

Estado de conservación de los bosques de algarrobos en La Ciénaga y Huaco (Provincia de San Juan, Argentina): un aporte para el ordenamiento territorial de bosques nativos

Conservation status of algarrobo forests in La Ciénaga and Huaco (San Juan Province, Argentina): a contribution to the territorial planification of native forests

ANIA GIL¹  0009-0001-9450-2831

JUAN AGUSTÍN ALVAREZ²  0000-0001-5958-052X

FACUNDO ROJAS³  0000-0003-3704-0199

ERICA CESCA²  0009-0009-6652-330X

LEANDRO ALVAREZ²  0000-0002-0840-5681

GUALBERTO ZALAZAR²  0009-0008-5310-4387

JUAN PABLO FILI⁴  0000-0001-7672-3772

MARÍA LAURA AGÜERO⁵  0009-0009-1510-4092

PABLO EUGENIO VILLAGRA²  0000-0002-1062-2001

¹ UNCUIYO/Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina.

² IANIGLA/CONICET, Argentina.

³ IANIGLA/CONICET/FFYL UNCUIYO, Argentina.

⁴ INCIHUSA/CONICET/INTA, Argentina.

⁵ UNSJ/Facultad de Ciencias Exactas, Argentina.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo principal describir la estructura y estado de conservación de los algarrobales de *Prosopis flexuosa* y *Prosopis chilensis* en torno a la localidad de Huaco y en la depresión adyacente, del Río Bermejo (en el departamento de Jáchal, San Juan). Actualmente, este género ha cambiado su nombre por el de Neltuma. Para ello se generó información de base para la conservación y el manejo sustentable de estos bosques nativos, muy poco estudiados, a partir de un inventario que tuvo en cuenta parámetros dasonómicos, como el estado de conservación y el tamaño y forma de los árboles. Dicha información se relaciona con una

Fechas • Dates

Recibido: 2023.05.15
Aceptado: 2023.01.09
Publicado: 2024.05.20

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Juan Pablo Fili
juanpablo_fili@yahoo.com

tipología de bosques, realizada a partir de clasificaciones de imágenes satelitales. Los resultados se expresan en una propuesta de cuatro tipos de bosques nativos para esta localidad y alrededores. Esta clasificación incluye, además de características de la superficie cubierta por bosque nativo, la identificación de los diferentes usos y disturbios por los que ha estado impactado en las últimas décadas. Por último, se discuten, de forma preliminar, diferentes propuestas de manejo y ordenamiento territorial para estos bosques del norte sanjuanino.

Palabras clave: ecología de bosques; ordenamiento territorial; tierras secas; teledetección; Provincia Biogeográfica del Monte

Abstract

The main objective of this work is to describe the structure and conservation status of the forest of *Prosopis flexuosa* and *Prosopis chilensis* around Huaco and in the adjacent basin of the Bermejo River (department of Jáchal, San Juan). Currently, this genus has changed its name to *Neltuma*. To this end, baseline information for the conservation and sustainable management of these little-studied native forests was generated from an inventory that took into account dasonomic parameters such as conservation status and tree form. This information is linked to a forest typology based on satellite image classifications. The results are expressed in a proposed classification of four native forest types for this locality and its surroundings. This classification includes, in addition to the characteristics of the area covered by native forest, the identification of the different uses and disturbances that have impacted it in recent decades. Finally, different management and land-use planning proposals for these forests in northern San Juan are preliminarily discussed.

Keywords: forest ecology; land-use planning; drylands; remote sensing; Monte Biogeographic Province

1. Introducción

El desafío al que se enfrenta el sector forestal desde hace unos años, consiste en satisfacer las necesidades de productos madereros y no madereros atendiendo al mismo tiempo la demanda de servicios ambientales y sociales que se esperan de los bosques (FAO, 2007, 2020, Lignum, 2023). En los últimos años se ha dado especial atención a los cambios del uso del suelo y a la degradación en tierras áridas y semiáridas (Newton y Tejedor, 2011). Estas zonas son susceptibles a la degradación y a la desertificación debido a su limitada productividad primaria y a su lenta recuperación luego de un disturbio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Las comunidades rurales en estas áreas dependen en gran medida de los recursos forestales, especialmente de la leña y el forraje. Sin embargo, en muchas zonas, los bosques áridos han sido sujetos a prácticas no sustentables, como la expansión de la ganadería, la sobreexplotación forestal, la conversión de tierras a la agricultura bajo riego y el rápido crecimiento de asentamientos urbanos (Villagra et al., 2009, Villagra y Alvarez 2019).

La Provincia Biogeográfica del Monte, es una región árida, ubicada al oeste de la Argentina que presenta un clima subtropical en transición a templado cálido. Se extiende desde la Provincia de Salta hasta Chubut, ocupando 460 000 km² (Morello, 1958; Cabrera, 1976). La comunidad vegetal característica es un arbustal de especies de la familia *Zygophyllaceae*, y los bosques de *Prosopis* se localizan en aquellos enclaves con disponibilidad de agua subterránea (Morello, 1958). Estos bosques son azonales, y se caracterizan por tener un estrato arbóreo abierto dominado por especies del género *Prosopis*, especialmente *P. flexuosa* y *P. chilensis* (Roig, 1993; Villagra et al., 2004).

Desde el punto de vista económico, los territorios del Monte se han dividido en oasis irrigados y tierras no irrigadas (Abraham et al., 2009). Ambos han sufrido una fuerte presión de uso en los ecosistemas boscosos desde finales del siglo XIX (Rojas et al. 2009; Rojas 2013). La explotación insostenible de los algarrobales del Monte ha sido evidente en el último siglo (Villagra et al., 2009), y los bosques de la región han sido utilizados de forma extractiva sin considerar la regeneración de los recursos (Alvarez et al., 2006). La acción combinada de agentes naturales y antrópicos ha llevado a una desertificación moderada a severa en amplias áreas de esta región biogeográfica (Peri et al. 2021). Los cambios en la dinámica del ecosistema provocados por factores sociales, económicos, culturales y climáticos han tenido consecuencias socioeconómicas y han determinado el uso del suelo en el futuro. El estado actual del suelo y la conservación del Monte es el resultado de diferentes historias de disturbios en cada sitio (Villagra et al., 2009, 2021).

En concordancia con los esfuerzos mundiales en materia de conservación y manejo de bosques, a escala regional se están llevando a cabo numerosos estudios sobre los algarrobales del Monte con resultados significativos para su conservación y ordenamiento sustentable. Desde 1980 hasta la fecha, se ha trabajado en diferentes áreas del conocimiento como ecología, genética, fisiología y productividad (Cavagnaro y Passera, 1993; Cony y Trione, 1996; Villagra, 1997, Villagra et al., 2005; Alvarez et al., 2011b), interacciones planta animal, distribución, disturbios, (Vázquez et al., 2008, 2011; Villagra et al., 2009, Cesca et al., 2014), aportes de métodos participativos combinados con análisis de imágenes para el ordenamiento del bosque nativo (Agüero et al. 2018, 2019). Bajo este marco, y con el objetivo de proponer estrategias de manejo y recuperación de estos bosques, Villagra et al. (2005, 2021), han estudiado la estructura y productividad de los bosques de *Prosopis flexuosa* a lo largo de un amplio gradiente latitudinal abarcando una gran parte del rango geográfico del Monte. Los resultados obtenidos por estos estudios han demostrado que, como consecuencia de las diferentes condiciones climáticas a lo largo del gradiente latitudinal, los bosques de Pipanaco (27°58'S, en Catamarca), Telteca (32°20'S, al Norte de Mendoza) y Ñacuñán (34°03'S, al Sur de Mendoza) muestran diferencias en la estructura poblacional y la productividad. Por otro lado, Cesca et al. (2014) indican que la alta recurrencia de fuego modifica la densidad y hábito de crecimiento de los bosques, generando un ambiente dominado por individuos con numerosos tallos de menor tamaño, con pérdida de individuos adultos y reducción en la altura.

Particularmente en San Juan, se vienen realizando esfuerzos por localizar áreas prioritarias de conservación desde el año 2010, a partir de la Ley de Presupuestos Mínimos de Bosques Nativos. Para ello la provincia ha llevado a cabo el primer OTBN (Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos) según Ley Provincial número 8174, en conformidad con lo prescripto en la Ley Nacional número 26 331. Y como uno de sus primeros resultados se obtuvo un mapa e inventario de las superficies forestales de la Provincia. Según la primera actualización del OTBN realizada durante 2016, San Juan tiene 1 494 533 hectáreas de bosques nativos, tanto dentro de las Provincias Biogeográficas del Monte, como también en la Provincia Biogeográfica Chaqueña¹. Desde la sanción de la mencionada ley provincial 8174 (actualmente ley 1 094 - L), se han realizado algunos estudios que han permitido avanzar en el conocimiento de estos bosques, existiendo áreas de bosque que tienen mayor carencia de información. Entre los principales estudios se pueden citar los aportes realizados por Ola Karlin (2010) en cuanto a manejo sustentable y participativo del bosque; estudios sobre uso actual del bosque nativo (Agüero, 2011, 2018; Arroyo, 2013; Flores, 2016), cuantificación del recurso dendroenergético (Heredia, 2016), y algunos que han

1. Según el primer OTBN, del 2010, se registraron 1 745 401 has. de bosque nativo en la Provincia de San Juan.

abordado aspectos ecológicos (Sánchez-Adarvez, 2016; Escobar, 2018), localizándose la mayoría de estos análisis en el Valle de Bermejo y sus adyacencias. Actualmente, el área anteriormente citada cuenta con los primeros estudios sobre estructura y estado de conservación para diferentes unidades forestales (Agüero, en prensa). Sin embargo, es aún escasa la información básica de los ecosistemas boscosos en cuanto a la estructura poblacional o forestal, productividad y estado de conservación, entre otros aspectos.

Las principales causas de degradación del bosque nativo citadas por Adamo (2003) incluyen sobrepastoreo, uso como leña y carbón, reemplazo de bosques por cultivos y especies vegetales exóticas. Hasta la fecha no se han realizado estudios específicos previos sobre la estructura forestal y estado de conservación en Huaco, pero se ha publicado información valiosa sobre el área protegida La Ciénaga (Márquez et al. 2011).

Con base a estos antecedentes, se plantea la evaluación de la estructura y el estado de los bosques de La Ciénaga - Huaco (30°5' S, al norte de San Juan). El objetivo de esta evaluación es localizar áreas prioritarias de conservación y proponer pautas de manejo. Este enfoque se basa en la continuidad y ampliación del trabajo realizado por Gil (2013). En consecuencia, esta investigación se presenta como un aporte al estudio de los bosques de ésta región, que ha sido relativamente poco estudiada. Los objetivos de este trabajo son: a) Detectar y diferenciar unidades boscosas de la zona y describir su estructura, aportando información base para la conservación y manejo sustentable de estos bosques; b) Generar un mapa de distribución y de tipos de bosque nativo del área de estudio; c) Conocer el estado de conservación del bosque nativo en los sitios de estudio e identificar áreas prioritarias de conservación y recuperación de los algarrobales para recomendar pautas de manejo.

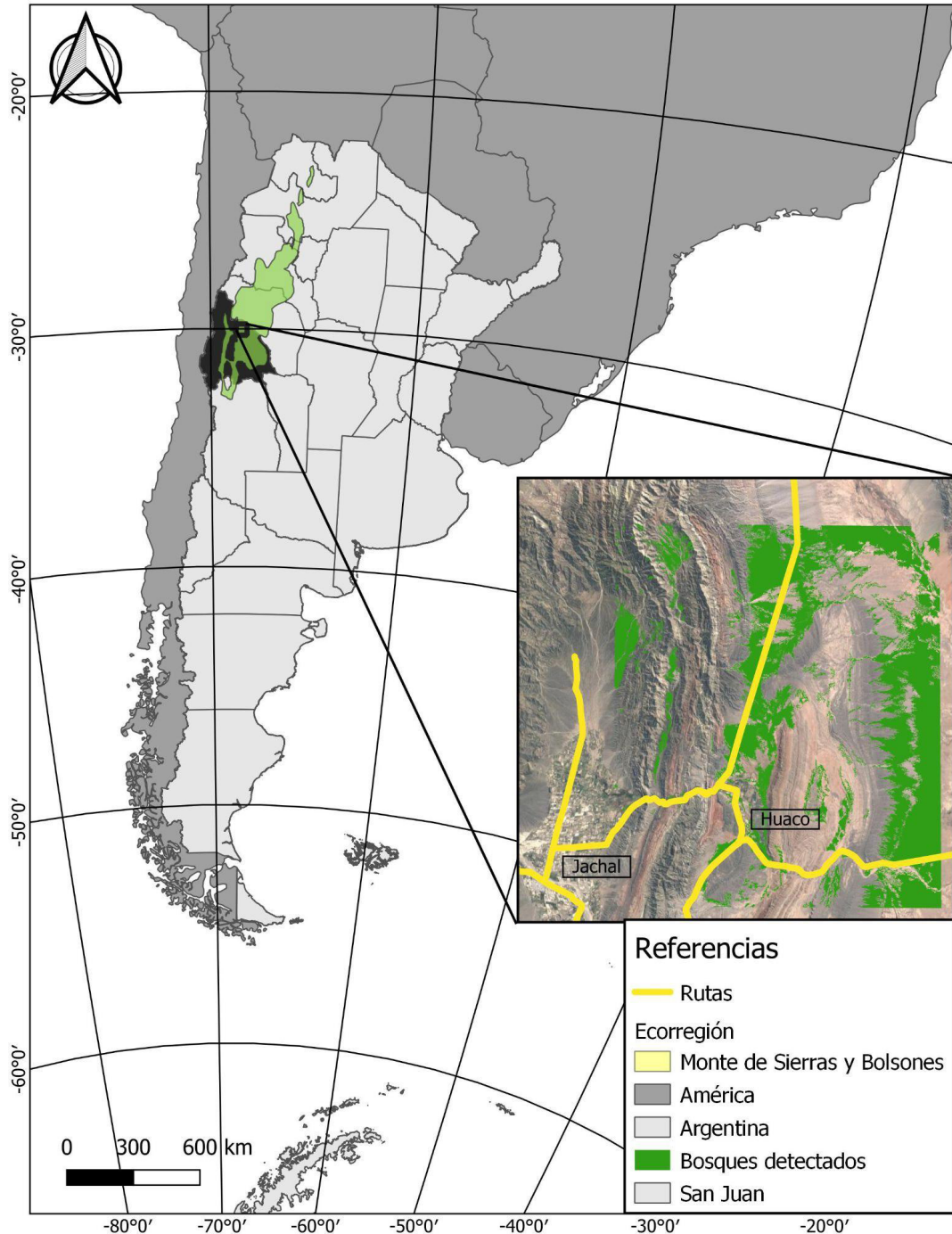
2. Metodología

2.1. Área de estudio y contexto socioambiental

El área de estudio (Figura 1) está ubicada en la Provincia Biogeográfica del Monte (Cabrera 1976; Abraham et al. 2009), en el noroeste de la Provincia de San Juan. Es atravesada por los ríos Bermejo en su sector oeste y Huaco hacia el sur. Administrativamente, la región se encuentra en el departamento (municipio) de Jáchal, al norte de la capital de San Juan. Las actividades económicas del Departamento de Jáchal han sido descritas por Adamo (2003). De su trabajo se puede resumir que, durante la segunda mitad a finales del siglo XVIII, el departamento tuvo un periodo minero. Posteriormente, hubo una reubicación de las rutas de comercio, y Jáchal atravesó un momento de decadencia. Luego, durante el siglo XIX, hubo una gran expansión de campos de alfalfa, la cual se convirtió en un elemento importante para el engorde de la ganadería en zonas irrigadas de frontera con Chile. Durante ese periodo, también surgió la industria local de harina y su comercio, con la expansión de los campos de trigo y la instalación de molinos harineros (algunos de los cuales aún se conservan en la zona). Estas actividades económicas aprovecharon recursos forestales de diversas maneras. Aunque no se ha reconstruido con mayor precisión las superficies y usos de bosques para estos momentos, se pueden inferir cambios importantes (aunque con escalas todavía muy inferiores al siglo XX). A finales del siglo XIX, el comercio de ganado y alfalfa comenzó a declinar, así como los cultivos de trigo y la industria harinera. Durante la década de 1940, la actividad económica en el departamento cambió vertiginosamente hacia una agricultura intensiva y de riego, principalmente centrada en la producción de vegetales como cebollas, toma-

tes y ajo (en menor medida membrillo, olivos y vid). Además de la agricultura, la economía de la región se fue transformando en muy dependiente del empleo en la administración pública y el comercio, particularmente minorista.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

En las últimas décadas, la estructura social de Jáchal está vinculada a la estructura agraria (Adamo, 2003), con pequeños y muy pequeños productores familiares y alta concentración de tierras (Allub y Guzmán, 2000). En 1988, el 50 % de los agricultores eran dueños de menos del 10 % de la

tierra. La actividad minera en la zona de Huaco, se concentra en torno al yacimiento Gualcamayo (Environmental Justice Atlas, 2018), actualmente en su etapa final de explotación por el previsto agotamiento del yacimiento².

Es importante destacar que dentro de la zona de estudio se encuentra el Área Natural Protegida La Ciénaga, creada en 2005 (Ley provincial n° 7640). Según la norma, abarcaría 9600 ha, pero mediciones posteriores indican que habría aumentado a 14 700 ha en 2015 debido a la imprecisión de los límites establecidos. En febrero de 2015, vecinos y asambleas denunciaron actividades de exploración de uranio y falta de plan de manejo. El Gobierno frenó el avance de las actividades mineras en el área protegida.³

En el borde oeste del área protegida se ubica el embalse “Los Cauquenes” generado por una represa sobre el río Las Carretas-Huaco. Fue construido en 1965 y generó problemas en la calidad del agua río abajo. Esto provocó la migración de agricultores entre el embalse y la localidad de Huaco (Díaz, 2017; Rojas, 2021). La historia del uso de los recursos de la región es importante para un plan de manejo sustentable.

En ese sentido es necesario agregar que el dique ya no funciona como regulador hídrico y recién durante el 2019 se iba a reabrir para su uso turístico, después de aproximadamente 20 años y promesas de obras de mitigación. Es un caso paradigmático de obras hidráulicas que generaron problemas socioambientales, que los lugareños conocen bien y persiste en la tradición oral, pero no figura tan presente en la literatura científica. La mención en este trabajo en particular, es debido a que los cambios del caudal y la química del río Huaco, podrían haber influido en el bosque nativo irrigado por él, de manera que aún no podemos determinar.

Además, respecto a este último punto Adamo (2003) señala un patrón de comportamiento poblacional migratorio que se acentuó a partir de la década de 1960 con la construcción del dique (Tabla 2). Aunque la autora no consideró concluyente- al menos desde las entrevistas que realizó- el vínculo entre el éxodo rural y los cambios en los bosques aledaños. Cabe destacar que estos eventos, que vinculan proyectos de desarrollo con impactos a la población, no son los únicos que han ocurrido en la zona. Por ejemplo, la experiencia de los diferimientos en la provincia de San Juan durante la década de los 90 afectó enormemente a los sectores minifundistas y pequeños productores provocando la concentración de la tierra en diferentes lugares de San Juan (Walter, 2011). Este proceso es incontrovertible en Huaco donde Adamo (2003) señala que se instalaron dos proyectos que “absorbieron” el 50% de las pequeñas explotaciones agrícolas de la zona en manos de pequeños productores. En otros trabajos también se han mencionado las afectaciones a las tierras forestales que se llevaron adelante en toda la provincia debido a la instalación de estas empresas (Ros-Segura, 2019; Fili, 2022). En comunicaciones con informantes claves se ha señalado que es justamente durante los años 90 y en pleno proceso de instalación de estas grandes empresas agrícolas cuando sobreviene el abandono de zonas de pastoreo tradicionales de Huaco. Estos abandonos se producen en un contexto de escasez de agua y dificultades para sostener la actividad en tierras forestales alicaídas para alimentar a cualquier tipo de ganado.

2. “El agotamiento natural del yacimiento tuvo sus primeras repercusiones hacia fines de 2022 con una reducción del 30% del personal” <https://www.mdzol.com/dinero/2023/9/9/sorpresa-expectativa-venden-la-mina-sanjuanina-gualcamayo-367165.html>

3. Este conflicto dio lugar a la formación de la Asamblea “Jáchal no se Toca”, posteriormente conocida públicamente por su accionar ante el derrame de solución cianurada del proyecto minero Veladero, en septiembre de 2015 (Rojas y Wagner, 2021).

Tabla 1. Población de la provincia de San Juan, Jáchal y Huaco.

	1914	1947	1960	1970	1980	1990	2001	2010	2022
Total provincial	119.252	261.229	352.387	384.284	465.976	528.715	620.023	681.055	818.324
Total Jáchal	13.097	17.129	19.254	18.500	18.863	19.955	20.898	21.730	25.462
Total Huaco	Sin datos	Sin datos	1.217	1.070	351 (?)	1.086	975	1.454	Datos aún no disponibles

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INDEC, Censos Nacionales de Población y Vivienda.

En una relación de mutua implicancia los agentes antrópicos y naturales han construido históricamente un paisaje de éxodo rural en la región. Las migraciones poblacionales en estas localidades pueden producir afectaciones y degradación a las áreas forestales cercanas (porque facilitan el ingreso de personas que desmontan) o en algunos casos implican incluso regeneración del bosque. Es decir, los constantes vaivenes entre la retracción y el estancamiento poblacional retratan también las consecuencias de esta forma de vínculo con el bosque nativo, pero no han sido estudiadas todas las localidades adyacentes desde estos puntos de vista. Sin duda, los aportes de la historia ambiental pueden contribuir a pensar con mayor precisión el ordenamiento territorial teniendo en cuenta los usos y costumbres históricas de la comunidad que circunda el bosque.

2.2. Clasificación de tipos de bosques

El procesamiento de imágenes satelitales se ha realizado con la plataforma abierta Google Earth Engine (GEE), la cual presenta una gran capacidad operativa. Su uso ha permitido el acceso a una amplia base de datos espaciales (Gorelick et al., 2017) posibilitando la detección de los bosques de *Prosopis* presentes en la región del monte (Guida-Johnson et al., 2021). Con esta herramienta se han redactado códigos (scripts) para realizar las clasificaciones supervisadas. Los códigos utilizados tienen instrucciones de combinar imágenes satelitales Landsat -4, Landsat-5 y Landsat-8, para los respectivos periodos seleccionados de 2005, 2012 y 2022, en función de su calidad, la ausencia de nubes y errores. Los mosaicos han sido confeccionados entre octubre y marzo, cuando el bosque presenta mayor follaje, lo cual facilita su detección. Posteriormente a cada mosaico se le ha añadido una capa que contenía el cálculo del Índice de Vegetación Total Ajustado al Suelo (SATVI), ya que este índice había mostrado una buena correlación con la cubierta vegetal en la región del Monte (Goirán et al., 2012).

Luego se carga una capa del área de estudio y una capa de entrenamiento, la cual tiene 2 982 muestras para indicar cada tipo de bosque (2, 3, 4 y 5) y no bosque (1). Finalmente, se realiza una clasificación supervisada para cada periodo sobre las bandas del mosaico de imágenes. El algoritmo seleccionado es el Random Forest, el cual ha sido utilizado con buenos resultados en el Espinal (González-Roglich y Swenson, 2016). El producto para cada periodo es una capa raster, la cual es filtrada y convertida en vectorial para calcular las superficies. Además, separa muestras de entrenamiento para efectuar una validación con matrices de error. El procesamiento de las capas previas y las capas obtenidas y la cartografía elaborada para presentar los resultados fue realizado con el software abierto QGIS 3.24.2.

El pos procesamiento ha incluido la verificación de la precisión de la clasificación comparada con otros puntos de campo, no utilizados hasta el momento, calculando el coeficiente de Kappa. El

coeficiente es una medida del valor total del acuerdo de una matriz (Congalton y Green, 2009) y el número de píxeles correctamente clasificados (Mosammam et al., 2016).

2.3. Inventario dasonómico

Las especies estudiadas han sido: *Prosopis flexuosa* DC y *Prosopis chilensis*. Recientemente, Hudges et al. (2022) han propuesto la desintegración del género *Prosopis* en tres linajes con base a estudios filogenéticos. El género *Neltuma* es uno de estos tres linajes e incluye las dos especies estudiadas en este trabajo (nomenclatura propuesta *Neltuma flexuosa* y *N. chilensis*). Se han seleccionado sitios de muestreo en cada clase de bosque, de acuerdo a la clasificación del mapa de bosques obtenido. En total se han muestreado 40 parcelas, distribuidas en 15 sitios. Se ha seguido la metodología usada en otros bosques del Monte (Alvarez et al., 2006, 2015, Cesca et al. 2014). En cada parcela (20 x 50 m cada una) se ha registrado tanto el número total de individuos de *Prosopis* como el número de tocones. Para cada individuo (adultos y renovales) se ha determinado: diámetro basal de cada fuste (cm); altura del árbol (m); forma (erecto, semierecto o decumbente); dimensiones de la copa (diámetro menor y mayor, en m); número y altura de fustes y el estado sanitario (sanos, sanidad regular, sanidad mala y muertos). Se consideran individuos renovales los que tengan un diámetro basal < 7,5 cm (Villagra et al. 2004). Con estos datos se ha procedido a realizar el cálculo de la cobertura total de la copa y el diámetro basal equivalente (Deq) de cada árbol, empleando para ello la siguiente fórmula propuesta por Alvarez et al. (2006):

$$\text{Deq} = \sqrt{2\{\pi (dab1/2)^2 + \pi (dab2/2)^2 + \pi (dab3/2)^2 + \dots + \pi (dabn/2)^2\}/\pi}$$

*dab: diámetro a la altura de la base en cm, para cada fuste.

2.4. Análisis de la vegetación

Paralelamente se ha realizado una descripción de las especies de la comunidad vegetal asociada, ya que para la conservación del ecosistema es necesario conocer las especies asociadas a *Prosopis*. El análisis de la vegetación se ha llevado a cabo mediante el relevamiento de las especies vegetales en comunidades homogéneas (Roig, 1973). Para esto, se midió la cobertura de cada especie vegetal y el porcentaje de suelo desnudo, en cuadrantes de 100 m² (10 x 10 m) en el primer tramo de cada parcela de muestreo. Se han elaborado inventarios florísticos para cada tipo de bosque según la metodología de Braun-Blanquet (1979), como en otros de los estudios realizados en el Monte (Villagra et al., 2004; Cesca et al., 2014; Alvarez et al., 2015).

2.5. Estado de conservación de los bosques

El estado de conservación del bosque ha sido definido a partir del inventario dasonómico y del conocimiento del estado sanitario y la forma de los ejemplares de cada tipo de bosque. El estado sanitario ha sido obtenido a partir de la clasificación de los árboles con respecto al grado de mortalidad de la biomasa aérea (Alvarez et al. 2006). La forma registrada ha sido clasificada según el criterio de forma y grado de esbeltez descrito por Pasiacknic et al 2006, desde árboles erectos a árboles decumbentes. Otra fuente de información importante es la historia de uso de los bosques, que permite inferir sobre el estado de conservación y las pautas de manejo necesarias.

2.6. Análisis de los datos

Para cada una de las variables analizadas del inventario dasonómico de cada bosque, se han calculado las medias (valor mínimo y máximo), desviación estándar y el coeficiente de variación.

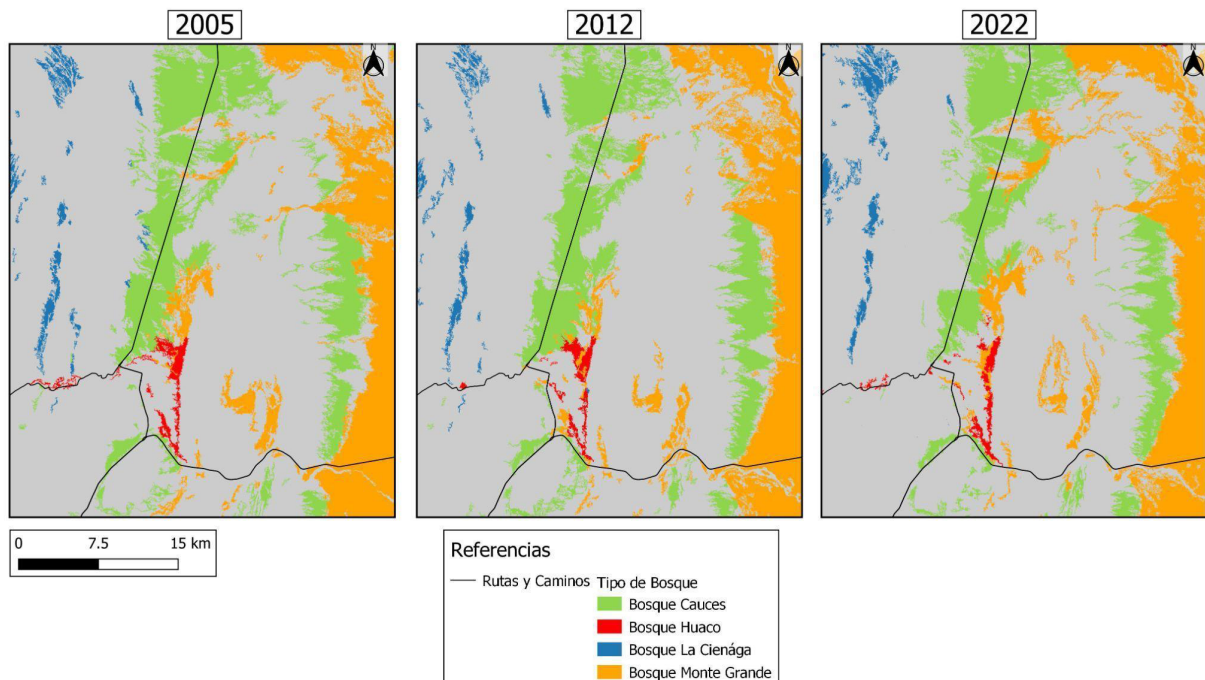
Se ha realizado un análisis de ordenación de los sitios muestreados según la distribución de frecuencia de diámetros basales, para los algarrobales de *P. chilensis* y los de *P. flexuosa*. Esto se obtuvo a través de un Análisis de Componentes Principales (Di Rienzo *et al.*, 2002). Para el análisis de la vegetación también se ha realizado un análisis de ordenación de los sitios muestreados en los bosques de *P. chilensis* y de *P. flexuosa*, a través de un Análisis de Componentes Principales (PCA), y en este caso, los sitios de muestreo se han ordenado según la similitud o no de su composición vegetal.

3. Resultados

3.1. Mapa de tipología de bosques

A partir del análisis de las imágenes satelitales y el trabajo a campo descrito anteriormente, se obtuvo un mapa de tipologías de bosques nativos, donde se visualizan las principales unidades boscosas del área de estudio. El mapa obtenido (Figura 2) presenta las 4 clases de bosques que se detallan a continuación: el Bosque La Ciénaga, el Bosque Cauces, el Bosque Huaco y el Bosque Monte Grande.

Figura 2. Tipos de bosques en 2005, 2012 y 2022



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Superficie de bosque según tipo, exactitud e índice Kappa, para 2005, 2012 y 2022.

Periodo	Tipo de Bosque	Sup.(ha)	% de Exactitud	Kappa
2005	Huaco	1124,79	96,8	0,63
	Monte Grande	22528,58		
	Cauces	22366,77		
	La Ciénaga	3343,74		
2012	Huaco	946,39	97,45	0,7
	Monte Grande	23688,5		
	Cauces	21252,31		
	La Ciénaga	2967,65		
2022	Huaco	988,9	97,64	0,74
	Monte Grande	24422,79		
	Cauces	20008,64		
	La Ciénaga	4073,7		

Fuente: Elaboración propia

El Bosque La Ciénaga corresponde a un algarrobal de *P. chilensis* en galería, encontrándose principalmente sobre los cauces de los ríos temporales bordeados por quebradas y cerrilladas. En las laderas de estos cerros aparece la comunidad vegetal chaguaral. Por su parte, entre los cauces se desarrolla el jarillal mientras que sobre el cauce del Río Huaco (cauce permanente), existe un chilcal. El Bosque Cauce, también corresponde a un bosque de *P. chilensis* en galería y, al igual que el Bosque La Ciénaga, se encuentra sobre los cauces de ríos temporales, pero al norte y al sur del pueblo de Huaco, sobre la ruta 40.

El Bosque Huaco corresponde a un bosque de *P. flexuosa*, acompañado por *Larrea spp.* y *Atriplex spp.*. El paisaje general es de llanuras y se localiza al norte y al sur de la localidad de Huaco. El Bosque Monte Grande, corresponde al bosque más degradado de los cuatro analizados. Aparece conformado fundamentalmente por *P. flexuosa*, acompañado principalmente por *Bulnesia retama* y *Suaeda divaricata*.

3.2. Estructura poblacional

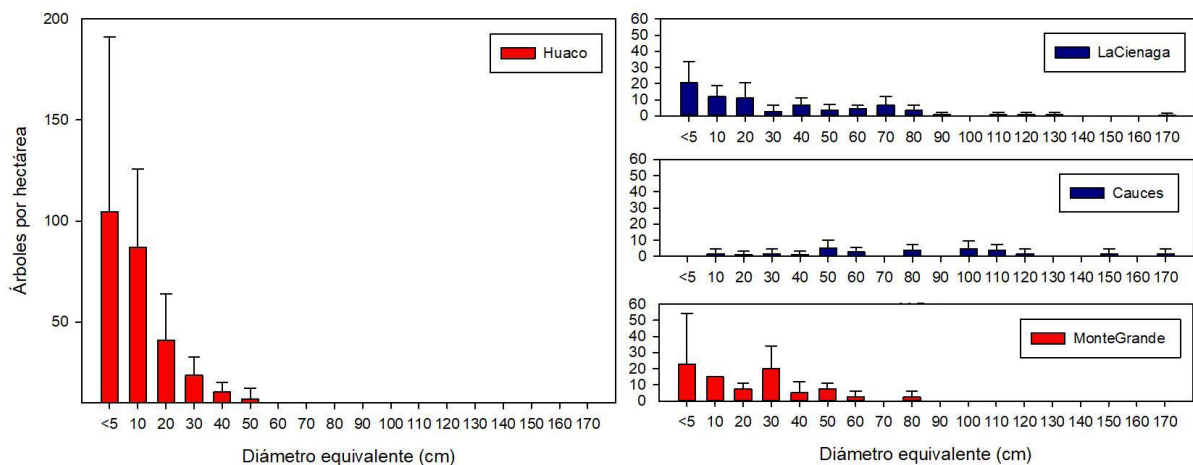
En el Bosque La Ciénaga se muestrearon y midieron un total de 119 árboles. La densidad media de algarrobos fue de 93,14 árboles ha⁻¹. La densidad promedio de renovales (aquellos cuyo DAB < 7,5cm) fue de 39,35 árboles ha⁻¹. En cuanto a la distribución de frecuencias diamétricas, se observó que las mayores frecuencias se dan en las clases diamétricas de 2,5 a 22,5 cm de DAB (entre 6

y 13 árboles ha⁻¹), encontrándose menos representadas las clases mayores a 82,5 cm, con algunos ejemplares de gran tamaño (de 170 cm, por ejemplo). En el Bosque Cauces se muestrearon 21 árboles de *P. chilensis*. La densidad media de algarrobos fue de 30,56 árboles ha⁻¹, y la densidad de renovales fue de 1,67 árboles ha⁻¹, siendo la densidad más baja de todos los bosques. Sumado al bajo porcentaje de la clase de regeneración (4,76 % del total de los individuos), se registran las mayores frecuencias diamétricas en las clases de 45 a 110 cm (20 árboles ha⁻¹). Esto indica que son individuos longevos y de gran tamaño (Tabla 2).

En el Bosque Huaco se muestrearon un total de 335 árboles de *P. flexuosa*. La densidad media de algarrobos fue de 420,1 árboles ha⁻¹, siendo la densidad promedio de los renovales de 232,63 árboles ha⁻¹. En la distribución de frecuencias diamétricas, las mayores frecuencias se dan en las clases diamétricas de 2,5 a 12,5 cm de DAB (entre 41,86 y 62,79 árboles ha⁻¹), y los individuos de mayor tamaño para este bosque son aquellos de 70 cm de DAB (Figura 3). En el Bosque Monte Grande, fueron muestreados 33 árboles de *P. flexuosa*, y se registró una densidad media total de 82,50 árboles ha⁻¹. En la distribución de frecuencias diamétricas, las mayores frecuencias se dan en las clases diamétricas de 5,0 a 35,0 cm de DAB, y el individuo de mayor tamaño para este bosque tiene 85 cm de DAB (Figura 3).

Con respecto a la ordenación de los sitios muestreados según la distribución de frecuencia de diámetros basales, podemos decir que para los algarrobales de *P. chilensis*, los sitios muestreados en Cauces se relacionan con las frecuencias diamétricas de mayor diámetro basal. Para los algarrobales de *P. flexuosa* no hay una relación de los sitios muestreados con respecto a las estructuras diamétricas correspondientes.

Figura 3: Estructura diamétrica (cm) de los Bosques La Ciénaga, Cauces, Huaco y Monte Grande.



Leyenda: El color de las barras indica la especie arbórea dominante en cada bosque: *Prosopis flexuosa* (rojo) y *Prosopis chilensis* (azul). La escala del eje de ordenadas es similar en todos los bosques, donde el bosque de Huaco llega hasta los 200 árboles por hectárea y los otros bosques hasta los 60 árboles por hectárea.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Altura y cobertura arbórea

El Bosque La Ciénaga presenta una altura promedio de los árboles adultos de 5,93 m, un diámetro promedio de la copa de 8,07 m y una cobertura de *Prosopis* que se sitúa en el 35,42 % (Tabla 3). En el Bosque Cauces la altura promedio de los árboles adultos fue 8,64 m, el diámetro de la copa de 11,82 m y la cobertura de *Prosopis* del 33,3 %.

Para el Bosque Huaco la altura promedio de los árboles adultos fue de 4,78 m, el diámetro promedio de la copa de 5,6 m y la cobertura de *Prosopis* del 46,81 %. El Bosque Monte Grande presentó una altura de 5,37 m, 7,09 m de diámetro promedio de la copa y una cobertura del 26,70 % de *Prosopis*.

Tabla 3: Resumen de las variables medidas en los bosques La Ciénaga, Cauces, Huaco y Monte Grande.

VARIABLE	Parámetro	LA CIÉNAGA	CAUCES	HUACO	MONTE GRANDE
Densidad total (ind ha ⁻¹)	Media	93,1 (70,0 – 113,3)	30,6 (25,0 – 40,0)	420,1 (96,7 – 975,7)	82,5 (55,0 – 110,0)
	DE	20,3	8,2	325,8	38,9
	CV	0,22	0,27	0,77	0,47
Densidad renovales (ind ha ⁻¹)	Media	39,3 (10,1 – 76,7)	1,67 (0,0 – 5,0)	232,6 (6,7 – 797,3)	7,5 (0,0 – 15,0)
	DE	30,29	2,89	317,7	10,6
	CV	0,77	1,73	1,37	1,41
Densidad de adultos (ind ha ⁻¹)	Media	53,8 (36,7 – 66,7)	28,9 (25,0 – 35,0)	190,1 (90,0 – 320,0)	75,0 (55,0 – 95,0)
	DE	12,7	5,4	83,4	28,3
	CV	0,24	0,19	0,44	0,38
Altura adultos (m)	Media	5,9 (5,4 – 6,8)	8,6 (4,7 – 15,5)	4,5 (0,9 - 10,6)	5,4 (2,1 -11,1)
	DE	2,0	2,7	1,9	2,2
	CV	0,34	0,32	0,41	0,59
Diámetro copa adultos (m)	Media	8,1 (6,2 – 9,4)	11,8 (3,8 – 18,9)	5,5 (1,1 – 13,9)	7,1 (3,1 – 12,5)
	DE	3,6	3,8	2,6	2,5
	CV	0,45	0,32	0,48	0,35
Cobertura total (%)	Media	32,7 (23,8 – 40,7)	33,0 (20,3 – 47,9)	46,8 (45,9 – 53,9)	26,7 (25,2 – 28,2)
	DE	6,5	13,9	3,2	2,16
	CV	0,20	0,42	0,07	0,08
Área basal total (m ² ha ⁻¹)		12,7	19,7	10,8	11,3
Número de sitios por bosque		5	3	5	2
Número total de parcelas		15	7	14	4

Leyenda: (Densidad total, de renovales y de adultos (DAB>7,5 cm); altura adultos; diámetro de copa adultos; y cobertura total). Los valores presentados corresponden a media aritmética, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV). Entre paréntesis () se muestran los valores entre los cuales varió la media (valor mínimo y máximo).

Fuente: Elaboración propia

3.4. Estado sanitario y forma

El estado sanitario y la forma de los árboles de las unidades boscosas se analizaron tanto para todas las clases diamétricas en conjunto como para los individuos adultos (diámetro basal > 7,5 cm). Para el Bosque La Ciénaga y el Bosque Cauces el estado sanitario es bueno, ya que los árboles sanos y con sanidad regular corresponden a más del 80 % del total analizado. En el Bosque Huaco

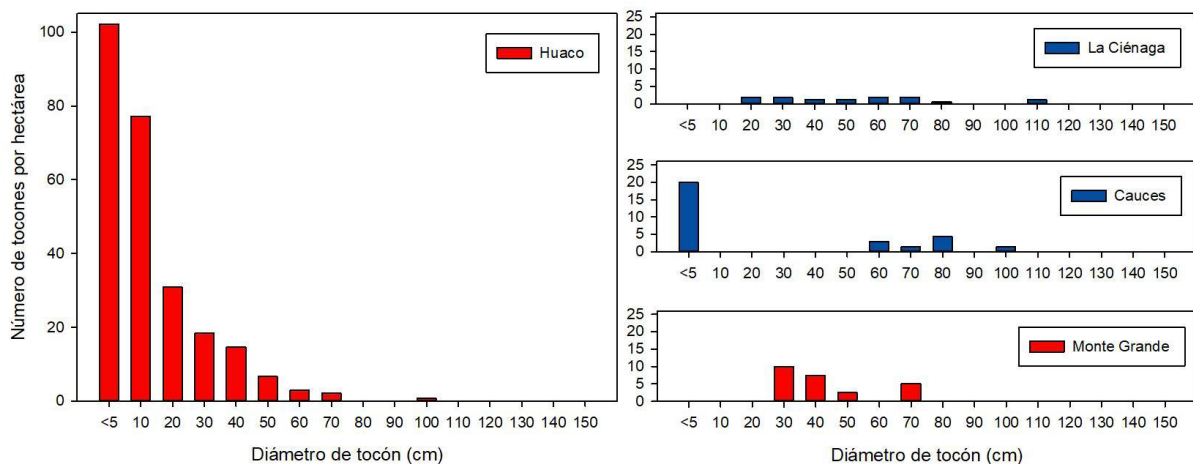
la sanidad también fue buena (casi el 80 % de los árboles estaban sanos o con sanidad regular), mientras que en el Bosque Monte Grande el estado sanitario fue mucho menor, presentando un 40 % de árboles muertos o en un estado sanitario muy deficiente.

En cuanto a la forma de los árboles, aparecen valores similares en los bosques La Ciénaga, Cauces y Huaco, donde más del 50 % de los árboles analizados corresponden a árboles erectos y semierectos (siendo estos los individuos de mayor importancia económica para la extracción de madera de aserrío o postes). El Bosque Monte Grande presenta un porcentaje mayor de árboles decumbentes (casi el 50 %).

Por su parte el análisis de los fustes de los árboles adultos de cada bosque muestra que los bosques La Ciénaga, Huaco y Monte Grande, presentan bajas proporciones de árboles unifustales (entre 18,2 y 32,1 %).

Para los árboles de *P. chilensis*, la distribución de frecuencias diamétricas de tocones muestra que en el Bosque La Ciénaga, las clases diamétricas más representadas son entre 15 y 75 cm. En el Bosque Cauces los diámetros de tocones varían entre 55-85 cm y 20 tocones por ha en diámetros < 5 cm (Figura 6). Respecto a los bosques de *P. flexuosa*, el Bosque Huaco presentó tocones en casi todas las clases diamétricas hasta los 70 cm, aunque la mayor frecuencia se sitúa entre los 5 y los 25 cm (más de 200), mientras que para el Bosque Monte Grande la clase diamétrica más representada es 30 cm (Figura 4). La densidad de tocones para los bosques es de 280 tocones ha⁻¹ para el primero y 25 tocones ha⁻¹ para el segundo. Sin embargo, en el Bosque Monte Grande, se encontraron más individuos talados al ras del suelo, con unos 15 individuos ha⁻¹ y ningún árbol muerto en pie, mientras que para el Bosque Huaco fue de 10,60 individuos ha⁻¹ talados al ras del suelo y 14,39 individuos ha⁻¹ muertos en pie.

Figura 4: Estructura diamétrica de los tocones (cm) de los bosques La Ciénaga y Cauces (izquierda) y de los Bosques Huaco y Monte Grande (derecha)



Leyenda: El color de las barras indica la especie arbórea dominante en cada bosque: *Prosopis flexuosa* (rojo) y *Prosopis chilensis* (azul).

Fuente: Elaboración propia

3.5. Estado de conservación y manejo de los algarrobales

Se observa que todos los bosques presentan signos de uso y de degradación forestal. El bosque La Ciénaga, que es el que se encuentra dentro del área protegida, presenta el mayor estado de conservación. Por otro lado, los bosques de Huaco, Cauces y Monte Grande presentan signos de degradación en distinto grado.

El Bosque Monte Grande es el que presenta mayor grado de disturbio, sin embargo, desde el análisis satelital se distingue un incremento de su superficie. A pesar de encontrarse a mayor distancia del pueblo de Huaco (la localidad más cercana), las vías de acceso son más fáciles, ya que se accede directo por la Ruta Nacional 40 y existe un camino en muy buen estado hacia el bosque. Dentro de este bosque existían dos locaciones habitacionales abandonadas, pudiendo observarse también hornos de carbón asociados. En este bosque encontramos dos procesos superpuestos, por un lado, la recuperación de sitios asociadas a la producción antigua de carbón, y, por otro lado, ciertos sectores que han presentado un uso de leña excesivo (más recientes pero anteriores al año 2005), en el cual se observan al día de hoy gran cantidad de tocones y signos de degradación.

4. Discusión

Como se ha visto en la Tabla 2 el Bosque Huaco presenta una retracción superficial de 135,89 ha, posiblemente debido a su cercanía del ejido urbano y que es de fácil acceso para la extracción de leña. En el caso de Monte Grande, se registra un aumento de la superficie del bosque de 1894,21 ha., lo cual podría relacionarse con el abandono del pueblo de Punta del Agua y la consecuente recuperación del algarrobal. Probablemente es el bosque que tiene una historia de uso más prolongado y de mayor intensidad (la distribución de frecuencias de tocones > 30cm). Estos algarrobos tendrían también un uso forestal, similar a lo observado para el Bosque Huaco. Respecto a los Cauces, hay una marcada disminución de la masa forestal (2 359,13 ha), lo que puede explicarse por su mayor exposición para la tala y a los procesos aluviales. El Bosque La Ciénaga manifiesta un incremento en la superficie forestal detectada de 729,96 ha, en sintonía con las medidas de conservación implementadas en el Área Natural Protegida.

Las comunidades vegetales descritas en este trabajo son: algarrobales de *P. chilensis* y algarrobales de *P. flexuosa*. En el caso de *P. chilensis*, los dos bosques (Bosque La Ciénaga y Bosque Cauces) presentaron mayor diversidad de especies que los bosques de *P. flexuosa* y se encontraron sobre los cauces de ríos temporales. Femenía (1993) describe las comunidades de *Prosopis* de Talam-paya (La Rioja), a 60 km aproximadamente de la zona de estudio de este trabajo, e indica que la comunidad de *P. chilensis* es más numerosa y rica en especies, por encontrarse en zonas de mayor disponibilidad de humedad en relación a la comunidad de *P. flexuosa*.

Estas diferencias según el gradiente latitudinal, se estarían cumpliendo también para los Bosque Huaco y Monte Grande, ya que los individuos presentan valores intermedios entre las poblaciones del norte y las del sur. La altura promedio de los individuos es 4,5 m; el diámetro de la copa es entre 5,1 y 7,5 m (cobertura intermedia). Esto también se ve en los valores de Área Basal Total (ABT), ya que el ABT para el Bosque de Pipanaco es de 17,06 m² ha⁻¹, para el bosque de Telteca es de 7,45 m² ha⁻¹ y para Ñacuñán es de 4,88 m² ha⁻¹, mientras que para el Bosque Huaco es de 10,8 m² ha⁻¹ y para Monte Grande de 11,3 m² ha⁻¹ (Tabla 3).

En el Monte la productividad maderable se encuentra entre $1,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en Pipanaco, $0,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en Telteca y $0,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en Ñacuñán lo que indica que el potencial económico de estos bosques varía de acuerdo a las condiciones ecológicas (Villagra et al., 2005). Para completar esta comparación, deberían realizarse estudios de biomasa y crecimiento para los Bosques Huaco y Monte Grande.

Pensando en pautas de manejo y áreas prioritarias de conservación, hay que prestar atención a que el bosque La Ciénaga se encuentra representado por individuos de menor tamaño que los del bosque Cauces, mientras el bosque Huaco presenta signos de uso y degradación intensos debido a su cercanía a la localidad de Huaco. Por su parte, el bosque Monte Grande se encuentra en las llanuras al norte de Huaco, en la Depresión del Río Bermejo y al este de la Ruta 40, lo cual facilita su acceso desde Huaco. La proporción de fustes que han ido creciendo indica el uso potencial de estos bosques y el tipo de manejo forestal que se les podría dar en el futuro, además considerando que se detectó remotamente cierta recuperación superficial de la biomasa. Para la extracción maderera de mayor valor comercial (madera de aserrío), es necesario que el porcentaje de árboles unifustales sea mayor. Para este tipo de bosques, con árboles multifustales, son necesarias prácticas de manejo que tiendan a mejorar la proporción de productos maderables. En cuanto a los tocones, se puede destacar que los valores reflejan la diferencia en el tipo de manejo entre el Bosque de Huaco y Monte Grande.

Comparando esta tipología de bosque propuesta en este manuscrito con el mapa del OTBN elaborado en 2016 por la Subsecretaría de Conservación y Áreas Protegidas de la Provincia de San Juan⁴, se puede observar que el Bosque La Ciénaga se encuentra categorizado⁵ en su totalidad como bosque amarillo. Sin embargo, además de ser un Área Protegida, encontramos un valor de conservación alto. El bosque presenta un buen estado sanitario y posee función de protección de cuencas.

En la actualidad el Bosque Huaco, presenta un sector de categoría III (verde) de conservación y otro sector de categoría II (amarillo). Considerando la estructura poblacional y su estado sanitario, sumado al hecho de que es el único bosque de *P. flexuosa* con estas características de la zona, también lo consideramos con un valor de protección alto. Tanto en las imágenes satelitales como en el campo, pudimos comprobar que existen zonas dentro de este bosque, con una alta densidad de árboles en buen estado sanitario y con buena regeneración, que tienen un difícil acceso, ya que existen cárcavas de gran profundidad que limitan su accesibilidad. En cambio, el resto del bosque lo consideramos con un valor de conservación medio, actuando como zona *buffer* del área de mayor protección, ya que esta área se encuentra hacia el este del bosque, limitando con la sierra de los Morados.

La sanidad y el estado general del Bosque Monte Grande son más bajos, probablemente debido a la fuerte presión que existe sobre los algarrobales. Se encuentra en la categoría II (amarillo) de conservación, la cual consideramos adecuada. Sin embargo, se recomienda reforzar los esfuerzos de protección de este bosque, aumentando los controles y la fiscalización. Por otro lado, se podría pensar en acciones de recuperación de este bosque, ya que el Área Protegida La Ciénaga cuenta con un vivero de especies nativas que podría utilizarse para la remediación de este algarrobal.

4. <https://www.crea.org.ar/mapalegal/otbn/san-juan>

5. La "Ley de bosques" (Ley 26.331) establece que a partir del Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo (OTBN) las provincias realicen la zonificación de los bosques nativos en tres categorías de conservación, a partir de criterios de sustentabilidad ambiental establecidos en la ley: categoría I (rojo) bosques de alto valor de conservación, categoría II (amarillo) bosques de mediano valor de conservación y categoría III (verde) bosques de bajo valor de conservación, que pueden ser transformados parcial o totalmente.

La proporción de individuos erectos y de un solo fuste, es un indicador del uso potencial del bosque, ya que la forma de los árboles permite que estos puedan ser aprovechados para extracción de maderas de mayor valor forestal (muebles o postes) o menor valor (leña). En otros algarrobales del Monte con características parecidas a estos bosques (multifustalidad y árboles decumbentes), Alvarez et al. (2006) afirman que estas características limitan las posibilidades de uso de los bosques para la producción de leña y/o carbón. Además, Alvarez y Villagra (2009) señalan que, en zonas de baja productividad, la extracción de leña seca es una actividad de bajo impacto que permite complementar otras actividades productivas. Por lo tanto, la legislación forestal debería ajustarse a los diferentes lugares de acuerdo a la productividad biológica de los bosques, teniendo en cuenta no solo su uso para extracción maderera, sino también de otros recursos (pastoreo, apicultura) (Villagra et al., 2005).

Considerando la estructura poblacional y la forma de los árboles de los bosques La Ciénaga y Huaco, resultaría poco probable la planificación de un manejo tendiente a la extracción de productos forestales de alto valor. En su lugar, la disponibilidad se limita a leña o carbón y una baja producción de postes. En cuanto al bosque "Cauces", a pesar de ser el bosque que presentó mayor proporción de árboles unifustales y erectos, la densidad de algarrobos es demasiado baja (30,6 individuos ha⁻¹) como para pensar en algún tipo de aprovechamiento forestal. Sumado a que es un algarrobal con una población de árboles longevos y con muy baja regeneración.

Otro indicador del uso potencial del bosque es la calidad de la madera de cada especie forestal. Karlin et al. (1997) indican que la calidad de la leña de *P. flexuosa* es mayor que la de *P. chilensis*. Esto podría explicar la mayor presión de uso que en la zona de estudio tienen los bosques de *P. flexuosa* frente a los de *P. chilensis*.

Los algarrobales de la Depresión del Río Bermejo sufren diversos disturbios que podrían estar determinando la estructura forestal de las poblaciones. Villagra et al. (2009) indican que el uso del bosque para la actividad ganadera tendría efectos negativos directos sobre los algarrobales, ya que se incrementan secciones con suelo desnudo, y se reduce la cobertura total de estratos arbustivos, de matorral y herbáceos.

Las diferencias en la estructura y la productividad del bosque reflejan disimilitudes en las variables ambientales como temperatura media, disponibilidad de agua, extensión del período de crecimiento, período libre de heladas, historia de uso del suelo y potencial genético de crecimiento a lo largo del gradiente latitudinal (Cony, 1996). Villagra et al. (2005) sugieren que para el manejo de los bosques del Monte a lo largo de ese gradiente latitudinal (Pipanaco, Fiambalá, Telteca, Ñacuñán) se necesitan distintas prácticas de manejo si se quiere alcanzar la sustentabilidad de estos bosques. Las poblaciones del norte (Bolsón de Fiambalá y Salar de Pipanaco en Catamarca) poseen mayor densidad de árboles con diámetros basales grandes (> 35 cm), los individuos son más altos (6,7-8,2 m) y de mayor diámetro de copa (8-12 m), la cobertura arbórea (51,4-37,8 %), el incremento anual del diámetro (4,9-6,2 mm) y altura de fuste (1,1-1,3 m), la mayoría son erectos y unifustales y la biomasa forestal del bosque puede llegar a 42 Tn ha⁻¹ (Villagra y Alvarez, 2006, Villagra et al. 2021). De acuerdo a la estructura forestal y productividad, los bosques de Pipanaco podrían ser usados, con algunas restricciones, para producción de madera. Por el contrario, la baja productividad y multifustalidad de los algarrobos de Telteca y Ñacuñán puede sostener una combinación de uso local para leña y otras actividades extractivas, como pastoreo extensivo por ganado. Las poblaciones del Monte central (Telteca, Ñacuñán y General Alvear en Mendoza) poseen menor densidad de individuos maderables, los individuos son más bajos (3- 7

m) y, el diámetro de copa es menor (3 -6 m) (< cobertura). La mayor proporción de los individuos corresponde a ejemplares decumbentes y multifustales, con fustes de menor tamaño y una biomasa que varía entre 9 y 12 Tn ha⁻¹ (Villagra y Alvarez, 2006). Desde un punto de vista forestal esto representa un problema, ya que repercute negativamente en aspectos como la calidad de los productos y la rentabilidad. En consecuencia, debería ponerse a prueba si trabajos silviculturales como podas de formación podrían mejorar este atributo estructural del bosque (Alvarez et al., 2006).

En este marco se puede pensar al bosque como un entramado histórico de interacciones ambientales y antrópicas. Si bien Adamo (2003) no consideró que las evidencias resultaron concluyentes respecto a las condiciones medioambientales en relación al éxodo rural, otros estudios han estimado este punto como un factor relevante para entender dicha relación. Por ejemplo, la afectación que produjeron los proyectos de diferimientos en otras áreas y sus impactos en los bosques o en la demanda de agua pueden explicar, al menos en parte, la morfología que ha tomado el bosque nativo en los últimos tiempos. Pensar el ordenamiento territorial del bosque supone tener en cuenta estas intersecciones entre los impactos provocados por diferentes proyectos de desarrollo, obras hidráulicas y formas productivas que son las que finalmente configuran la trayectoria de las masas boscosas. En relación a lo expuesto, resulta de interés la implementación de métodos de cartografía participativa, ya que permiten obtener una representación visual de cómo la comunidad percibe su territorio y el entorno socio-ambiental, contribuyendo al diálogo entre técnicos y pobladores. De igual manera resulta un criterio relevante debido a que permite identificar aquellas zonas que son consideradas de importancia por parte de las comunidades que ocupan el territorio. Pudiendo estimar áreas sujetas a conflictos y de mayor degradación del bosque nativo, que resultan insumos para la elaboración de propuestas de ordenamiento territorial del recurso forestal (Agüero et al., 2019). De esta manera se promueve una política pública de ordenamiento situado en el contexto específico de la comunidad que lo utiliza. Por último, estudiar la relación entre la retracción-estancamiento de la población puede ser un indicador del carácter siempre complejo de la relación del bosque con su entorno social comunal, especialmente, en zonas caracterizadas por ser periféricas donde la cría de ganado menor es muy sensible a los disturbios que puedan ocurrir en el área.

5. Conclusiones

Con base a los objetivos propuestos luego del análisis satelital y del trabajo de campo se han detectado 4 unidades boscosas a partir del estudio de las comunidades vegetales asociadas a la existencia de *P. flexuosa* y *P. chilensis*. A partir de estas definiciones se ha llegado a un mapa de tipologías de bosques que permiten mensurar su distribución y estado de conservación. Asimismo, el trabajo cartográfico ha sido enriquecido con una breve descripción de la trayectoria socioambiental de los bosques circundantes al área de Huaco.

Respecto del tercer objetivo, el cual se proponía conocer el estado de conservación de los distintos bosques, se ha encontrado que en el Bosque La Ciénaga, el Bosque Cauces y el Bosque Huaco el estado sanitario era bueno, ya que los árboles sanos y con sanidad regular suponen en torno del 80 % del total relevado. Por el contrario, en el Bosque Monte Grande los árboles muertos o en un estado sanitario deficiente han significado el 40% de árboles muertos o en un estado sanitario muy malo. En todos los bosques se han detectado evidencias observables de uso y degradación

forestal lo que impediría al menos en el corto plazo planificar un manejo para extracción de maderables de alto valor, si bien esta medida podría circunscribirse a usos locales menores.

En relación al presente trabajo se abren líneas de investigación tendientes a indagar en las trayectorias de los bosques a partir de cartografía histórica y fuentes documentales que puedan dar cuenta de su especificidad local y sus usos históricos. Otra línea posible es la que analiza la interrelación entre proyectos de desarrollo (grandes obras de infraestructura o políticas de desarrollo que fomenten actividades en áreas forestales y sus cercanías) y las afectaciones a los bosques nativos. Por último, y como se ha intentado demostrar en este trabajo, se abre un prometedor campo de estudio para la indagación entre la historia ambiental regional y la cartografía de bosques en zonas áridas que proporcione herramientas para el ordenamiento territorial para cada área forestal.

Bibliografía

- Abraham, E., Valle, H.F., Roig, F., Torres, L., Ares, J. O., Coronato, F. & Godagnone, R. (2009). Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 73(2), 144–153.
- Adamo, S.B. (2003). *Vulnerable People in Fragile Lands: Migration and Desertification in the Drylands of Argentina. The case of the Department of Jáchal*. PhD Dissertation. University of Texas at Austin. 297 pp.
- Adamo, S.B. y Crews-Meyer, K.A. (2006). Aridity and desertification: Exploring environmental hazards in Jáchal, Argentina. *Applied Geography*, 26, 61–85.
- Agüero, L., Martinelli, M., Alvarez, J. & Rojas, F. (2018). Estado de conservación y procesos de uso del bosque nativo en el valle de Bermejo (San Juan, Argentina). En: *Huellas y perspectivas: XII Jornadas Cuyanas de Geografía / Mónica Colombaro [et al.]; compilado por Silvia Beatriz Robledo*. Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 2018. Libro digital ISBN 978-950-774-328-3. Páginas: 480-493.
- Agüero, M., Rojas, F. & Alvarez, J. (2019) Aportes desde la cartografía participativa y la historia ambiental al Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo. Valle de Bermejo (Provincia de San Juan, Argentina). *Revista Proyección* 12 (23): 83-102. <http://ffyl.uncuyo.edu.ar/upload/publicacionn23completa.pdf>
- Alvarez, J.A. (2008). *Bases ecológicas para el manejo sustentable del bosque de algarrobos (Prosopis flexuosa DC.) en el noreste de Mendoza. Argentina*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche (Argentina).
- Alvarez, J.A. y Villagra, P.E. (2009). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). *Kurtziana*, 35(1), 49–63.
- Alvarez, J.A.; Villagra, P.E. y Villalba, R. (2011a). Factors controlling deadwood availability and branch decay in two *Prosopis* woodlands in the Central Monte, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 262, 637–645.
- Alvarez, J.A.; Villagra, P.E.; Cony, M.A.; Cesca, E.M. y Boninsegna, J.A. (2006). Estructura y estado de conservación de los bosques de *Prosopis flexuosa* D.C. (Fabaceae, subfamilia: Mimosoideae) en el noreste de Mendoza (Argentina). *Revista Chilena de Historia Natural*. 79: 75-87.
- Alvarez, J.A.; Villagra, P.E.; Villalba, R.; Cony, M.A. y Alberto, M. (2011b). Wood productivity of *Prosopis flexuosa* D.C. woodlands in the central Monte: Influence of population structure and tree-growth habit. *Journal of Arid Environments*, 75, 7–13.
- Álvarez J.A., Villagra P., Cesca E., Rojas, F. y Delgado, S. (2015) Estructura, distribución y estado de conservación de los bosques de *Prosopis flexuosa* del Bolsón de Fiambalá (Catamarca). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50 (2): 193-208.
- Allub, L., Guzmán, L. 2000. Las estrategias de sobrevivencia de los pequeños productores rurales de Jachál, San Juan, Argentina. *Estudios Sociológicos* 18(1):125-165.
- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología*. Blume. Madrid. 819 pp.
- Cabrera, A.L. (1976). *Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2ª Edición. Tomo II. Fascículo I*. Acme S.A.C.I., Buenos Aires. Argentina. 85 pp.
- Cavagnaro, J.B. y Passera, C.B. (1993). Relaciones hídricas de *Prosopis flexuosa* (algarrobo dulce) en el Monte, Argentina. En: IADIZA (Ed.). *Contribuciones Mendocinas a la Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID*. Conservación y Mejoramiento de Especies del Género *Prosopis*. Mendoza, Argentina. 73-78.

- Cesca, E. (2003) *Efecto de Prosopis flexuosa sobre las especies palatables y su importancia para el manejo pastoril de los algarrobales del noreste de Mendoza*. Tesis de Licenciatura, Universidad del Congreso, Mendoza, Argentina. 61 pp.
- Cesca, E.M., Villagra, P.E., Alvarez, J.A. (2014). From forest to shrubland: Structural responses to different fire histories in *Prosopis flexuosa* woodland from the Central Monte (Argentina)
- Cony, M. (1996). Genetic variability in *Prosopis flexuosa* D. C., a native tree of the Monte phytogeographic province, Argentina. *For. Ecol. Manage.* 87: 41-49.
- Cony, M. A., y Trione, S. O. (1996). Germinación bajo estrés hídrico y salino de dos especies nativas de algarrobo. Su variabilidad genética. *Actas XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal*. Mendoza: 130-131.
- Díaz, M. del V., García, Z., & Madueño, E. (2010). La gestión de una obra hídrica en zona árida: una lectura desde las categorías de Pierre Bourdieu. *RevIISE - Revista De Ciencias Sociales Y Humanas*, 1(1), 43-52.
- Díaz, Ramón (2017) Huaco y el Dique Los Cauquenes. Diario de Cuyo. Cartas del Lector aparecida el 29-06-2017, en el Diario de Cuyo. Disponible en: <https://www.diariodecuyo.com.ar/cartasdellector/Huaco-y-el-Dique-Los-Cauquenes-20170628-0080.html>
- Environmental Justice Atlas (2018) Mina Gualcamayo, San Juan, Argentina. Disponible en: <https://www.ejatlasc.org/conflict/mina-gualcamayo-san-juan>
- FAO. (2007). Mejorar las actividades forestales para reducir la pobreza. FAO.
- FAO. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Evaluación de Los Recursos Forestales Mundiales 2020. <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Femenía, J.H. (1993). Ecosistemas de *Prosopis* en Talampaya. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Asociación Forestal Argentina, Paraná, 8 pp.
- Fili, J.P. (2022) *Diferimientos agrícolas y dialéctica de la destrucción creativa en la provincia de San Juan*. Tesis Doctoral. Centro de Estudios Avanzados. Universidad Nacional de Córdoba.
- Gil, A.R. (2013). *Estructura forestal y estado de conservación de los bosques de Prosopis chilensis y Prosopis flexuosa (algarrobales) de la Depresión del Río Bermejo, noreste de San Juan*: (Tesina de grado). Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. http://t.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5337/tesisaniagil.pdf
- Goirán, S. B., Aranibar, J. N., & Gomez, M. L. (2012). Heterogeneous spatial distribution of traditional livestock settlements and their effects on vegetation cover in arid groundwater coupled ecosystems in the Monte Desert (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 87, 188-197.
- González-Roglich, M., & Swenson, J. J. (2016). Tree cover and carbon mapping of Argentine savannas: scaling from field to region. *Remote Sensing of Environment*, 172, 139-147.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Guida-Johnson, B., Villagra, P.E., Alvarez,L., Rojas,F., & Alvarez, J. (2021) Finding woodlands in drylands: Bases for the monitoring of xeric open forests in a cloud computing platform. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 22: 100528
- Hughes, C. E., Ringelberg, J. J., Lewis, G. P., & Catalano, S. A. (2022). Disintegration of the genus *Prosopis* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae, mimosoid clade). *PhytoKeys*, 205, 147-189. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.205.75379>
- Karlin, U.O.; Coirini, R.O.; Catalán, L. y Zapata, R. (1997). Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas N°12. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile. 3-63.
- Lignum. (2023). Ya hay acuerdo en la Unión Europea para luchar contra la deforestación mundial. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/internacional-especies-madera/madera-legal/>
- Karlin, Ola (2010). Manejo sustentable y participativo de los bosques nativos en el Valle del Bermejo, San Juan (Programa Experimental de Bosques Nativos código 3296-09)
- Márquez, J., Ripoll, Y., Ariza, M., Martínez-Carretero, E., Dalmaso, A., Cantoni, R., Vallecillo, G. & Tejada-Tureso, H. (2011) Cartilla La Ciénaga. Reseña de aspectos históricos y de sus ambientes naturales. Vegetación y usos que los pobladores realizan de la flora. <https://www.geobotanica.net/PUBLICACIONES/LIBROS/La%20Cienaga.pdf>

- Martinelli M. (2009). *Caracterización de la degradación de tierras en sistemas productivos de zonas áridas, en Valle Fértil, Noreste de San Juan, Argentina. Identificación de indicadores*. Tesis de Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Millennium Ecosystem Assessment, MA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington.
- Morello, J.H. (1958). La Provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2, 5-115.
- Newton, A. C., & Tejedor, N. (2011). Principios y Práctica de la Restauración del Paisaje Forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina. (A. C. Newton & N. Tejedor (eds.)). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas.
- Peri, P., Chauchard, L., Brown, A., La Rocca, S., Fernández, N., Amoroso, M., Campanello, P., Hilgert, N., Bergesio, L., Malizia, M., García-Moritán, M., Balducci, E., Politi, N., Rojas, F., Castillo, L. & Martínez-Pastur, G. (2021) Historia y situación actual del uso del bosque nativo y principales técnicas silvícolas. En: Pablo Luis Peri, Guillermo Martínez Pastur y Tomás Schlichter (ed). *Uso Sostenible del Bosque. Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS), CADIC-CONICET, INTA; CABA.
- Roig, F.A. (1993) Informe Nacional para la Selección de Germoplasma en Especies del Género *Prosopis* de la República Argentina. En: IADIZA (Eds). *Contribuciones Mendocinas a la Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID. Conservación y Mejoramiento de Especies del Género Prosopis*. IADIZA-CRICYT-CIID, Mendoza, Argentina. 1-36.
- Rojas, F. (2012). *Procesos Ambientales: Deforestación y Actividades Productivas en los valles y bolsones del oeste de La Rioja y Catamarca desde mediados del siglo XIX*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza (Argentina). 436 pp.
- Rojas, F., Prieto M. del R., Álvarez J. & Cesca E., (2009). Procesos socioeconómicos y territoriales en el uso de los recursos forestales en Mendoza desde fines de siglo XIX hasta mediados del XX. *Revista Proyección* N°7, Vol 2, N°7: 1-33.
- Rojas, F. (2013). Rol de la minería y el ferrocarril en el desmonte, del oeste riojano y catamarqueño (Argentina), en el período 1850-1940. *Revista Población y Sociedad*, Vol. 20 N° 1: 5-39.
- Rojas, F., Wagner, L. (2021) Inventario de glaciares en Argentina: conflictos, polémicas públicas y disputas de sentido. En: Marina Miraglia y Ana Marcela Franca (comp) *Paisaje y patrimonio: impresiones de la historia en el ambiente natural*. Universidad Nacional de Quilmes-TESEO.
- Rojas, F. (2021) Dimensiones sociales y territoriales de las sequías en San Juan (siglos XVIII-XXI): una propuesta de periodización. *Punto sur*; Lugar: Ciudad Autónoma de Buenos Aires; Año: 2021 vol. 5 p. 64 - 90.
- Ros-Segura, V. *Ser Huarpes en el siglo XXI. Territorios, conflictos e intervenciones de desarrollo (2000-2017)*. Tesis doctoral. Centro de Estudios Avanzados. Universidad Nacional de Córdoba.
- Vázquez, D.P., Aschero, V. & Stevani, E.L. (2008). Livestock grazing, habitat protection and diversity of bees and wasps in the Central Monte desert. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 67 (3-4), 1-10
- Vázquez, D.P.; Alvarez, J.A.; Debandi, G.; Aranibar, J.N & Villagra, P.E. (2011). Ecological consequences of dead wood extraction in an arid ecosystem. *Basic and Applied Ecology* 12 (2011) 722-732.
- Villagra, P.; Cony, M.; Mantován, N.; Rossi, B.; González, M.; Villalba, R. & Marone, L. (2004). *Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte*. M. Arturi, J. Frangi, J. Goya (Eds.), Ecología y manejo de bosques nativos de Argentina, Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata. 1-32.
- Villagra, P.E. (1997). Germination of *Prosopis argentina* and *P. alpataco* seeds under saline conditions. *J. Arid Environ.* 37: 261-267.
- Villagra, P.E.; Boninsegna, J.A.; Álvarez, J.A.; Cony, M.; Cesca, E. & Villalba, R. (2005). Dendroecology of *Prosopis flexuosa* woodlands in the Monte desert : Implications for their management. *Dendrocronologia*, 22, 209-213.
- Villagra, P.E.; Defossé, G.; Del Valle, H.; Tabeni, M.S.; Rostagno, C.M.; Cesca, E. & Abraham, E.M. (2009). Land use and disturbance effects on the dynamics of natural ecosystems of the Monte Desert. Implications for their management. *Journal of Arid Environments*, 73, 202-211.
- Villagra, P.E., Alvarez, J. A. (2019). Determinantes ambientales y desafíos para el ordenamiento forestal sustentable en los algarrobales del Monte, Argentina. *Ecología Austral*, 29, 146-155. <https://doi.org/10.25260/EA.19.29.1.0.752>
- Villagra, P. E., J. A. Alvarez, M. Karlin, P. A. Meglioli, C. Vega Riveros, R. Zapata, E. M. Abraham, L. Alvarez, V. Aschero, E. Cesca, R. Coirini, M. Cony, G. Gatica, U. O. Karlin, E. Melián, S. Mora, M. S. Morales, M. R. Prieto, E. Pucheta, Y. Ribas, S. A. R. Juñent, F. Rojas, A. G. Rolhauser, C. Rubio, C. Rubio, C. Sartor, & A. Tonolli. (2021).

Bosques de la región del Monte. Pages 443–542 in P. L. Peri, G. M. Pastur, and T. Schlichter, editores. *Uso sostenible del bosque. Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Buenos Aires, Argentina.

- Walter, P. A., (2011). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)*. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_polpubfranquicia.pdf.
- Zorogastúa Cruz, P.; Quiroz Guerra, R. & Garatuza Payán, J. (2011), Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura - Perú. *Ecología Aplicada*, 10(1), 2011. 11 pp.

Agradecimientos

A Yanina Ripoll y Marcelo Jordán, de la Dirección de Áreas Protegidas de San Juan, por facilitarnos los permisos y acceso al área protegida y asesoramiento. A Federico Peralta por asistencia en el trabajo de campo y otras tareas de logística y asesoramiento.

Contribución de autorías

Ania Gil: diseño, muestreo, análisis de datos, escritura.

Juan Agustín Alvarez: diseño, coordinación, muestreo, escritura.

Facundo Rojas: diseño, coordinación, muestreo, escritura, gestión de la publicación.

Erica Cesca: diseño y muestreo en el trabajo de campo.

Leandro Alvarez: cartografía, análisis estadístico y de imágenes satelitales.

Gualberto Zalazar: muestreo y asistencia en el trabajo de campo.

Juan Pablo Fili: escritura de antecedentes (contexto sociohistórico), gestión de la publicación, corrección de estilo.

María Laura Agüero: escritura de antecedentes.

Pablo Eugenio Villagra: diseño, coordinación, muestreo, escritura, gestión de fondos.

Financiación

Se agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Cuyo y Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCyT mediante proyecto PITES 03) por financiar esta investigación.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.