la accesibilidad-transitabilidad

| ACCESIBILIDAD | muy baja | baja | media | alta | muy alta | absoluta |
|---------------|----------|------|-------|------|----------|----------|
| muy baja | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| baja | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| media | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| alta | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| muy alta | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| absoluta | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10 |

Fuente: elaboración propia

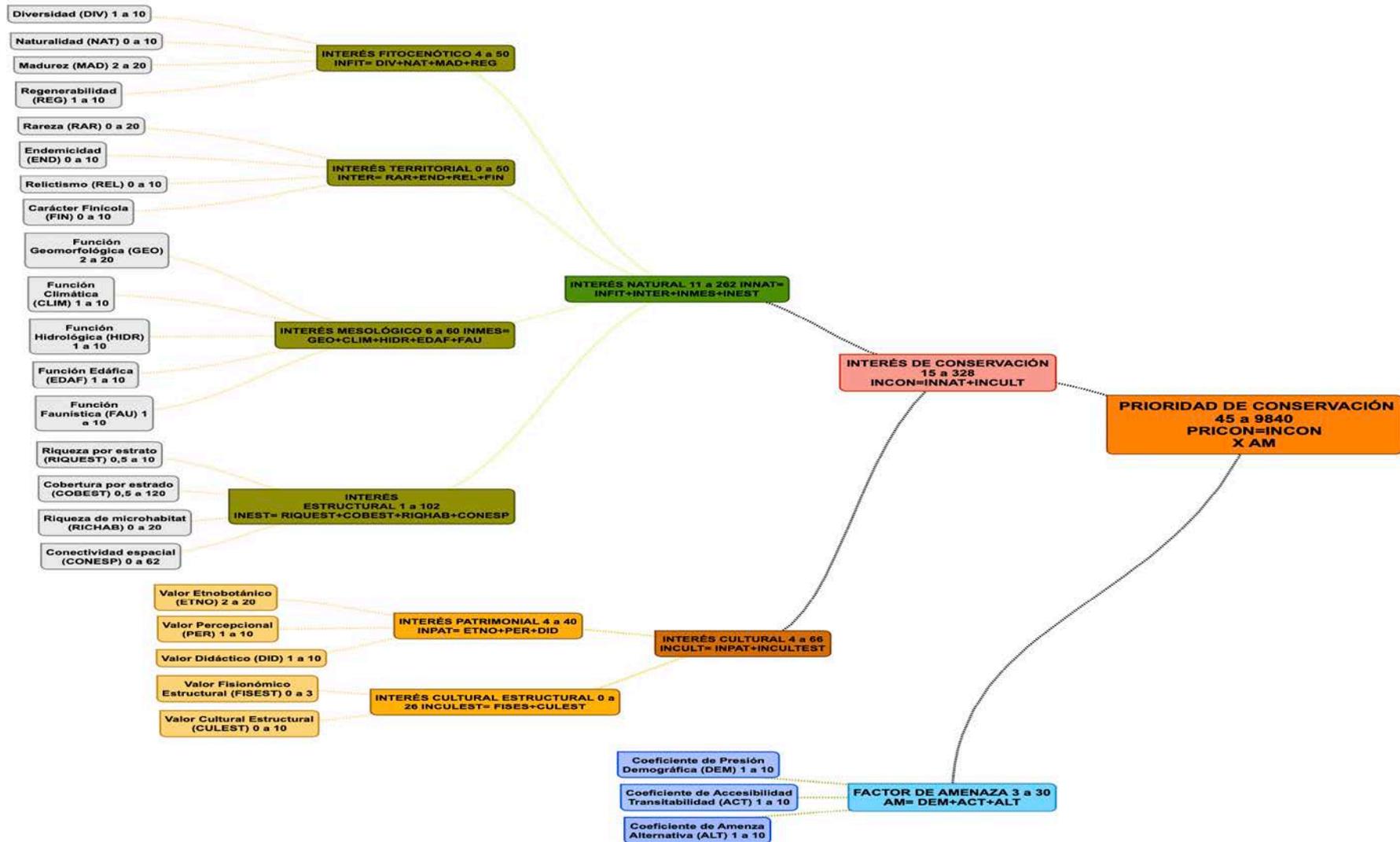
- El Coeficiente de Amenaza Alternativa (ALT) calibra factores alternativos que, eventualmente, puedan afectar a la unidad de vegetación o el paisaje objeto de evaluación de manera grave, real y coetánea al ejercicio valorativo —o a muy corto plazo—: catástrofes naturales o provocadas (inundaciones, fuegos), daños palpables por lluvia ácida, vertidos tóxicos o contaminantes, eutrofización, plagas u otras causas de mortalidad excesiva, invasión o desplazamiento de la vegetación original por plantas xenófitas agresivas, desaparición de la vegetación a corto plazo por talas masivas, acondicionamiento para infraestructuras,

construcciones, tendidos eléctricos, depósitos, dragados, actividades extractivas, etc. La escala propuesta varía desde el 1 para la amenaza alternativa muy baja hasta el 10 para la muy alta.

Así se obtiene el Factor Global de Amenaza (AM), que suma los valores de los coeficientes demográfico (DEM=1-10), de accesibilidad-transitabilidad (ACT=1-10) y de amenaza alternativa (ALT=1-10); con lo que el resultado de AM oscila entre 3 y 30 puntos.

La prioridad de conservación (PRICON) de una determinada agrupación vegetal o paisaje se determina multiplicando su valor de INCON (15 a 319) por el coeficiente AM (3 a 30) que le corresponda, con lo que el rango teórico de PRICON oscila entre 45 y 9.570 puntos.

Figura 4. Organigrama del método LANBIOEVA



Fuente: elaboración propia a partir de Lozano et al. (2021)

4 Resultados

En la Tabla 4 aparece cada uno de los inventarios realizados con sus taxones y sus respectivas coberturas y en la Figura 5 una imagen representativa de cada una de las agrupaciones inventariadas, caracterizadas y valoradas.

El cómputo de especies y coberturas por inventario es ciertamente escaso; en realidad el más bajo hasta la fecha en los más de 30 años de aplicación de la metodología LANBIOEVA (Lozano et al., 2020). En efecto, el inventario más prolijo (ATAC6) contiene 11 taxones, y el más pobre (ATAC5) tan solo 5, fiel reflejo de la dureza de las condiciones ambientales, delatada por taxones muy especializados en la vida en estos entornos muy secos, con escasísimos aportes hídricos, suelos raquíuticos y temperaturas relativamente extremas al situarnos a una altitud elevada (Luebert & Gajardo, 2000).

El inventario ATAC5, por ejemplo, fue realizado en la zona del complejo de Puricó, con un litosol muy poco evolucionado, condiciones climáticas de clara aridez y vientos constantes que barren el territorio y ocasionan fuertes daños a las especies que cuentan con abundante ramificación. De hecho, más que un llaretal (aplicando este nombre genérico no precisamente por la aparición de *Azorella compacta*, sino por taxones muy parecidos morfológicamente -en este caso *Pycnophyllum molle*-), se podría hablar de comunidades fisurícolas, puesto que incluso la última especie citada se confina en las grietas de las rocas y los remanentes de suelo al socaire de los vientos dominantes (Villagran et al., 1981).

Otros inventarios pobres en especies son ATAC2 y ATAC4, con sólo 6 taxones por parcela. Estas se sitúan en el Valle de La Luna y el altiplano del entorno del Volcán Licancabur; el primero dentro de un complejo de piedemontes asociados a entornos claramente áridos y con suelos coluviales poco evolucionados, y el segundo a coluviones con pendientes suaves pero muy poco desarrollo edáfico derivado de la altitud, ya por encima de los 4400 m.

Otra característica general obvia es que, salvo para el caso de ATAC6 con los cardones o cactáceas de cierta altura y ATAC 1 con el tamarugo, el resto de inventarios se han resuelto con coberturas correspondientes a los dos estratos bajos de vegetación, siempre por debajo del metro.

Figura 5. Fotografías de las diferentes agrupaciones estudiadas



Nota: De arriba abajo, de izquierda a derecha: a) ATAC1, b) ATAC2, c) ATAC3, d) ATAC4, e) ATAC5 y d) ATAC6.

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Taxones existentes para cada inventario, así como sus coberturas

| | ATA C1 | ATA C2 | ATA C3 | ATA C4 | ATA C5 | ATA C6 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Acantholipia deserticola</i> | 1 | 1 | 3 | | | |
| <i>Adesmia atacamensis</i> | | | | | | 1 |
| <i>Adesmia erinacea</i> | | | 3 | | | |
| <i>Adesmia melanthes</i> | | | | | | 2 |
| <i>Atriplex atacamensis</i> | 3 | 1 | | | | |
| <i>Baccharis incarum</i> | | | 2 | 2 | 1 | 3 |
| <i>Cistanthe salsoides</i> | 1 | 3 | | | | |
| <i>Dalea azurea</i> | | | 2 | | | |
| <i>Distichlis spicata</i> | | | | | | 1 |
| <i>Ephedra breana</i> | 1 | 1 | 2 | | | 2 |
| <i>Festuca chrysophylla</i> | | | 4 | 5 | | |
| <i>Festuca orthophylla</i> | | | | | 1 | |
| <i>Geoffroea decorticans</i> | 1 | | | | | |
| <i>Haplopappus rigidus</i> | | | | | | 1 |
| <i>Hoffmannseggia eremophila</i> | | | | | | 1 |
| <i>Krameria lappacea</i> | 2 | 1 | | | | 1 |
| <i>Opuntia conoidea</i> | | | | | | 2 |
| <i>Opuntia ignescens</i> | | | 2 | | | 3 |
| <i>Oxalis mycrophylla</i> | | | | | 1 | |
| <i>Parastrephia lepidophylla</i> | | | 3 | 1 | | |
| <i>Prosopis tamarugo</i> | 2 | | | | | |
| <i>Pycnophyllum molle</i> | | | | 3 | 3 | |
| <i>Senecio graveolens</i> | | | | 1 | | |
| <i>Senecio xerophilus</i> | | | 1 | | | |
| <i>Tessaria absinthioides</i> | 2 | | | | | |
| <i>Trichocereus atacamensis</i> | | | | | | 1 |
| <i>Urbania pappigera</i> | | | | | 1 | |
| <i>Urmenetea atacamensis</i> | | 2 | | | | |
| <i>Werneria glaberrima</i> | | | | 1 | | |
| Número total de taxones o riqueza específica | 8 | 6 | 9 | 6 | 5 | 11 |

Fuente: elaboración propia

La cobertura de cada una de las agrupaciones estudiadas es, también, pobre; no pasando, en el mejor de los casos, del 50 %. ATAC3 y ATAC6 mostraron coberturas muy cercanas a dicho porcentaje. El primer caso se corresponde con un tolar de altitud, en el piedemonte del volcán Licancabur, con pendientes suaves y una explotación secular de ganadería extensiva de llamas y alpacas; el segundo, con pendientes bastante elevadas, se ubica en las inmediaciones de las termas de Puritama, orientada al suroeste, cerca del cauce de un pequeño arroyo relativamente encajado. La existencia de este refugio bien orientado a los flujos húmedos y con cercanía a dos puntos de agua, uno continuo y el otro ocasional, hace que la vegetación cuente con mayores

posibilidades hídricas, edáficas y ambientales y, por ello, muestre un cortejo florístico más nutrido y con coberturas relativamente altas.

En definitiva, se pudo cumplir uno de los objetivos propuestos *a priori* para este trabajo de investigación: levantar un inventario completo y exhaustivo pero lo suficientemente extenso y representativo (Luebert & Pliscoff, 2004) de cada una de las formaciones descritas por el Centro de Información de los Recursos Naturales (2016). Así, ATAC1 se corresponde con el matorral desértico tropical interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*, ambas altamente significativas de estos ambientes y con buenas coberturas, a las que acompañan otros 6 taxones, algunos bastante raros (*Krameria lappacea*, *Ephedra breana*).

ATAC2 configura un matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*. En este caso, no detectamos la primera de ellas, pero sí otras especies significativas, como *Huidobria fruticosa*, *Dinemandra ericoides* y *Ephedra breana*, además de *Krameria lappacea*, *Atriplex atacamensis*, *Acantholippia deserticola* y *Urmenetea atacamensis*.

ATAC3 presenta aspecto de matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata* y *Acantholippia deserticola*. Tampoco aquí hemos detectado la primera, aunque sí la segunda y con muy buena cobertura. También con buen revestimiento aparecen taxones como *Festuca crysophilia* (con cobertura de más del 60 % y, por tanto, dando lugar a un verdadero tolar-pajonal), acompañada de *Adesmia erinacea*, *Parastrephia lepidophylla*, *Baccharis incarum*, *Ephedra breana*, *Senecio xerophyllus* y *Darea azulea*, entre otras.

ATAC4 configura un matorral bajo tropical andino de *Fabiana bryoides* y *Parastrephia quadrangularis*. En la parcela estudiada dominan los arbustos *Parastrephia quadrangularis* y *Fabiana bryoides*, y la gramínea *Festuca chrysophylla*. No pudimos detectar *Stipa frígida*, especie muy representativa de esta formación vegetal. Con buena cobertura, anotamos la presencia de *Baccharis incarum* y *Parastrephia lepidophylla*, acompañadas de *Werneria glaberrima* y *Senecio graveolens*.

ATAC5 se corresponde con un matorral bajo tropical andino de *Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*. Dominan las plantas pulvinadas y gramíneas en mechón, entre ellas *Urbania pappigera* y *Festuca orthophylla*. Hay que tener en cuenta que estamos ante una facies azonal derivada de la existencia de condiciones muy restringidas de cariz edáfico, y con un azote del viento muy constante, circunstancia que favorece la aparición de *Pycnophyllum molle*, el elemento que mayor cobertura presenta. También se reseñó la presencia de *Oxalis microphylla*.

ATAC6 se corresponde con un matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata* y *Chuquiraga atacamensis*. Se trata de una situación hasta cierto punto azonal, debido a la existencia de los aportes hídricos ya referenciados. En la parcela estudiada no apareció ninguna de las dos especies citadas, pero sí *Haplopappus rigidus*, *Ephedra breana*, cactáceas como la conspicua *Trichocereus atacamensis*, *Opuntia conoidea* y *O. ignescens*, o gramíneas como *Distichlis spicata*. Una vez caracterizadas las diferentes formaciones y parcelas se pasa a desarrollar la valoración biogeográfica de las mismas. Para ello se adjunta la tabla 5, que recoge la totalidad de parámetros y resultados valorativos.

4.2 Valoración biogeográfica

En lo concerniente a los criterios de Interés Fitocenótico, y como se referenciaba anteriormente, todos los inventarios presentan pobre diversidad específica, por lo que reciben bajas puntuaciones (Tabla 4). Tampoco son altas las puntuaciones obtenidas bajo el criterio de resiliencia, al tratarse de matorrales y herbazales perennes de moderada o elevada capacidad de regeneración; aunque ATAC1 y ATAC6 se corresponden con una vegetación climácica xerófila y, por tanto, con capacidad de regeneración más comprometida, por lo que son acreedoras de medidas de protección.

Por su parte, los criterios de madurez y naturalidad ofrecen calificaciones elevadas. El primero cuenta con tres tipos de casuísticas: mientras ATAC2 se correspondería con una situación prácticamente paraclimácica, ATAC1 lo haría con una preclimácica y el resto con situaciones plenamente climácicas y, por tanto, en su pleno desarrollo sucesional. El que se trate de vegetación de escaso porte y con una estructura relativamente simple y poco intrincada no presupone que no se encuentre en su óptimo o máximo de desarrollo, puesto que en condiciones ambientales extremas suele prosperar este tipo de formaciones perfectamente maduras. Por otra parte, las 6 comunidades vegetales cuentan con el grado máximo de naturalidad, puesto que todos sus taxones son nativos e, incluso, endémicos. No existe, por tanto, introducción de taxones alóctonos que puedan poner en peligro la flora y vegetación autóctona. Con todo ello, las puntuaciones de este grupo de criterios fitocenóticos van de medias a altas, lastradas por el criterio de diversidad y regenerabilidad pero comparables a las registradas por otras formaciones del ámbito ibérico y también de territorios como el boreal europeo o determinados matorrales de la Patagonia (Lozano et al., 2020).

En lo que respecta al grupo de criterios territoriales, las situaciones son muy contrastadas. Todas las parcelas muestran 0 puntos dentro del grado de relictismo, tanto a nivel de taxones como de

comunidades (Tabla 5). La mayor parte de las formaciones cuentan con un nivel medio de valoración finícola no tanto porque se encuentren en sus límites latitudinales o longitudinales, como porque muchas se ubican en los límites altitudinales de la extensión de las formaciones a las que pertenecen. Tal es el caso de ATAC5 por situarse en el límite superior; de ATAC6 por hacerlo en el inferior a nivel de distrito; y de ATAC2 por llegar a su límite de distribución más septentrional. En todo caso, existen taxones concretos que pueden ser tomados como finícolas: *Dalea azurea*, *Opuntia conoidea*, *Senecio xerophyllus* o *Werneria glaberrima*, entre otras.

También existe un nutrido elenco de taxones endémicos (*Adesmia erinacea*, *Atriplex atacamensis*, *Cistanthe salsoides*, *Dalea azurea*, *Prosopis tamarugo*, *Senecio xerófilus*, *Werneria glaberrima*...). Como se puede observar, ATAC1 y ATAC3 reciben por este concepto las puntuaciones más altas debido a que presentan tres de estos taxones endémicos, ATAC2 y ATAC4 un sólo taxón, y el resto ninguno. En lo que respecta al criterio más importante de este conjunto, el de rareza, ninguna de las 6 agrupaciones vegetales puede ser considerada como tal a nivel de distrito, ya que muestran continuidad tanto al norte como al sur del territorio chileno, pero también dentro de Perú, Bolivia o Argentina (Luebert & Plissock, 2004). En cualquier caso, los taxones raros serían *Dalea azurea* y *Opuntia conoidea*, en tanto que pueden considerarse escasas *Atriplex atacamensis*, *Hapoplappus rigidus*, *Krameria lappacea* y *Opuntia ignescens* (UICN, 2020). De manera que las puntuaciones de este grupo de criterios territoriales van de bajas a medias, aunque destacan, como ocurre en ámbitos como el mediterráneo chileno, los relativamente altos valores de endemismo (Luebert & Gajardo, 2004; Lozano et al., 2020).

Tabla 5. Criterios y valores biogeográficos de las parcelas de estudio

| VALORACIÓN | | PARAMETROS | ATAC1 | ATAC2 | ATAC3 | ATAC4 | ATAC5 | ATAC6 | |
|----------------------------|-------------------------------|------------|----------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-----|
| INCONFOR | INNAT | INFIT | DIVERSIDAD | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| | | | NATURALIDAD | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | MADUREZ (x2) | 18 | 17 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | | | REGENERABILIDAD | 8 | 3 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| | | | SUMA (INFIT GLOBAL) | 39 | 33 | 35 | 35 | 35 | 42 |
| | | INTER | RAREZA (x2) | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 6 |
| | | | ENDEMICIDAD | 3 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| | | | RELICTISMO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | CAR. FINICOLA | 2 | 3 | 1,5 | 1,5 | 6 | 3 |
| | | | SUMA (INTER GLOBAL) | 7 | 8 | 7,5 | 3,5 | 7 | 9 |
| | | INMES | F. GEOMORFOLÓGICA (x2) | 20 | 6 | 20 | 20 | 2 | 20 |
| | | | F. CLIMÁTICA | 10 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 |
| | | | F. HIDROLÓGICA | 10 | 3 | 4,5 | 4,5 | 1 | 10 |
| | | | F. EDÁFICA | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 |
| | | | F. FAUNÍSTICA | 3 | 3 | 5,5 | 5,5 | 1,5 | 4 |
| | | | SUMA (INMES GLOBAL) | 48 | 20 | 39 | 39 | 6,5 | 43 |
| | | INEST | RIQ. POR ESTRATOS (x0,5) | 5 | 3 | 3 | 3 | 1,5 | 4 |
| | COB. POR ESTRATOS (x0,5) | | 3,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | 1,5 | 2,5 | |
| | RIQ. DE MICROHAB. | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| | CONNECT. ESPACIAL | | 23 | 42 | 118 | 74 | 58 | 82 | |
| | SUMA (INEST GLOBAL) | | 32,5 | 47 | 124,5 | 80,5 | 62 | 90,5 | |
| | SUMA (INNAT GLOBAL) | | | 111 | 135 | 291,5 | 199,5 | 166 | 232 |
| | INCUL | INPAT | VALOR ETNOBOTÁNICO (X2) | 14 | 14 | 20 | 20 | 4 | 16 |
| | | | VALOR PERCEPCIONAL | 4 | 3 | 8 | 8 | 1 | 10 |
| | | | VALOS DIDÁCTICO | 7 | 5 | 9 | 9 | 3 | 10 |
| | | | SUMA (INPAT GLOBAL) | 25 | 22 | 37 | 37 | 8 | 36 |
| | | INCULEST | VALOR FISIONÓMICO ESTRUCT. | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 1 |
| VALOR CULTURAL ESTRUCT. | | | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | |
| SUMA (INCULEST GLOBAL)(x2) | | | 9 | 3 | 6 | 6 | 3 | 6 | |
| SUMA (INCUL) | | | 34 | 25 | 43 | 43 | 11 | 42 | |
| SUMA (INCON) | | | 145 | 160 | 334,5 | 242,5 | 177 | 274 | |
| PRIORIDAD DE CONSERVACIÓN | PRESIÓN DEMOGRÁFICA | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | ACCESIBILIDAD-TRANSITABILIDAD | | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 4 | |
| | AMENAZAS ALTERNATIVAS | | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | |
| | FACTOR GLOBAL DE AMENAZA | | 11 | 11 | 13 | 13 | 12 | 10 | |
| | PRICON | | 1595 | 1760 | 4348,5 | 3152,5 | 2124 | 2740 | |

Fuente: elaboración propia

Los criterios de raigambre mesológica ofrecen puntuaciones medias-bajas para casi todos los criterios que lo componen. Aunque se trata de agrupaciones vegetales con escasez de taxones y coberturas muy modestas, casi todas ellas ejercen un notable papel de defensa frente a los agentes modeladores externos y evitan problemas de erosión (Luebert & Plissock, 2004). Cuatro de las seis formaciones (ATAC1, ATAC3, ATAC4 y ATAC6) se corresponden con vegetación

permanente leñosa en medios muy inestables, con bajas pendientes pero con procesos torrenciales y eólicos que pueden dar lugar a un gran arrastre de la capa regolítica; por lo que reciben el máximo de puntos. ATAC5 se configura como una parcela prácticamente desprovista de vegetación y, por ello, con la mínima puntuación; mientras que ATAC2 recibe 6 puntos al corresponderse con una parcela de vegetación herbácea relativamente rala. La puntuación de las funciones microclimática, hidrológica y edáfica es, en general, moderada; siendo excepcionalmente baja la de ATAC5 por su estructura rala y prácticamente desprovista de vegetación y capa edáfica, y excepcionalmente alta la de ATAC1, que presenta una estructura de ejemplares arborescentes que se aferra a las arenas de un campo de dunas. A nivel faunístico todas las unidades reciben puntuaciones de medias a bajas. En este caso quizá lo más llamativo son las formaciones de Tolar y pajonal, capaces de albergar comunidades faunísticas de micromamíferos y reptiles ciertamente interesantes, y de mantener unas poblaciones de ganado doméstico (llamas y alpacas) y silvestre (vicuñas) que dependen tróficamente por entero de estas formaciones. En definitiva, los valores mesológicos son entre modestos y pobres y equiparables a los registrados en formaciones herbáceas y de matorral de otros ámbitos geográficos a nivel global (Lozano et al., 2020).

En cuanto al interés estructural, una vez más la escasez de taxones y de estructura lastran las puntuaciones asignadas a estas comunidades, tanto para la riqueza por estratos, donde la única parcela con valoraciones medias es ATAC1, como para la cobertura por estratos, donde todas las parcelas reciben bajas a muy bajas valoraciones, sobre todo ATAC5 y ATAC2. Tampoco se detectó abundancia de microambientes que pudieran otorgar un plus de valoración a las distintas formaciones; con la única y muy relativa excepción de ATAC6, que contiene bloques de piedra (ambiente rupícola) y abrigos rocosos relativamente profundos (ambiente semihipógeo). Sin embargo, el criterio que marca la diferencia para este ámbito de aplicación, y no sólo para este grupo de criterios, sino para bonificar notablemente el resto de los parámetros intermedios y finales es el referido a la importante continuidad, extensión y conectividad ecológica que mantienen las agrupaciones vegetales (Tomaseli, 1981). Todas ellas reciben las puntuaciones más altas jamás registradas en la aplicación del Método LANBIOEVA, destacando los casos de ATAC3, ATAC6 y ATAC4, que establecen records absolutos a nivel global (Lozano et al., 2020).

Sumados los valores de los antedichos 4 grupos de criterios se obtiene el Interés Natural, en el que destacan, por este orden, ATAC3 (291,5 puntos), ATAC6 (232), ATAC4 (199,5), ATAC5 (166), ATAC2 (135) y ATAC1 (111). Hasta la fecha, la máxima puntuación registrada para este criterio a nivel global era de 139,5 puntos asignados a la Mata Atlántica del noreste de Brasil. Es

importante insistir en el importante papel que, a estos efectos, desempeña el criterio de conectividad ecológica/extensión de la mancha.

En cuanto a los criterios de raigambre cultural, el de interés patrimonial ofrece puntuaciones de medias a altas, aunque con grandes contrastes. En efecto, por lo que concierne al etnobotánico, la mayor parte de los taxones inventariados cuentan con aplicaciones muy sostenibles, como el mantenimiento de una ganadería no intensiva, los usos medicinales e, incluso, alimentarios directamente aprovechables, lo que se ha certificado mediante entrevistas y encuestas a la población local que, a diferencia de otros ámbitos geográficos- especialmente Europa-, atestigua un gran conocimiento general del uso y gestión de tales plantas. Nos ha sorprendido el gran valor etnobotánico pero, a la vez, las relativas bajas valoraciones perceptuales de la población respecto a las distintas formaciones y paisajes, lo que es muy evidente en parcelas como ATAC1 y ATAC2. No ocurre lo mismo en ATAC3, ATAC4 y ATAC6, donde hay coincidencia de altas valoraciones etnobotánicas, perceptuales y didácticas. ATAC5 muestra, en los tres criterios patrimoniales, valoraciones muy bajas.

En lo referido al interés cultural estructural, en general se obtienen valoraciones muy bajas a bajas (1 a 4, de 10). En este caso existen tipologías fisionómicas nuevas para nosotros, derivadas del uso y manejo de las especies que derivan de usos locales tradicionales, no contempladas hasta el momento en la metodología LANBIOEVA. Hay que tener en cuenta, además, que sólo aparecen árboles o especies arborescentes en la zona basal, en las cercanías de San Pedro de Atacama donde, además, son beneficiadas y podadas para obtener la mayor producción posible, caso de *Prosopis tamarugo*. También se ha impulsado o beneficiado a especies como *Ephedra breana* o *Geoffroca deserticans*, que existían de forma natural pero que han ampliado su distribución al ser empleadas gastronómicamente, como cama de ganado o, incluso, para construir techumbres y otras estructuras más livianas. En todo caso, han sido valorados elementos como cerramientos tradicionales, muchos de ellos en forma de setos vivos de separación, muros y muretes, construcciones rústicas en forma de abrigo rocosos más o menos elaborados y relacionados con la ganadería extensiva de camélidos, carboneras en forma de hornos de terracota y cabañas rústicas. Mención especial merece el caso de ATAC1, puesto que en esa parcela del poblado de Tulo existen todas las estructuras etnográficas reseñadas, a las que hay que añadir el valor arqueológico por conservar uno de los poblados prehispánicos del área.

De la suma de los criterios patrimoniales y estructurales se obtiene el valor cultural (INCUL), que es elevado para ATAC3, ATAC4 y ATAC6, medio para ATAC1 y ATAC2 y bajo para ATAC5.

Son registros comparables a los obtenidos en formaciones estudiadas en contextos geográficos donde la presión antrópica y productiva es baja y todavía se conservan tanto los usos tradicionales y sus vestigios culturales –incluso inmateriales– como la relación directa de la población local con las formaciones y especies vegetales existentes en el territorio. Ello debería ser muy tenido en cuenta en un contexto con fuerte presión turística que puede determinar la pérdida de este acervo cultural.

La suma de valores naturales y culturales determina el Interés de Conservación que, sobre todo derivado del antedicho alto grado de continuidad y de conectividad ecológica, ofrece registros records para todas las formaciones a excepción de ATAC5, que muestra valores más contenidos en comparación con el resto de las unidades locales, pero bastante más elevados que los de las formaciones estudiadas a escala global en los 30 años de aplicación de la metodología. Así, los 334,5 puntos de ATAC3 representan el grado de Interés de Conservación más alto obtenido hasta la fecha.

La Prioridad de Conservación, por su parte, deviene de multiplicar el Interés de Conservación por el factor de amenaza (AM) que pende sobre las agrupaciones vegetales concernidas. Para hallarlo, se han de tener en cuenta tres parámetros, en primer lugar, la Densidad de población (DEM) que, en el área de estudio, está por debajo de los 50 hab/km², lo que la hace acreedora de la puntuación mínima para todas las parcelas. Realmente, no hay una presión demográfica significativa ni con respecto a la población residente ni a la visitante, aunque esta última se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Afortunadamente, el área de Atacama cuenta con las suficientes figuras de protección y vigilancia como para que las grandes formaciones se encuentren bien conservadas y no muestren especial peligro de desaparición o deterioro por la afluencia turística (Villagrán, 1981; Luebert & Gajardo, 2000). Habría, eso sí, que controlarla más atentamente en los lugares clave, como las fumarolas del Tatio, Valle de la Muerte, Valle de la Luna, bofedales y saladares, etc.

El segundo parámetro considerado para calcular el factor amenaza deviene del grado de accesibilidad y transitabilidad (ACT), que en la generalidad de las parcelas estudiadas es elevado para ambos ítems. En cuanto a la accesibilidad, no existe una tupida red de carreteras, pero sí de senderos achacable a las labores de pastoreo extensivo de camélidos. La transitabilidad es también alta, puesto que la mayor parte de las formaciones vegetales presenta escasa resistencia al paso. ATAC6 constituye la única excepción a la norma, puesto que cuenta con una cobertura importante de matorral y de cactáceas espinosas, a lo que se suma la fuerte

pendiente de la parcela que, además, presenta una cobertura de rocas sueltas que impide una buena circulación. En sentido contrario, la parcela con accesibilidad y transitabilidad absoluta es ATAC5, que presenta muy escasa cobertura vegetal, pendiente suave y terreno rocoso relativamente transitable.

El tercero de los parámetros viene referenciado por el conjunto de presiones e impactos que la vegetación y el paisaje, en general, pueden recibir, de manera más o menos puntual, por parte de amenazas alternativas (ALT). El grueso de las parcelas recibe una puntuación baja, atribuible al riesgo de incendio o bien motivada por el ser humano o por la actividad eruptiva de los volcanes existentes en la zona. Sin embargo, ATAC6 recibe un total de 5 puntos, puesto que a esas amenazas generales se suman otras como las relacionadas con las infraestructuras, caso de la presencia de maquinaria pesada para la ampliación y mejora del firme de la pista que da acceso a las termas de Puritama, la propia presión turística de la zona y las captaciones de agua del arroyo que orla la parte baja de la parcela. Por su parte, ATAC3 y ATAC4 están sometidas a amenazas alternativas puntuales ligadas a la cercanía de infraestructuras de tráfico rodado y la presencia de turistas que se detienen para fotografiar el paisaje y el ganado doméstico de camélidos.

Con todo ello, el factor global de amenaza, que es la suma de los tres parámetros anteriores, recibe puntuaciones de modestas a altas. Está encabezado por ATAC3 y ATAC4, seguido de ATAC5, ATAC1, ACTAC2 y, lastrada por la baja transitabilidad, ATAC6. Se trata de puntuaciones para tener en cuenta de cara a la gestión de estos territorios y agrupaciones, al menos en lo que respecta a la limitación de parada y tránsito por determinadas unidades y sectores donde, hoy en día, no existen restricciones. Por otra parte, de cara a minimizar riesgos de incendios naturales o inducidos por el ser humano habría que implementar medidas como cortafuegos y establecimiento de puntos de agua para sofocar fuegos.

En definitiva, la Prioridad de Conservación vuelve a poner de manifiesto los registros records a nivel global obtenidos por las agrupaciones vegetales de la zona de estudio. De hecho, los 4348,5 puntos de ATAC3 marcan el cómputo más alto de los obtenidos hasta el día de hoy en aplicación de la Metodología LANBIOEVA, superando, aunque por escaso margen, el registrado por el bosque mediterráneo chileno con palma (*Jubaea chilensis*), en este caso debido a su elevado factor de amenaza al disponerse en un sector densamente poblado de Valparaíso y con incendios recurrentes año a año. También ATAC4, ATAC6 y ATAC5 presentan altas puntuaciones, equiparables a las de formaciones boscosas de diversas partes del mundo.

ATAC2 y ATAC1 registran puntuaciones más modestas, pero siempre manteniendo el tono elevado.

5 Conclusiones

El presente trabajo representa una aportación relevante sobre la vegetación de la zona de Atacama, bastante carente de estudios especializados, sobre todo en lo concerniente a la valoración biogeográfica de las 6 formaciones vegetales estudiadas, dispuestas desde la zona basal de San Pedro de Atacama hasta los sectores más elevados del sector del volcán Licancabur.

Las agrupaciones inventariadas y valoradas se caracterizan por contar con una baja diversidad específica, sin duda motivada por las duras condiciones climáticas y edáficas. Todas ellas presentan una diversidad estructural baja que es compensada por su elevada continuidad espacial y, por tanto, buena conectividad ecológica y paisajística, una de las características y valores más relevantes de la zona.

La aplicación de la metodología LANBIOEVA se ha llevado a cabo de forma muy satisfactoria, realizando, eso sí, las adecuaciones pertinentes a las características del entorno concreto de desiertos y zonas áridas a gran altitud, y confirmando su validez a escala global.

Las valoraciones parciales y finales derivadas de la aplicación de dicha metodología generan una serie de datos y registros que pueden ser tenidos en cuenta por el gestor del espacio para la correcta protección y ordenación de las agrupaciones vegetales y paisajes concernidos.

Para relativizar las cifras obtenidas por los paisajes analizados y para cada uno de los criterios generales se adjunta la tabla con los percentiles de las más de 200 formaciones analizadas a escala global (Lozano et al., 2021).

Tal y como se puede observar, para la mayoría de los criterios las distintas unidades se sitúan entre el percentil 50 y el 75. Lógicamente, hay grupos de criterios con valoraciones más modestas, por ejemplo, para el INMES, mientras que para el INEST todas las unidades se sitúan entre el 75% y el 100% de los valores registrados a escala global y, además, ATAC4, ATAC6 y, sobre todo ATAC3 con 291,5 puntos ofrecen registros superiores al límite del 100% con lo que se configuran como nuevos límites para ese grupo de criterios. Dicha cuestión también afecta al INNAT, con registros record en las tres unidades o paisajes citados y donde sólo ATAC1 con 111 puntos se situaría por debajo del percentil 50.

Tabla 6. Criterios, percentiles de las formaciones estudiadas a escala global y registros de los 6 paisajes vegetales valorados en Atacama

| Criterios | P 25 | P 50 | P 75 | P 100 | ATAC1 | ATAC2 | ATAC3 | ATAC4 | ATAC5 | ATAC6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| INFIT | 28 | 39 | 42,223 | 48,5 | 39 | 33 | 35 | 35 | 35 | 42 |
| INTER | 2,15 | 6,1 | 12,578 | 28,89 | 7 | 8 | 7,5 | 3,5 | 7 | 9 |
| INMES | 37,8 | 46 | 51,378 | 60 | 48 | 20 | 39 | 39 | 6,5 | 43 |
| INEST | 15,25 | 19 | 23,93 | 92,88 | 32,5 | 47 | 124,5 | 80,5 | 62 | 90,5 |
| INNAT | 87,25 | 112,15 | 130,1 | 186 | 111 | 135 | 291,5 | 199,5 | 166 | 232 |
| INPAT | 18,9 | 25 | 30 | 40 | 25 | 22 | 37 | 37 | 8 | 36 |
| INCULEST | 4 | 5,65 | 8 | 17,16 | 9 | 3 | 6 | 6 | 3 | 6 |
| INCUL | 24 | 30,25 | 36,23 | 54 | 34 | 25 | 43 | 43 | 11 | 42 |
| INCON | 111,85 | 142,4 | 163,65 | 228,08 | 145 | 160 | 334,5 | 242,5 | 177 | 274 |
| AM | 8 | 12 | 15,275 | 26 | 11 | 11 | 13 | 13 | 12 | 10 |
| PRICON | 1129 | 1602 | 2103 | 4288 | 1595 | 1760 | 4348,5 | 3152,5 | 2124 | 2740 |

Fuente: elaboración propia

En lo que respecta a los criterios culturales, el INPAT muestra registros bajos para ATAC5, modestos para ATAC1 y ATAC2 mientras el resto se sitúa en el último cuartil, muy cerca de los 40 puntos que supondría el límite superior. Algo similar ocurre con el INCULEST con dos paisajes dentro del percentil 25 mientras 3 lo harían en el percentil 75 y sólo uno (ATAC1) se situaría por encima de dicho percentil. Con todo, el INCUL muestra valores bajos para ATAC5, medios para ATAC2 y altos o muy altos para el resto. En este caso ATAC3 y ATAC4 se sitúan en el último percentil.

Sumados los valores naturales y culturales se obtienen unas cifras por encima del percentil 50 en todos los casos, pero en tres se supera el límite superior del último percentil (ATAC4, ATAC6 pero, sobre todo ATAC3 que vuelve a introducir un nuevo límite superior para el cuarto cuartil. Por su parte, las amenazas, en general son modestas y se sitúan en el segundo cuartil o ligeramente por encima de éste pero el PRICON, debido a los altos registros del INCON, vuelve a registrar altos valores salvo para ATAC1 que se sitúan por debajo del percentil 50 y ATAC2 que lo hace por debajo del 75. El resto se sitúan en valores del último cuartil e incluso ATAC3 marca un nuevo record de manera que asciende por encima del antiguo límite superior del percentil 100.

Agradecimientos: La autora Lebuy Castillo Roxana agradece el financiamiento del proyecto ANID/R19A10002.

Declaración responsable: Las/os autoras/es declaran que no existe ningún conflicto de interés con relación a la publicación de este artículo. Los objetivos de la investigación fueron determinados por las/os cuatro autoras/es. La aplicación de la metodología LANBIOEVA se consideró oportuna de manera consensuada, una vez más por todas/os, tanto más cuando tres de las/os cuatro investigadoras/es; M.C. Díaz, G. Meaza y P.J. Lozano llevan trabajando en la misma línea desde hace más de 25 años. La revisión bibliográfica fue protagonizada por M.C. Díaz a la que prestó apoyo R. Lebuy. El trabajo de campo se desarrolló en dos momentos del año. En los inventarios de otoño-invierno tomaron parte las/os cuatro investigadoras/es configurando dos equipos de trabajo mientras que en los de primavera-verano fueron M.C. Díaz y R. Lebuy las que los realizaron. Una vez obtenidos los listados de las especies P.J. Lozano buscó datos como la filiación de los taxones así como su carácter endémico, finícola o relicto. Por su parte R. Lebuy se encargó de diseñar y aplicar el cuestionario de entrevista a los agentes cualificados. Con ello se dictaminaron valores de criterios como el perceptual y el didáctico. Una vez obtenidos todos los resultados parciales fue M.C. Díaz la que abordó el diagnóstico final y la redacción de un primer manuscrito que fue enriquecido, supervisado y corregido por el resto de las/os autoras/es. La revisión formal y bibliográfica fueron trabajadas por G. Meaza. Las adecuaciones a las revisiones realizadas fueron abordadas por P.J. Lozano y M.C. Díaz.

Bibliografía

Arriagada, C., Cobbold, P.R., & Roperch, P. (2006). *Salar de Atacama basin: A record of compressional tectonics in the central Andes since the mid-Cretaceous*. <https://doi.org/10.1029/2004TC001770>

Cade-Idepe. (2004). *Diagnóstico y Clasificación de cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. <https://www.semanticscholar.org/paper/Hidrogeolog%C3%ADa-del-sistema-lagunar-del-margen-este-Salas-Guimer%C3%A0/f05415969492cffc350060b4c80ade58a36ec068>

Cadiñanos, J.A., Lozano, P.J., & Quintanilla, V.G. (2011). Propuesta de marco metodológico integrado para la valoración biogeográfica de espacios Red Natura 2000 de la Comunidad Autónoma del País Vasco. El ejemplo de Gárate-Santa Bárbara (Guipúzcoa). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (57).

<https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1374/1297>

Cadiñanos, J.A., & Meaza, G. (1998). *Bases para una biogeografía aplicada: criterios y sistemas de valoración de la vegetación*. Geoforma.

CIREN (2016). *Flora y vegetación. II Región de Antofagasta*. Centro de Información de Recursos Naturales. <https://bit.ly/3fHSXwA>

Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M.P. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. In *The geology of Chile* (pp. 21-114). <https://doi.org/10.1144/GOCH.3>

Díaz Sanz, M.C. (2020). *Aplicación de la Metodología Lanbioeva a la valoración biogeográfica de las dehesas de Ciudad Real y sus dinámicas de abandono e intensificación. El ejemplo del Campo de Calatrava y los Montes de Ciudad Real* (Doctoral dissertation, Universidad de Castilla-La Mancha, Spain). <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/26584>

Espinoza Marino, J., & Galleguillo Cordero, R. (2008). *Estrategía para la conservación de biodiversidad. Región de Tarapacá*. CONAMA.

INE, I. (2017). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2017*. Instituto Nacional de Estadísticas Santiago.

Leitao, A.B., & Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59(2), 65-93. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00005-1)

Lozano, P.J., Varela, R., Latasa, I., Lozano, A., & Meaza, G. (2020). "Biogeographical valuation of global plant landscapes using the "Lanbioeva" (Landscape Biogeographical Evaluation) methodology". In *Comité Español de la UGI, Spanish contribution to 34th IGC*. Istanbul 2020. Spain, bridge between continents (pp. 174-188). Asociación Española de Geografía.

https://realsociedadgeografica.com/wp-content/uploads/2021/02/Aportaci%C3%B3n-espa%C3%B1ola-UGI-Estambul-2020_ESP.pdf

Lozano, P.J., Díaz, M.C., Varela, R., & Meaza, G. (2021). *Metodología para el inventariado y la valoración biogeográfica*. Asociación Española de Geografía. <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2022/02/METODOLOGIA-LANBIOEVA-02-02-2022-para-web.pdf>

Luebert, F., & Gajardo, R. (2000). Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. *Lazaroa*, 21(0). <https://bit.ly/3Vewh7i>

Luebert, F., & Pliscoff, P. (2004). Clasificación de Pisos de Vegetación y Análisis de Representatividad de Áreas Propuestas Para la Protección en Chile (Informe 3). In *Pisos de vegetación de la Zona Norte de Chile (I-III)*. Gobierno de Chile, WWF Chile & The Nature Conservancy.

Orellana, L. (2013). *Flora y vegetación de la XV Región de Arica y Parinacota*. CIREN.

Orrego, F., & Watson, J. (2013). *Flores del Norte Grande*. Jack Stern y compañía LTDA.

Reyes, I. (2012). *Propuesta de microzonificación ecológico-ambiental en el sector del Tatio, II Región de Antofagasta, comunas de Calama-San Pedro de Atacama, a partir de los principios de la planificación ecológica del territorio* (Degree thesis, Universidad de Chile, Chile). https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111760/reyes_i.pdf

Romero Aravena, H., Smith Guerra, P., Mendonça, M., & Méndez Díaz, M. (2013). Macro y mesoclimas del altiplano andino y desierto de Atacama: desafíos y estrategias de adaptación social ante su variabilidad. *Revista de Geografía Norte Grande*, 55, 19-41. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022013000200003>

Rubilar Contreras, J.F.S. (2015). *Arquitectura interna y desarrollo oligoceno-neógeno de la cuenca del Salar de Atacama, Andes Centrales del Norte de Chile*. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136317>

Salas, J., Guimerà, J., Cornellà, O., Aravena, R., Guzmán, E., Tore, C., Von Igel, W., & Moreno, R. (2010). Hidrogeología del sistema lagunar del margen este del Salar de Atacama

(Chile). *Boletín Geológico Minero*, 121, 357-372. https://www.igme.es/boletin/2010/121_4/5-ARTICULO%202.pdf

Sarricolea, P., Meseguer Ruiz, O., & Romero-Aravena, H. (2017). Tendencias de la precipitación en el norte grande de Chile y su relación con las proyecciones de cambio climático. *Diálogo Andino*, 54, 41-50. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812017000300041>

Sepúlveda Rivera, I., Molina Otárola, R., Delgado-Serrano, M. del M., & Guerrero Ginel, J.E. (2015). Aguas, riego y cultivos: cambios y permanencias en los ayllus de San Pedro de Atacama. *Estudios Atacameños*, 51, 185-206. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-10432015000200012>

Squeo, F.A., Letelier, L., Estévez, R.A., Cavieres, L.A., Mihoc, M., López, D., & Arancio, G. (2008). Definición de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Flora Nativa de la Región de Atacama. In *Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su conservación: Región de Atacama* (pp. 137-163). Ediciones Universidad de La Serena La Serena.

Strijker, D., Sijtsma, F.J., & Wiersma, D. (2000). Evaluation of nature conservation. *Environmental and Resource Economics*, 16(4), 363-378. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008344604392>

Tomaselli, R. (1981). The longitudinal zoning of vegetation in the southern sector of the Andes. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica*, 58, 471-484. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302154208>

Villagrán, C., Armesto, J. J., & Kalin Arroyo, M. T. (1981). Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in northern Chile. *Vegetatio*, 48(1), 3-16. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00117356>

Wilkes, E., & Görler, K. (1994). Sedimentary and structural evolution of the Salar de Atacama depression. In *Tectonics of the southern Central Andes* (pp. 171-188). Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-77353-2_12