



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

**DINÁMICA DEL PAISAJE DE LA RESERVA
NATURAL Y SITIO RAMSAR VILLAVICENCIO
(MENDOZA, ARGENTINA) DURANTE EL
PERÍODO 2000-2020**

Tesis para la obtención del Título de Grado de
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

María Luisina Torre Azzaroni

Mendoza, Argentina

Septiembre, 2022



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

DINÁMICA DEL PAISAJE DE LA RESERVA NATURAL Y SITIO RAMSAR VILLAVICENCIO (MENDOZA, ARGENTINA) DURANTE EL PERÍODO 2000-2020

Autora:

TORRE AZZARONI, María Luisina

mtorre@est.fca.uncu.edu.ar

Director:

MASTRANTONIO, Leandro Eloy

lmastra@fca.uncu.edu.ar

Codirectora:

D'AMARIO FERNÁNDEZ, María Julieta

jdamario@fca.uncu.edu.ar

Comisión Evaluadora:

RUBIO, María Cecilia

crubio@mendoza-conicet.gob.ar

SORLI, Laura Elizabeth

lsorli@fca.uncu.edu.ar

DEL BARRIO, Lucía

delbarrio.lucia@inta.gob.ar

RESUMEN

La Ecología del Paisaje es una disciplina científica interdisciplinaria que estudia las transformaciones del paisaje. Este enfoque resulta fundamental cuando se trabaja en Áreas Naturales Protegidas, debido a que contribuye a la planificación, gestión, protección y conservación de estos espacios. Al investigar el cambio de la estructura espacial a escala temporal, el paisaje puede utilizarse como indicador de la transformación y estado de los ecosistemas. Esta transformación del medio ambiente es causada por una amplia variedad de procesos, entre los cuales la fragmentación es uno de los más importantes. Desde esta perspectiva, en este trabajo se analizó la dinámica temporal de la estructura del paisaje en la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio (RNV), desde su creación (2000) hasta la actualidad (2020). La hipótesis que se puso a prueba fue que existen modificaciones en los patrones del paisaje de la RNV causadas por los episodios de incendios y por el avance de la invasión de rosa mosqueta.

La metodología consistió en la descarga de imágenes satelitales Landsat y la aplicación del método de clasificación de coberturas "Support Vector Machine" (SVM). Para lo cual se emplearon los sistemas de información geográfica: SAGA GIS, QGIS y Google Earth Pro. Luego, se calcularon métricas del paisaje utilizando el programa Fragstats: dos a nivel de paisaje (Índice de Contagio e Índice de Diversidad de Simpson) y seis a nivel de clase (Área Total de la Clase, Porcentaje del Paisaje, Número de Parches, Tamaño Medio de los Parches, Índice de Forma y Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano). La clasificación y el cálculo de las métricas del paisaje se realizaron para toda el área de la reserva, así como también, para las tres provincias biogeográficas presentes en el área protegida (Monte, Cardonal y Puna). Además, el Monte fue dividido en dos zonas (Monte Este y Monte Oeste) a partir de la Ruta Provincial N°52 y el Cardonal en tres (Cardonal Norte, Centro y Sur), teniendo en cuenta la ruta provincial y el cauce "Agua Grande". Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, empleando el software InfoStat, para determinar si existían diferencias significativas en estas zonas.

Los resultados muestran que el avance de rosa mosqueta y los episodios de incendios han ocasionado la pérdida de hábitat en la mayor parte del área de la reserva. Esto se ve manifestado en una disminución del área de la vegetación nativa y un aumento del área ocupada por las clases modificadoras del paisaje. Además, se puede divisar en el aumento del Número de Parches y en la disminución del Tamaño Medio de los Parches de las clases de vegetación nativa, en tanto que, para las clases incendio y rosa mosqueta, ambas métricas aumentan. Se observó que el incendio modifica, sobre todo, el paisaje del Monte, dentro del cual, la zona este es la más afectada. Mientras que, la rosa mosqueta avanza principalmente sobre el Cardonal, ocupando una mayor área en la zona norte y disminuyendo hacia el sur. Finalmente, se considera que esta investigación servirá como un instrumento de gestión directa de la reserva. En primer lugar, porque fomenta a que se continúe con las prácticas de manejo y control de rosa mosqueta llevadas a cabo actualmente y, en segundo lugar, porque aporta información para futuros proyectos que puedan ejecutarse dentro del área.

Palabras Clave: área protegida privada, análisis multitemporal, métricas del paisaje, rosa mosqueta, incendio.

ABSTRACT

Landscape Ecology is an interdisciplinary scientific discipline that studies landscape transformations. This approach is fundamental when working in Protected Natural Areas, because it contributes to the planning, management, protection and conservation of these spaces. By investigating the change of the spatial structure on a temporal scale, the landscape can be used as an indicator of the transformation and state of ecosystems. This transformation of the environment is caused by a wide variety of processes, among which fragmentation is one of the most important. From this perspective, this paper analyzed the temporal dynamics of the landscape structure in the Villavicencio Nature Reserve and Ramsar Site (RNV), from its creation (2000) to the present (2020). The tested hypothesis was that there are modifications in the landscape patterns of the RNV caused by the fire episodes and by the advance of the rosehip invasion.

The methodology consisted of downloading Landsat satellite images and applying the "Support Vector Machine" (SVM) coverage classification method, for which the following geographic information systems were used: SAGA GIS, QGIS and Google Earth Pro. Then, the landscape metrics are calculated using the Fragstats program: two at landscape level (CONTAG and SIDI) and six at class level (Total Class Area, Percentage of Landscape, Number of Patches, Mean Patch Area, Mean Shape Index and Mean Euclidean Nearest-Neighbor Distance). Classification and calculation of landscape metrics were carried out for the entire reserve area, as well as for the three biogeographic provinces present in the protected area (Monte, Cardonal and Puna). In addition, Monte region was divided into two zones (Monte Este and Monte Oeste) from Provincial Route No. 52 and Cardonal into three (Cardonal Norte, Centro and Sur), taking into account the provincial route and "Agua Grande" streamway. The non-parametric Kruskal-Wallis test was applied, using the InfoStat software, to determine whether there were significant differences in these zones.

The results show that the advance of rosehip and fire episodes have caused habitat loss in most of the reserve area. This is manifested in a decrease in the area of native vegetation and an increase in the area occupied by the modifying classes of the landscape. Furthermore, it can be seen in the increase in the number of patches and in the decrease in the average size of the patches of the native vegetation classes, while, for the classes linked to and rosehip, both metrics increase. It can be appreciated that the fire modifies, above all, the Monte landscape, within which the eastern zone is the most affected. Meanwhile, the rosehip advances mainly on Cardonal, occupying a larger area in the north and decreasing towards the south. Finally, it is considered that this research will serve as a direct management instrument for the reserve. In first place, encouraging the continuation of rosehip management and control practices currently carried out and, secondly, providing information for future projects that can be implemented within the area.

Keywords: private protected area, multi-temporal analysis, landscape metrics, rosehip, fire.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por el apoyo emocional y económico brindado durante toda esta etapa (y en las anteriores). Soy una privilegiada de tenerlos a mi lado.

A Román, mi compañero, la persona que más de cerca me acompañó en este proceso y que, a pesar de venir de las ciencias sociales, se volvió un experto en Ecología del Paisaje. Gracias por todo.

A mis amigas de la primaria y amigos del CUC, amigos desde hace tantos años. Gracias por estar presentes en todo momento.

A mis amigos de la facultad, con quienes he compartido cursadas; viajes de estudio; concurrencias; trabajos; charlas interminables en los pasillos, en la biblioteca y en el pasto de la facultad; entre otras experiencias. Gracias por enseñarme a amar nuestra carrera.

A todos los docentes y personas que colaboraron y guiaron mi formación profesional. Gracias por el tiempo y los conocimientos compartidos, no hubiera sido lo mismo sin ustedes.

A las personas que colaboraron en la elaboración de esta tesis: Sergio Roig y Bruno Alzugaray con bibliografía; Jorge Gonnet y Sebastián Martín con comentarios; Heber Sosa con fotografías; Natalia Brunetti, Ignacio de Polo y Marcos Guevara con la corrección del Abstract; Victoria Barbera con aportes de diseño y Ariadna Comisso que comentó todo el documento antes de que sea entregado a mis directores. Gracias por su ayuda.

A mi director, Leandro Mastrantonio, y mi codirectora, Julieta D'Amario, quienes no sólo me guiaron en la elaboración de este trabajo, sino que han sido mentores de mi crecimiento profesional. Gracias por el apoyo, el espacio, su tiempo y por confiar en mí.

A mis evaluadoras: Cecilia Rubio, Laura Sorli y Lucia del Barrio. Gracias por su lectura atenta, sugerencias y comentarios que enriquecieron esta investigación.

A la Fundación Villavicencio, por permitirme llevar a cabo esta investigación y por el apoyo económico otorgado, el cual me facilitó enfocarme en la elaboración de este trabajo. Gracias por la oportunidad.

A la Universidad Nacional de Cuyo, por brindarme (desde la secundaria) educación de calidad de forma pública, laica y gratuita.

A todos, eternamente agradecida.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. HIPÓTESIS	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Ecología del Paisaje	3
2.1.1. Fragmentación	4
2.1.2. Métricas del paisaje	5
2.2. Clasificación supervisada	6
2.2.1. “Support Vector Machine” (SVM)	7
2.3. Índices de vegetación	7
3. METODOLOGÍA	8
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	8
3.2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	14
3.2.1. Definición de clases de vegetación	14
3.2.2. Adquisición de imágenes satelitales	19
3.2.3. Procesamiento de imágenes satelitales	20
3.2.4. Clasificación supervisada	21
3.2.5. Cálculo de métricas del paisaje	22
3.2.6. Dinámica del paisaje por provincias biogeográficas	25
3.2.7. Análisis estadístico	26
4. RESULTADOS	28
4.1. DINÁMICA DEL PAISAJE EN LA RNV	28
4.1.1. Clasificación supervisada	28
4.1.2. Métricas del paisaje	30
4.2. DINÁMICA DEL PAISAJE DEL MONTE DE LA RNV	35
4.2.1. Clasificación supervisada	35
4.2.2. Métricas del paisaje	38
4.3. DINÁMICA DEL PAISAJE DEL CARDONAL DE LA RNV	44
4.3.1. Clasificación supervisada	44
4.3.2. Métricas del paisaje	48
4.4. DINÁMICA DEL PAISAJE DE LA PUNA DE LA RNV	56
4.4.1. Clasificación supervisada	56

4.4.2. Métricas del paisaje	58
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	62
4.5.1. Análisis estadístico para el Monte de la RNV	62
4.5.2. Análisis estadístico para el Cardonal de la RNV	64
4.6. SÍNTESIS DE RESULTADOS	68
5. DISCUSIÓN.....	70
6. CONCLUSIONES.....	73
7. BIBLIOGRAFÍA.....	74
8. ANEXOS	82
ANEXO 1: Esquema de la vegetación de Villavicencio por Ambrosetti (1983).....	82
ANEXO 2: Registro fotográfico	84
ANEXO 3: Polígonos de entrenamiento.....	87
ANEXO 4: Matriz de confusión	88
ANEXO 5: Métricas a nivel de clase	89
Métricas para toda el área de la RNV	89
Métricas para el Monte de la RNV	92
Métricas para el Cardonal de la RNV.....	97
Métricas para la Puna de la RNV	105
ANEXO 6: Estadística	108
Estadística del Monte.....	108
Estadística del Cardonal	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Elementos de un mosaico: parche, corredor y matriz. Fuente: Gurrutxaga-San-Vicente y Lozano-Valencia (2008).....	3
Figura 2: Tendencias de las variables que definen los cambios principales de la configuración del paisaje a lo largo de un proceso de pérdida y fragmentación de hábitat. Fuente: Modificado de Santos y Tellería (2006).....	4
Figura 3: Los dos componentes de la heterogeneidad espacial: composición y configuración. La heterogeneidad de la composición aumenta con el Número de Parches de varios tipos (de izquierda a derecha). La heterogeneidad de configuración aumenta con la complejidad de la organización de los parches (de abajo hacia arriba). Fuente: Modificado de Baghdadi et al. (2018).	5
Figura 4: Niveles de análisis de las métricas de paisaje. Fuente: Adaptado de Gavier-Pizarro (2020).	6
Figura 5: Esquema del proceso de clasificación supervisada. Fuente: Adaptado de Olaya (2014).	6
Figura 6: Separación de datos de SVM. Se representan datos de dos clases (cuadrados celestes y círculos lilas) diferenciados por el hiperplano que maximiza la distancia entre ellos. Fuente: Modificado de Riobó-Otero (2012).	7
Figura 7: Ubicación de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	8
Figura 8: Provincias biogeográficas de la RNV. Fuente: Fundación Villavicencio (2018). ...	10
Figura 9: Invasión de rosa mosqueta en la RNV en el fondo de las quebradas. Foto: Luisina Torre (2021).....	11
Figura 10: Riesgo de Incendios en la RNV. El color naranja oscuro señala el riesgo muy alto, correspondiente al Monte. Con color naranja claro el riesgo medio, coincidente con el Cardonal. Y, con amarillo, el riesgo Bajo de incendios que coincide con la provincia biogeográfica de la Puna. Fuente: Fundación Villavicencio (2018a).....	13
Figura 11: Esquema de la Vegetación de la RNV. Fuente: Elaboración propia, a partir de Ambrosetti et al. (1983) y Galli (2020).....	15
Figura 12: Clases de vegetación de la RNV para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.28	
Figura 13: Cambios en las clases de vegetación de la RNV en el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.	29
Figura 14: Área Total de cada clase (CA/TA), en hectáreas, para el área total de la RNV en los años 2000 y 2020. Fuente: Elaboración propia.....	33
Figura 15: Número de Parches (NP) y Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN) de las clases analizadas para toda el área de la RNV en los años 2000 y 2020. Fuente: Elaboración propia.....	33
Figura 16: Índice de Forma Medio (SHAPE_MN) y Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN) para las clases. Fuente: Elaboración propia.	34

Figura 17: A) Clases de vegetación de la RNV para el año 2020. En negro se delimita la región del Monte (límite: 1500 msnm) y la Ruta Provincial N°52. B) Clasificación del año 2020 para la región del Monte al este de la ruta provincial. C) Clasificación del año 2020 para la región del Monte al oeste de la ruta provincial. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 18: Cambios en las clases de vegetación en la zona este del Monte de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.....	36
Figura 19: Cambios en las clases de vegetación en la zona oeste del Monte de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.....	37
Figura 20: Diferencias en el Área Total de cada clase (CA/TA), en hectáreas, en los años 2000 y 2020, para la zona este y oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia. 42	
Figura 21: Diferencias en el Número de Parches (NP) y en el Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, en los años 2000 y 2020 para la zona este y oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	43
Figura 22: Diferencias en la Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros, y en el Índice de Forma Medio de los parches de cada clase (SHAPE_MN), en los años 2000 y 2020, para la zona este y oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 23: Clases de la RNV para el año 2020. En negro se delimita la región del Cardonal (límite entre los 1500 msnm y 2750 msnm) y los sectores norte (A), centro (B) y sur (C) dentro del mismo. A) Clasificación para el Cardonal Norte para el año 2020. B) Clasificación para el Cardonal Centro para el año 2020. C) Clasificación para el Cardonal Sur en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.	44
Figura 24: Cambios en las clases de vegetación en la zona norte del Cardonal de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.....	45
Figura 25: Cambios en las clases de vegetación en la zona centro del Cardonal de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.....	46
Figura 26 Cambios en las clases de vegetación en la zona sur del Cardonal de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.....	47
Figura 27: Diferencias del cambio del Área Total de la clase para los años 2000 y 2020, entre la zona norte, centro y sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	54
Figura 28: Diferencias en el Número de Parches (NP) y en el Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, en los años 2000 y 2020, para la zona norte (Cardonal N), centro (Cardonal C) y sur (Cardonal S) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 29: Diferencias en la Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros y en el Índice de Forma Medio de los parches de cada clase (SHAPE_MN), en los años 2000 y 2020, para la zona norte (Cardonal N), centro (Cardonal C) y sur (Cardonal S) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 30: Clases de vegetación de la RNV para el año 2020. En negro se delimita la región de la Puna (>2750 msnm). Del lado derecho se muestra la clasificación de la Puna para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.	56

Figura 31: Cambios en las clases de vegetación en la Puna de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 32: Diferencias del cambio del Área Total de la Clase para los años 2000 y 2020, en la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	60
Figura 33: Diferencias en el Número de Parches (NP) y en el Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, en los años 2000 y 2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 34: Diferencias en la Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros y en el Índice de Forma Medio de los parches de cada clase (SHAPE_MN), en los años 2000 y 2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 35: Ilustración de la pérdida de hábitat que resulta en algunos, pero no todos, de los otros tres efectos esperados de la fragmentación del hábitat en el patrón del paisaje. Los efectos esperados son (a) un aumento en el Número de Parches, (b) una disminución en el Tamaño Medio del parche y (c) un aumento en el Aislamiento Medio del Parche (Distancia del Vecino Más Cercano). Los cambios reales se indican mediante flechas. Fuente: Fahrig (2003).	71
Figura 36: Polígonos de entrenamiento para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.....	87
Figura 37: Gráfico de caja para la métrica “Clase” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura 38: Gráfico de caja para la métrica “CONTAG” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura 39: Gráfico de caja para la métrica “SIDI” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura 40: Gráfico de caja para la métrica “NP” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura 41: Gráfico de caja para la métrica “AREA_MN” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	109
Figura 42: Gráfico de caja para la métrica “SHAPE_MN” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	109
Figura 43: Gráfico de caja para la métrica “CA incendio” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	109
Figura 44: Gráfico de caja para la métrica “NP incendio” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	109
Figura 45: Gráfico de caja para la métrica “AREA_MN incendio” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	109
Figura 46: Gráfico de caja para la métrica “Clase” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 47: Gráfico de caja para la métrica “CONTAG” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	110

Figura 48: Gráfico de caja para la métrica “SIDI” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia..... 110

Figura 49: Gráfico de caja para la métrica “NP” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia. 110

Figura 50: Gráfico de caja para la métrica “AREA_MN” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia..... 111

Figura 51: Gráfico de caja para la métrica “SHAPE_MN” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia..... 111

Figura 52: Gráfico de caja para la métrica “CA rosa” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia..... 111

Figura 53: Gráfico de caja para la métrica “NP rosa” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia..... 111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Registro de incendios ocurridos en el área de la RNV hasta el año 2014. Fuente elaboración propia en base a los datos de Fundación Villavicencio (2015).	12
Tabla 2: Relación entre las clases de vegetación nativa observadas a campo y el esquema de vegetación de la RNV obtenido de la búsqueda bibliográfica. Fuente: Elaboración propia en base a Ambrosetti et al. (1983).	16
Tabla 3: Propuesta Leyendas de Cobertura de la tierra. Fuente: Rubio et al. (2020).	17
Tabla 4: Clases de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla 5: Fechas y bandas espectrales utilizadas de Landsat 5 y 8. Fuente: Elaboración propia en base a Fundación Villavicencio (2020).	20
Tabla 6: Relación entre métricas a nivel de clase y fragmentación del paisaje. Fuente: Elaboración propia en base a Santos y Tellería (2006).	25
Tabla 7: Métricas a nivel de paisaje: Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) e Índice de Contagio (CONTAG) para toda el área de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	30
Tabla 8: Porcentaje del paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.	30
Tabla 9: Áreas totales (en hectáreas) de las clases modificadoras del paisaje en el período 2000-2005 para toda la RNV. Fuente: Elaboración propia.	31
Tabla 10: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para toda el área de la reserva, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.	31
Tabla 11: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para toda el área de la reserva, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 12: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para toda el área de la reserva, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 13: Métricas a nivel de paisaje: Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) e Índice de Contagio (CONTAG), para el Monte (zona este y oeste) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 14: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 15: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	39
Tabla 16: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona este del Monte de la RNV en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.	40
Tabla 17: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona oeste del Monte de la RNV en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.....	40

Tabla 18: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona este del Monte de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.	41
Tabla 19: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona oeste del Monte de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.....	41
Tabla 20: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona este del Monte de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.	42
Tabla 21: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona oeste del Monte de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.....	42
Tabla 22: Métricas a nivel de paisaje: SIDI y CONTAG para el Cardonal (zona norte, centro y sur) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	48
Tabla 23: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND) durante el período 2000-2020 en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	48
Tabla 24: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND) durante el período 2000-2020 en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	49
Tabla 25: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND) durante el período 2000-2020 en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	49
Tabla 26: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona norte del Cardonal de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 27: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona centro del Cardonal de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 28: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona sur del Cardonal de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 29: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona norte del Cardonal de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 30: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona centro del Cardonal de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 31: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona sur del Cardonal de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 32: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona norte del Cardonal de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 33: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona centro del Cardonal de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 34: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona sur del Cardonal de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 35: Métricas a nivel de paisaje: SIDI y CONTAG para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 36: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia	58

Tabla 37: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la Puna de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 38: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la Puna de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 39: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la Puna de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.....	60
Tabla 40: Estadígrafos descriptivos para la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 41: Estadígrafos descriptivos para la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 42: Prueba de Kruskal Wallis para la variable Clase en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 43: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Contagio (CONTAG) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 44: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 45: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches (NP) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 46: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Tamaño Medio del Parche (AREA_MN), en hectáreas, en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 47: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Forma (SHAPE_MN) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 48: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Área Total de la clase incendio (CA incendio) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 49: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches de la clase incendio (NP incendio) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 50: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Tamaño Medio de Parche de la clase incendio (AREA_MN incendio) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 51: Estadígrafos descriptivos para la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla 52: Estadígrafos descriptivos para la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla 53: Estadígrafos descriptivos para la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	65

Tabla 54: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable clase en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 55: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Contagio (CONTAG) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 56: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 57: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches (NP) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 58: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Tamaño Medio del Parche (AREA_MN) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 59: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Forma (SHAPE_MN) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 60: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Área Total de la clase rosa mosqueta (CA Rosa) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 61: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches de la clase de rosa (NP Rosa) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 62: Esquema de la vegetación de Villavicencio (desde 730 a 3200 msnm). Recorte realizado del documento "Esquema de la vegetación desde Mendoza a las Cuevas por Villavicencio y Paso de Uspallata". Fuente: (Ambrosetti, J. A. et al., 1983).	82
Tabla 63: Fotografías e imágenes de Google Earth para las clases de vegetación de la RNV definidas en este trabajo. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 64: Coeficiente Kappa y Exactitud global para todas las clasificaciones de los años analizados. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 65: Error del productor para cada una de las clases en los años analizados. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 66: Error del usuario para cada una de las clases en los años analizados. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 67: Área Total de las Clases (CA/TA), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.	89
Tabla 68: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.	89

Tabla 69: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	90
Tabla 70: Índice de Forma de los parches de cada clase (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.	90
Tabla 71: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano de los parches de cada clase, en metros, durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	91
Tabla 72: Área Total de las Clases (CA/TA), durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	92
Tabla 73: Área Total de las Clases (CA/TA), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	92
Tabla 74: Número de Parches por clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 75: Número de Parches por clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 76: Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN), en hectáreas, por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	94
Tabla 77: Tamaño Medio de los Parches por clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	94
Tabla 78: Índice de Forma (SHAPE_MN) por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 79: Índice de Forma (SHAPE_MN) por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 80: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros, por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	96
Tabla 81: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros, por clase, durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	96
Tabla 82: Área Total de las Clases, durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.....	97
Tabla 83: Área Total de las Clases, durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. El cambio se calculó para el año 2000 y 2020. Fuente: Elaboración propia.....	97
Tabla 84: Área Total de las Clases, durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	98
Tabla 85: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	98

Tabla 86: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	99
Tabla 87: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	99
Tabla 88: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	100
Tabla 89: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	100
Tabla 90: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	101
Tabla 91: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	101
Tabla 92: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 93: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 94: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	103
Tabla 95: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	103
Tabla 96: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla 97: Área Total de las Clases (CA/TA), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	105
Tabla 98: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	105
Tabla 99: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	106
Tabla 100: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	106
Tabla 101: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.	107

1. INTRODUCCIÓN

Según Dudley (2008), un Área Natural Protegida (ANP) es “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros medios eficaces, para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza, de sus servicios ecosistémicos y de los valores culturales asociados” (p.10). A su vez, estos espacios pueden ser de propiedad y gestión gubernamental (nacional, provincial o municipal), particular, empresarial y/o comunitaria.

Sin embargo, pese a su importancia, fue recién en el año 2010, durante la décima Conferencia de las Partes⁽¹⁾ (COP10), cuando las ANPs asumieron un rol central en la conservación de la biodiversidad (Cannizzo et al., 2021). Principalmente, porque en ella se planteó la Meta Aichi N°11⁽²⁾ (Convenio sobre la Diversidad Biológica [CDB], 2011). La misma establecía que, para el 2020, al menos el 17% de las zonas terrestres y de las aguas continentales y el 10% de las zonas marinas y costeras, debían ser conservadas bajo sistemas de áreas naturales protegidas (Cannizzo et al., 2021).

En 2020, cumplido ese plazo, se evaluó el avance de cada una de las metas propuestas. La Meta Aichi N°11 fue lograda parcialmente ya que se protegieron alrededor del 15% de los ambientes terrestres y de agua dulce del mundo y, aproximadamente, el 7,5% de los ambientes marinos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2020). Posteriormente, en el año 2021, se propusieron nuevas Metas de Acción a alcanzar en el 2030, dentro de las cuales, la Meta 3 propone que al menos el 30% de las zonas terrestres y marinas del mundo estén conservadas en áreas protegidas (CDB, 2021).

Actualmente, la provincia de Mendoza posee el 13% de la superficie del territorio provincial protegido por una Red de Áreas Naturales Protegidas. Esta red está integrada por 19 reservas, de las cuales 18 son de dominio estatal y sólo una es de gestión privada, la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio (Gobierno de Mendoza, s.f.). Esta situación se repite a nivel internacional, ya que la gran mayoría de las áreas protegidas han sido establecidas en territorios estatales. Debido a esto, en 2014 la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), en el informe “Áreas Bajo Protección Privada: Mirando al Futuro”, puso en valor el potencial que tienen las áreas protegidas privadas para ayudar a los gobiernos a cumplir con los objetivos internacionales de conservación (Stolton et al., 2014).

Por otro lado, durante muchos años la conservación de la biodiversidad estuvo focalizada solamente en las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) (Fracassi et al., 2017). Sin embargo, durante la década de los '90 surge una nueva perspectiva, complementaria y más amplia, que se centra en el estudio del paisaje. A través de ella, el paisaje es considerado tanto un objeto de conservación en sí mismo, como un mecanismo mediante el cual puede lograrse la conservación. Por lo tanto, mediante esta perspectiva, la comprensión de la heterogeneidad

⁽¹⁾ El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) es un acuerdo internacional que tiene como fin conservar la biodiversidad. Fue creado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1992, y Argentina lo aprueba en 1994 mediante la Ley Nacional N°24.375. Todos los países que ratifican este convenio, incluida Argentina, se reúnen en la Conferencia de las Partes (COP) para elaborar estrategias, planes o programas para avanzar con el CDB. Además, en ellas se muestran informes de avance y se pueden modificar o desarrollar nuevos objetivos (CDB, 1992).

⁽²⁾ Meta comprendida dentro del “Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi” (CDB, 2011).

del paisaje toma un papel esencial a la hora de hablar de conservación de la biodiversidad a largo plazo (Redford et al., 2003).

En consecuencia, en las ANPs los estudios de Ecología del Paisaje resultan fundamentales, ya que contribuyen a la planificación, gestión, protección y conservación de estos espacios. Además, en los estudios de cambios de la estructura espacial del paisaje a escala temporal, se puede aplicar el paisaje como un indicador de la transformación y estado de los ecosistemas presentes en el ANP. Esta transformación del ambiente puede ser causa de una gran variedad de procesos, entre los cuales la fragmentación es uno de los más importantes (Szek, 2012).

Si bien existen estudios de fragmentación en la reserva vinculados a la conservación de especies puntuales como el guanaco (*Lama guanicoe*) (Reserva Natural Villavicencio, 2020a) y el puma (*Puma concolor*) (Reserva Natural Villavicencio, 2020b), no existen estudios espacio - temporales sobre el estado de transformación de la reserva a escala de paisaje. Por consiguiente, este trabajo analiza la estructura y dinámica del paisaje de la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio para el período elegido (del 2000 al 2020), a partir del cálculo y la interpretación de métricas del paisaje. Se consideran como posibles causantes de fragmentación la presencia de rosa mosqueta y los episodios de incendios.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Analizar la dinámica temporal de la estructura del paisaje de la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio, desde su creación (2000) hasta la actualidad (2020).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar los patrones del paisaje y su variación espacio - temporal, a través de métricas de paisaje.
- Establecer relaciones entre las métricas del paisaje y los efectos producidos por los factores incendio y presencia de rosa mosqueta en la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio.
- Evaluar la dinámica temporal de la estructura del paisaje en cada una de las provincias biogeográficas presentes en la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio.

1.2. HIPÓTESIS

Existen modificaciones en los patrones del paisaje de la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio causadas por los episodios de incendio y por el avance de la invasión de rosa mosqueta. Estas modificaciones se ven reflejadas en la fragmentación del paisaje de la reserva ocasionada por un aumento de las coberturas de incendio y rosa mosqueta y una disminución de las clases de vegetación nativa. A su vez, el incendio afecta en mayor medida a la zona este del Monte de la reserva, mientras que la rosa mosqueta se encuentra principalmente en la zona norte del Cardonal.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Ecología del Paisaje

El paisaje es un territorio en permanente evolución, que presenta características espaciales y funcionales heterogéneas (Moráns, 2005; Peña-Cortés et al., 2006), resultado de múltiples interacciones entre la sociedad y la naturaleza (Matteucci, 2012). Algunos procesos naturales que pueden modificar el paisaje son: procesos erosivos y sedimentarios, procesos glaciares, evolución de la vegetación, colonización y sustitución, etc. (Moráns, 2005). Mientras que, por su parte, los cambios del paisaje debido a la intervención humana pueden ser originados por: deforestación, incendios, instalación de infraestructuras, riegos, fertilización, entre otros (Troll, 2003).

La Ecología del Paisaje es una disciplina científica interdisciplinaria, que estudia los elementos, patrones e interacciones que componen un paisaje (Peña-Cortés et al., 2006; Vila-Subirós et al., 2006). Se centra explícitamente en los patrones espaciales (Risser et al., 1984), analizando las características estructurales y morfológicas de un paisaje en un momento determinado y/o su evolución a lo largo del tiempo. Además, infiere la implicancia o magnitud de estos cambios en los procesos ecológicos (Peña-Cortés et al., 2006; Vila-Subirós et al., 2006). En resumen, la Ecología del Paisaje estudia la estructura, funcionalidad y dinámica de los paisajes (Vila-Subirós et al., 2006; Wu, 2013).

De acuerdo a Vila-Subirós et al. (2006) el mosaico es el elemento base para la interpretación del paisaje. Se define y delimita en función de los objetivos de la investigación y corresponde al área de estudio (Matteucci, 2004). Está compuesto por tres grandes tipos de elementos: los fragmentos o parches, los corredores y la matriz (ver Fig. 1) (Vila-Subirós et al., 2006).

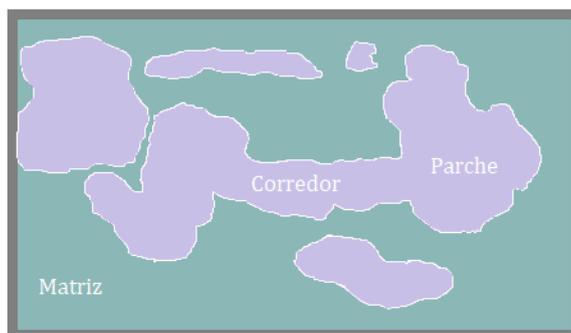


Figura 1: Elementos de un mosaico: parche, corredor y matriz. Fuente: Gurrutxaga-San-Vicente y Lozano-Valencia (2008).

Los fragmentos o parches pueden definirse como áreas que difieren de su entorno en naturaleza o apariencia (Turner & Gardner, 2015). Por su parte, los corredores son franjas estrechas que unen a los parches y difieren de las áreas adyacentes en ambos lados (Turner & Gardner, 2015; Vila-Subirós et al., 2006). Por último, la matriz incluye los tipos de cobertura de fondo en un paisaje, caracterizados por una cobertura extensa y alta conectividad. Cabe destacar que no todos los paisajes tienen una matriz definible (Turner & Gardner, 2015).

2.1.1. Fragmentación

Cuando se observa la conversión de uno o pocos fragmentos de hábitat original, a varios parches de ese mismo tipo de cobertura y, a su vez, juntos suman un área total menor a la inicial, se está en presencia de un proceso a escala de paisaje denominado fragmentación. (Gurrutxaga-San Vicente y Lozano-Valencia, 2010; Szek, 2012). De acuerdo a Gurrutxaga - San Vicente y Lozano-Valencia (2010), algunas de las posibles causas de fragmentación de hábitat son: la intensificación de la agricultura y del aprovechamiento forestal, la urbanización del suelo, las infraestructuras de transporte, la degradación de humedales, las actividades extractivas, los incendios forestales, entre otras. Actualmente, está considerada como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel global (Herrera-Calvo y Díaz-Varela, 2013).

Según Santos y Tellería (2006), las consecuencias del cambio del paisaje ocasionadas por la fragmentación, son progresivas y pueden observarse a través de cinco variables que cambian simultáneamente (ver Fig. 2) e inciden negativamente en la supervivencia de los organismos que lo habitan. Una de ellas es la pérdida en la cantidad de hábitat, lo cual puede resultar en una disminución de la densidad de la población afectada. Además, la fragmentación puede ocasionar una disminución del Tamaño Medio y un aumento del Número de Parches del hábitat afectado. Esto ocasiona una reducción progresiva de las poblaciones que ocupan ese hábitat, aumentando el riesgo de que se ubiquen por debajo del tamaño poblacional mínimo viable⁽³⁾. También aumenta la Distancia entre Parches de igual cobertura, lo que dificulta el intercambio de individuos entre las poblaciones aisladas. Por último, la fragmentación causa un aumento de la relación perímetro/superficie de los parches y, por lo tanto, la población se enfrenta a una mayor exposición a perturbaciones externas. A esto se le denomina efecto borde, concepto fundamental cuando se estudia la configuración espacial del paisaje y cuyas consecuencias varían de acuerdo al organismo que se estudie (Martín-Ramos et al., 2022).

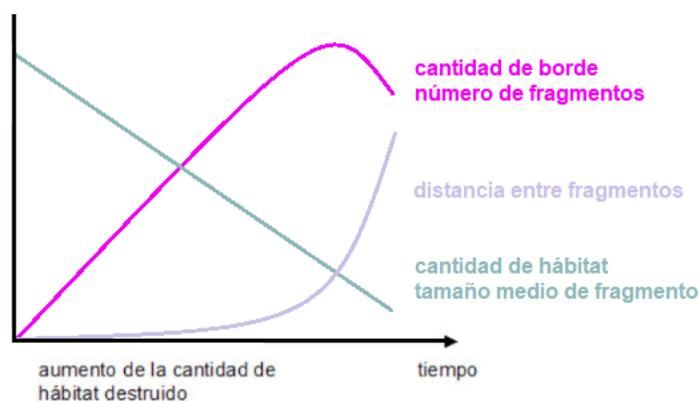


Figura 2: Tendencias de las variables que definen los cambios principales de la configuración del paisaje a lo largo de un proceso de pérdida y fragmentación de hábitat. Fuente: Modificado de Santos y Tellería (2006).

⁽³⁾ Tamaño poblacional mínimo viable es “un indicador del número mínimo de individuos que una población necesita para sobrevivir a lo largo del tiempo” (Serna-Lagunes y Díaz-Rivera, 2011).

2.1.2. Métricas del paisaje

Los fragmentos se clasifican en clases o categorías cuya naturaleza depende de la variable representada. Las clases pueden ser: tipos de suelo, cantidad de materia orgánica o salinidad, tipos de cobertura o de usos del suelo, tipos de paisaje, tipos de vegetación, zonas climáticas, etc. A su vez, los fragmentos pueden encontrarse de distintas formas y tamaños y en configuraciones variadas. Es decir, los fragmentos de igual clase pueden estar conectados por su cercanía o estar alejados, pueden formar un mosaico muy intrincado o formar grandes parches de bordes simples, entre otras opciones (Matteucci, 1998).

Para reducir la complejidad del estudio de la estructura del paisaje se calculan métricas del paisaje (Matteucci, 1998), que son el resultado de la aplicación de métodos cuantitativos en estudios de Ecología del Paisaje (Vila-Subirós et al., 2006). A través de su aplicación e interpretación, se analiza la estructura del paisaje sobre mapas categóricos pudiendo comparar entre distintas configuraciones paisajísticas, la misma área en distintos momentos temporales o la definición de escenarios futuros (Peña-Cortés et al., 2006; Vila-Subirós et al., 2006).

Las métricas se pueden clasificar en dos grupos generales con respecto a lo que cuantifican: métricas de composición y métricas de configuración. Las métricas de composición miden cuántas clases diferentes existen y su parte relativa de todo el paisaje (Kienast, 2022). Pueden ser de carácter no espacial, como las métricas de diversidad, riqueza y dominancia de los elementos constituyentes, o de carácter espacial, como el tamaño, distribución y densidad de los fragmentos (Peña-Cortés et al., 2006). Por otro lado, las métricas de configuración miden el carácter espacial y la disposición, posición, orientación y forma de los fragmentos (Kienast, 2022). Algunas de las métricas de configuración del paisaje son: complejidad de forma, aislamiento y proximidad entre parches, contraste, dispersión, contagio, subdivisión y conectividad (Peña-Cortés et al., 2006) (ver Fig. 3).

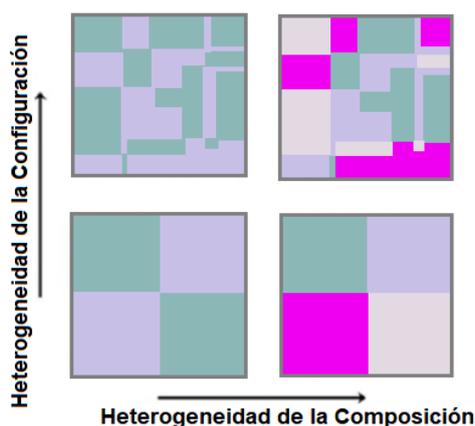


Figura 3: Los dos componentes de la heterogeneidad espacial: composición y configuración. La heterogeneidad de la composición aumenta con el Número de Parches de varios tipos (de izquierda a derecha). La heterogeneidad de configuración aumenta con la complejidad de la organización de los parches (de abajo hacia arriba). Fuente: Modificado de Baghdadi et al. (2018).

Además, las métricas pueden calcularse en 3 niveles de análisis de acuerdo al objetivo de investigación: a nivel de parche (un parche individual de un jarillal), a nivel de clase (todos los parches del jarillal) y a nivel de paisaje (todo el paisaje abarcando todas las clases, ej. toda el área de la Reserva Natural Villavicencio) (Baghdadi et al., 2018; McGarigal, 2012) (ver Fig. 4). La combinación de diversas métricas es fundamental para una correcta interpretación de las características morfológicas de los paisajes y de los patrones paisajísticos (Vila-Subirós et al., 2006).

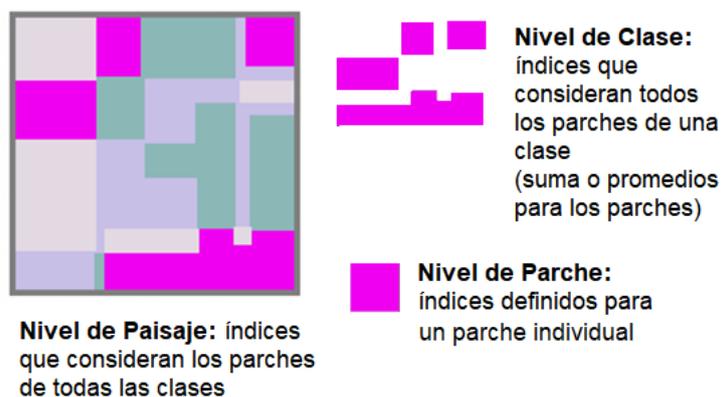


Figura 4: Niveles de análisis de las métricas de paisaje. Fuente: Adaptado de Gavier-Pizarro (2020).

2.2. Clasificación supervisada

Para asignarle una clase a los fragmentos se realiza una clasificación. La clasificación es una operación que permite establecer una categorización del área de estudio a partir de una serie de capas de entrada. Por su parte, la clasificación supervisada, además de lo anterior, requiere que el operador establezca el número de clases a definir y sus características (en este caso, los valores de la firma espectral). Luego, mediante procedimientos diversos, se evalúa y asigna una clase a cada localización espacial, según el grado de similitud de los valores de ese punto con los valores establecidos por el operador para cada clase (Olaya, 2014) (ver Fig. 5).

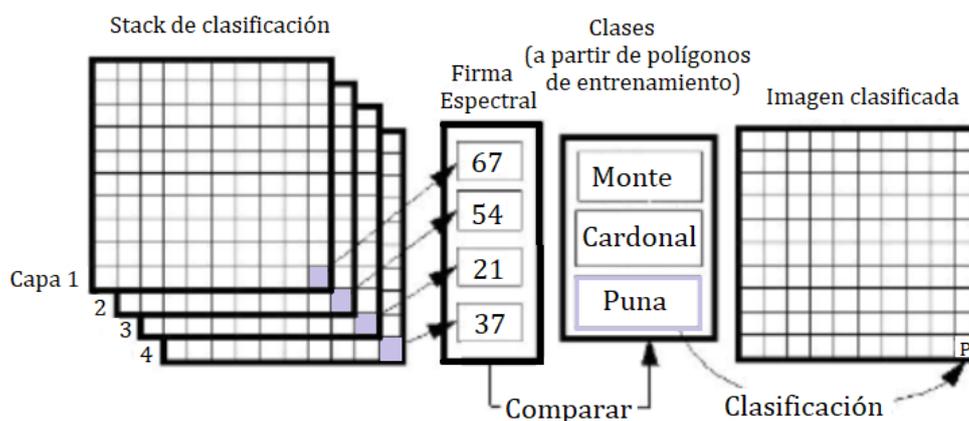


Figura 5: Esquema del proceso de clasificación supervisada. Fuente: Adaptado de Olaya (2014).

A su vez, la clasificación supervisada se compone de tres fases: entrenamiento, asignación y evaluación. En la primera, la fase de entrenamiento, se definen digitalmente las clases a través de polígonos de entrenamiento. Luego, en la fase de asignación se agrupan los píxeles de la imagen en una de esas clases a través de un clasificador. Y, por último, en la fase de evaluación se comprueban y verifican los resultados (Chuvieco-Salineró, 2008).

2.2.1. “Support Vector Machine” (SVM)

Existen muchos algoritmos para realizar la asignación de clases. Uno de los más usados es el “Support Vector Machine” (SVM) (Baghdadi et al., 2018). Éste es un método de aprendizaje automático supervisado que clasifica los datos en función de un análisis estadístico sofisticado (Lamine et al., 2018). Consiste en localizar el hiperplano ($h(x) = 0$) que mejor separe un conjunto de datos ($X \in \mathfrak{R}$) según la clase a la que pertenecen ($Y \in \{-1; 1\}$) (Bonilla-Vilatuña y Taípe-Quispe, 2021). Cualquier otro hiperplano que no sea el elegido por el clasificador, mostraría un margen de separación de clases menores y, por lo tanto, sería menos adecuado (Riobó-Otero, 2012).

Como se observa en la Figura 6, el clasificador representa en un eje de coordenadas los polígonos de entrenamiento, separando las clases por el espacio mayor posible. Cuando se introduce un nuevo dato, se coloca sobre el mismo eje, y en función de su proximidad a uno de los grupos antes separados se clasifica en una u otra clase (Riobó-Otero, 2012)

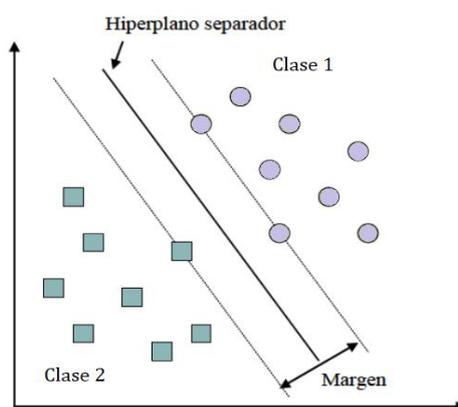


Figura 6: Separación de datos de SVM. Se representan datos de dos clases (cuadrados celestes y círculos lilas) diferenciados por el hiperplano que maximiza la distancia entre ellos. Fuente: Modificado de Riobó-Otero (2012).

2.3. Índices de vegetación

Los índices de vegetación permiten detectar la presencia de vegetación en una zona y su actividad, debido a que sus valores están en relación con la actividad fotosintética de esta (Olaya, 2014). Generarlos adquiere importancia a la hora de realizar la clasificación supervisada, ya que aumentan la información disponible para el clasificador y mejoran la separabilidad de clases (Fundación Villavicencio, 2020).

En términos generales, los índices de vegetación son parámetros calculados a partir de los valores de la reflectividad a distintas longitudes de onda. Pretenden extraer de los mismos la información relativa a la vegetación, minimizando la influencia de perturbaciones como las debidas al suelo y a las condiciones atmosféricas (Gilabert et al., 1997).

El fundamento de estos índices se basa en la absorción de la radiación en las plantas. Generalmente, las plantas absorben radiación en las regiones visibles del espectro, sobre todo en la región del rojo, y reflejan las radiaciones de menor frecuencia, como las del infrarrojo. Como resultado, las bandas de imágenes satelitales correspondientes a la zona del infrarrojo van a presentar altos valores de reflectancia y bajos en la banda del rojo en caso de que exista vegetación, permitiendo localizar la vegetación utilizando dichas imágenes (Olaya, 2014).

3. METODOLOGÍA

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio (RNV). La RNV está ubicada en el departamento de Las Heras, a 30 km al norte de la ciudad de Mendoza (ver Fig. 7) (Fundación Villavicencio, 2018a). Y abarca una superficie total de 72.000 hectáreas, entre los 68° 50' y 69°10' de longitud oeste y los 32° 25' y 32° 35' de latitud sur (Fundación Villavicencio, 2020).

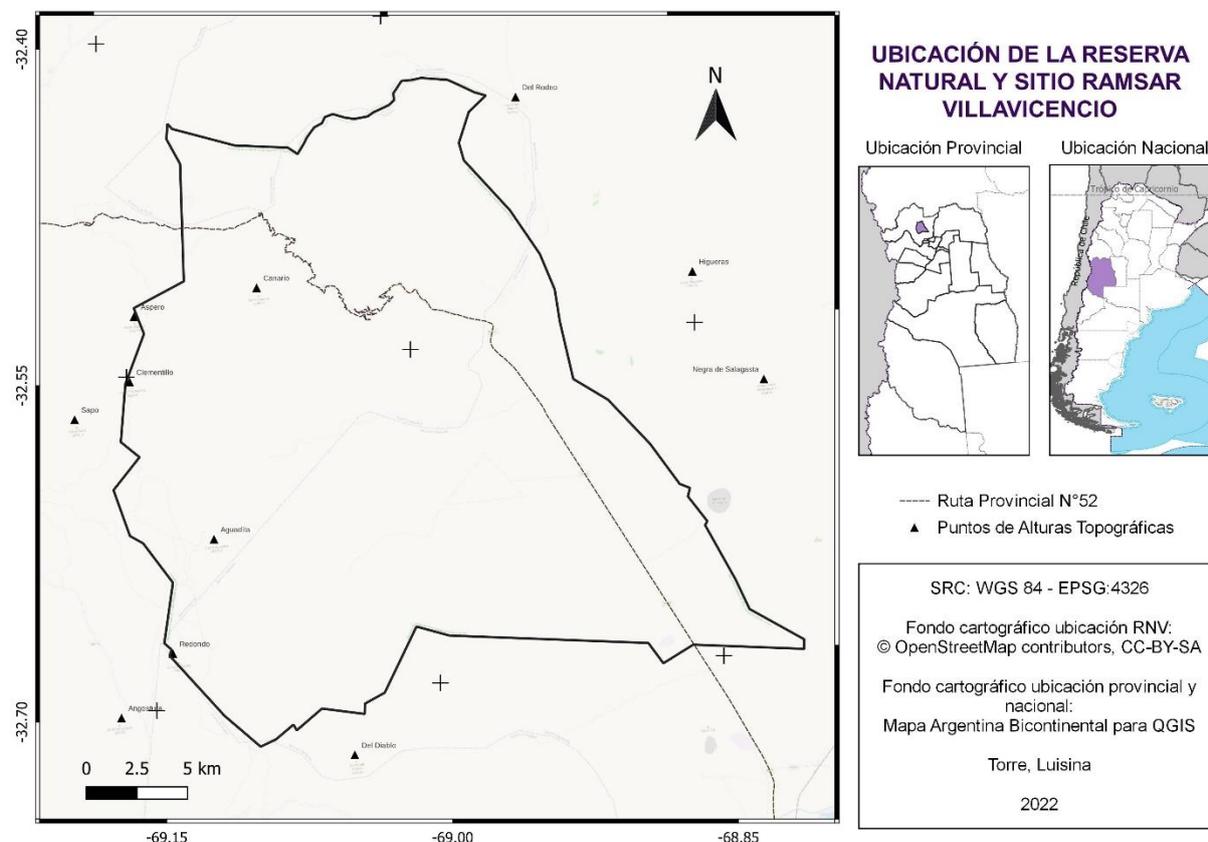


Figura 7: Ubicación de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Fue declarada como Reserva Natural Privada en el año 2000, mediante Resolución N°1065/2000 de la Dirección de Recursos Naturales Renovables de Mendoza. Con el objetivo de conservar los recursos: flora, fauna, culturales e históricos, y la indemnidad del recurso hídrico (Fundación Villavicencio, 2018a). Además, fue designada como Sitio Ramsar ⁽⁴⁾ en el año 2017 (Ramsar, 2018). Dentro de las categorías de manejo establecidas por la Ley de Protección de Áreas Naturales Provinciales (Ley N° 6045), la RNV se encuadra dentro de las Categorías IV y V, correspondientes a “Reserva Natural Manejada o Santuario de Flora y Fauna” y “Reserva de Paisaje Protegido” respectivamente (Puig et al., 2008).

(4) Los sitios Ramsar son áreas con humedales de interés internacional (Ramsar, 1971). La RNV tiene 41 humedales identificados (Sosa, 2012). Al poseer esta declaratoria internacional, la reserva presenta otro mecanismo de protección además de ser un área protegida provincial.

Está ubicada dentro de la Precordillera de Mendoza, interpuesta entre la depresión del Valle de Uspallata y las planicies pedemontanas orientales (Puig et al., 2008). Presenta una media de 251 mm de precipitación en las partes altas (Puna) y de 106 mm en las zonas bajas (Monte). Las mayores precipitaciones ocurren durante la época estival que coinciden con las mayores temperaturas, desatando la temporada de crecimiento para las plantas y de reproducción para la mayoría de los vertebrados silvestres (Fundación Villavicencio, 2018a).

La RNV tiene grandes extensiones de ambientes en buen estado de conservación, con variedad de nichos, lo que permite la presencia de una gran diversidad de fauna nativa. La misma cuenta con 253 especies de vertebrados, dentro de las cuales se hallan: 37 especies de mamíferos, 192 especies de aves (14 de ellas presentan algún nivel de amenaza en términos de conservación), 21 especies de reptiles y 3 especies de anfibios (Fundación Villavicencio, 2018a).

3.1.1. Biogeografía

Biogeográficamente ⁽⁵⁾, la RNV se halla dentro de la Zona de Transición Sudamericana, ubicada en el noroeste y centro oeste de Argentina (Arana et al., 2021). Las provincias biogeográficas de esta zona que se encuentran en la reserva son: Puna, Prepuna y Monte ⁽⁶⁾ (Fundación Villavicencio, 2018; Morrone, 2004) (ver Fig. 8). Cabe destacar que, la Puna y la Prepuna presentan su límite austral en esta reserva (Fundación Villavicencio, 2018a) y que, por ello, uno de los objetivos de conservación de la RNV es “proteger los ambientes de Prepuna y Puna, dentro de la red de áreas protegidas de Mendoza” (Fundación Villavicencio, 2018b, p.11).

⁽⁵⁾ Existen diferentes clasificaciones para la biogeografía de la RNV de acuerdo a la bibliografía que se analice. En este trabajo se empleó la clasificación de Puna, Prepuna (o Cardonal) y Monte, ya que es la empleada por el área técnica de la reserva, viéndose representada en la señalética presente en el área y en los planes de manejo.

⁽⁶⁾ Para Arana et al. (2021), Puna, Prepuna y Monte también pertenecen a la zona de transición Sudamericana, pero la Puna pertenece al Distrito Cuyano, ubic. nov. dentro de la provincia Altoandina cuyana. Por su parte, la Prepuna y el Monte pertenecen respectivamente al Distrito Prepuneño (aunque no lo considera presente en la zona) y al Distrito Septentrional dentro de la Provincia del Monte.

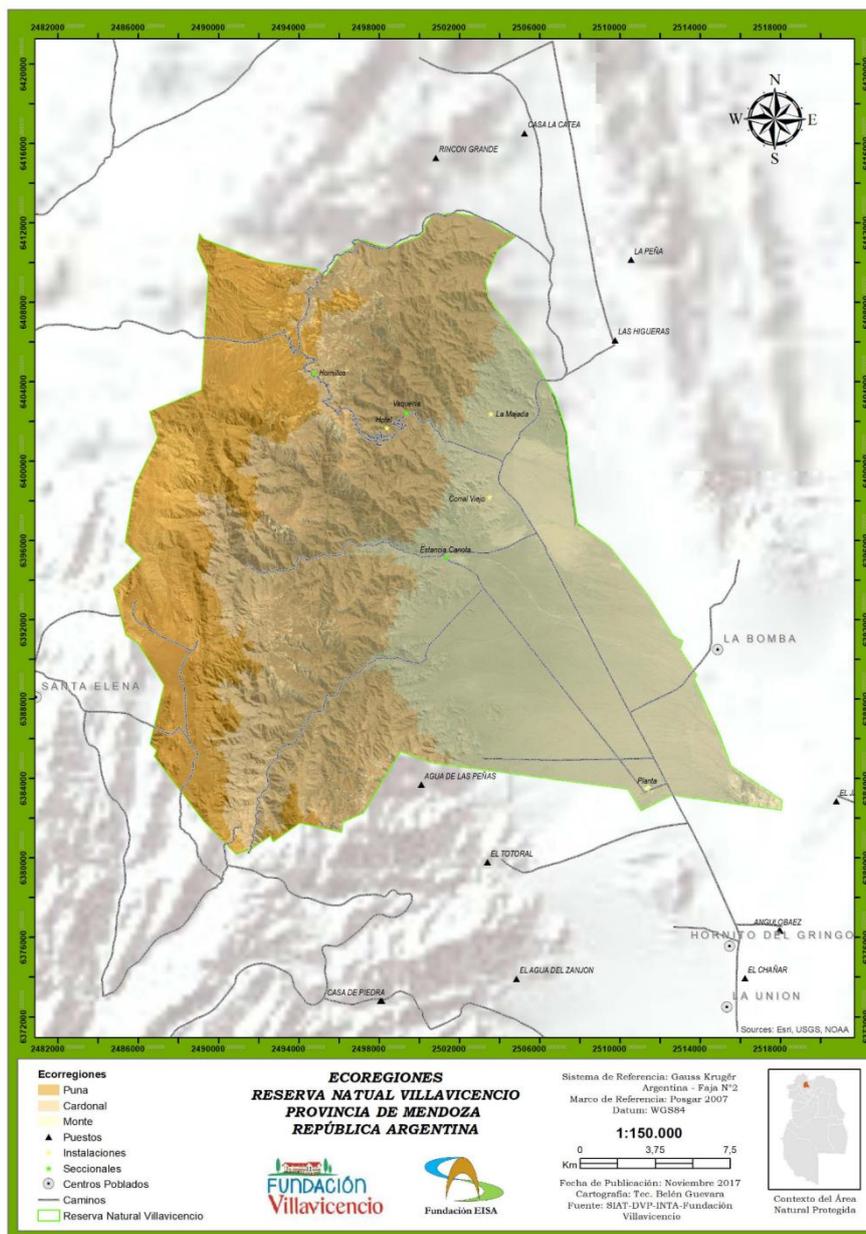


Figura 8: Provincias biogeográficas de la RNV. Fuente: Fundación Villavencio (2018).

La Puna se caracteriza por el frío, la sequía y las heladas estivales. Se extiende desde el sur de Perú hasta la provincia de Mendoza (Martínez-Carretero, 1995). En la RNV se encuentra entre los 2700-2800 y 3200 msnm, en la vertiente occidental y parte superior de la Sierra de Uspallata. La mayoría de las comunidades están compuestas por gramíneas en cojín y pequeños subarbustos que forman matorrales bajos junto a herbáceas. Por lo general la vegetación alcanza una cobertura de un 30% en esta zona (Fundación Villavencio, 2018a).

La Prepuna (o Cardonal) ⁽⁷⁾ abarca desde el sur de Bolivia hasta el norte de Mendoza, (Morrone, 2004; Morrone y Ezcurra, 2016). Se desarrolla en laderas de cerros, desmoronamientos de piedras y quebradas. Se diferencia del Monte principalmente por la escasa o ausencia del género *Larrea* (jarillas), por presentar mayor abundancia de cactáceas,

⁽⁷⁾ Morrone (2016) describe a la Prepuna como un Distrito dentro de la Provincia del Monte.

incluyendo algunas columnares, por la abundancia de bromeliáceas saxícolas y por la presencia de varias especies endémicas de diferentes géneros. En Villavencio encontramos a esta región desde los 1500-1600 msnm, principalmente por las laderas de solana (de mayor insolación), hasta aproximadamente los 2700 msnm (Fundación Villavencio, 2018a).

El Monte se ubica en el noroeste y centro de la Argentina, desde Salta hasta el noreste de Chubut (Arana et al., 2021; Morrone, 2014). La vegetación dominante consiste en matorrales abiertos xerófilos entre 1,5 y 3 m de altura, conocidos localmente como “jarillales” (Arana et al., 2021). En la RNV la provincia del Monte se extiende por el Piedemonte de la Precordillera hasta los 1500 msnm (Puig et al., 2008).

3.1.2. Factores modificadores del paisaje

En el último Plan de Gestión de la RNV (2018) se determinaron dos problemas ambientales: las Especies Exóticas Invasoras (EEI) y los Incendios Forestales (Fundación Villavencio, 2018a). Estas dos problemáticas son los factores considerados en este trabajo como modificadoras del paisaje de la reserva.

3.1.2.1. *Rosa mosqueta*

Las EEI son plantas que han sido introducidas, intencional o accidentalmente, en un ambiente. Pueden reproducirse consistentemente y sustentan poblaciones sin intervención directa de los humanos. Además, producen descendencia reproductiva, generalmente en gran número, a más de 100 m de la planta madre, pudiéndose extender sobre un área considerable (Richardson et al., 2000).

En la RNV existen varias EEI (Fundación Villavencio, 2018a), algunas de ellas fueron introducidas como plantas ornamentales durante la década del '40 (Puig et al., 2008). La EEI que posee mayor importancia es la rosa mosqueta (*Rosa canina* y *Rosa rubiginosa*), debido a su velocidad de propagación y al área actualmente cubierta (Fundación Villavencio, 2018a).

La expansión de los matorrales de rosa mosqueta está ocasionando cambios en la estructura y flora de varias quebradas de la reserva (Fundación Villavencio, 2018a; Mazzolari, 2017) (ver Fig. 9). Además, al distribuirse principalmente en el Cardonal, afecta a los humedales que, en su mayoría, se encuentran en esta provincia biogeográfica (Fundación Villavencio, 2020). Cabe mencionar que la degradación de los ecosistemas de humedal, es considerado por Gurrutxaga-San Vicente y Lozano-Valencia (2010) como una causante de reducción y fragmentación de hábitats.



Figura 9: Invasión de rosa mosqueta en la RNV en el fondo de las quebradas. Foto: Luisina Torre (2021).

3.1.2.2. Incendios

Otra de las causas de fragmentación descritas por Gurrutxaga-San Vicente y Lozano-Valencia (2010) y la segunda problemática ambiental detectada por la Fundación Villavicencio (2018a) en el último plan de gestión, son los incendios forestales. Éstos, han ocasionado un cambio sustancial en la composición florística y en la fisonomía de la reserva (Chiaradia, 2021; Fundación Villavicencio, 2018a). Viéndose reflejado en los matorrales de *L. divaricata* y de *Colliguaja integerrima* y en los matorrales de *Diostea scoparia*, que han sido reemplazados por pastizales de *Stipa eriostachya* y *S. tenuissima* respectivamente (Fundación Villavicencio, 2018a).

En el registro de incendios y detección de áreas quemadas de la RNV llevado a cabo por la Fundación Villavicencio en 2015, se identificaron 18 incendios de diferente antigüedad, 10 de ellos ocurridos luego de la creación de la reserva. De estos últimos, 6 fueron ocasionados accidentalmente, 1 de forma intencional, 2 de forma natural y uno de ellos de causa desconocida (ver Tabla 1) (Fundación Villavicencio, 2015).

Tabla 1: Registro de incendios ocurridos en el área de la RNV hasta el año 2014. Fuente elaboración propia en base a los datos de Fundación Villavicencio (2015).

ID	Año	Zona	Causa
1	más de 50 años	Monte Este	Desconocida
2	más de 50 años	Monte Este	Desconocida
3	más de 50 años	Oeste de la RNV	Desconocida
4	más de 50 años	Oeste de la RNV	Desconocida
5	más de 50 años	Monte Oeste	Desconocida
6	42 años	Monte Este	Accidental
7	32 años	Monte Oeste	Intencional
8	32 años	Monte Oeste	Accidental
9	2000	Monte Este	Accidental
10	2000	Monte Este	Accidental
11	2000	Monte Este	Desconocida
12	2001	Monte Oeste	Accidental
13	2005	Monte Este	Accidental
14	2006	Monte Este	Accidental
15	2007	Monte Oeste	Accidental
16	2010	Monte Oeste	Intencional
17	2011	Cardonal Sur	Natural
18	2014	Cardonal Norte	Natural

El Monte es la provincia biogeográfica con mayor vulnerabilidad global en la RNV (Chiaradia, 2021; Fundación Villavicencio, 2017, 2018a; Zabala, 2021) (ver Fig. 10). El mismo, según Chiaradia (2021), es un ecosistema resiliente al fuego, pero requiere más de 40 años para recuperarse por completo. Además, se han registrado algunos episodios en el Cardonal y la Puna, sobre todo en las quebradas orientales (Puig et al., 2008).

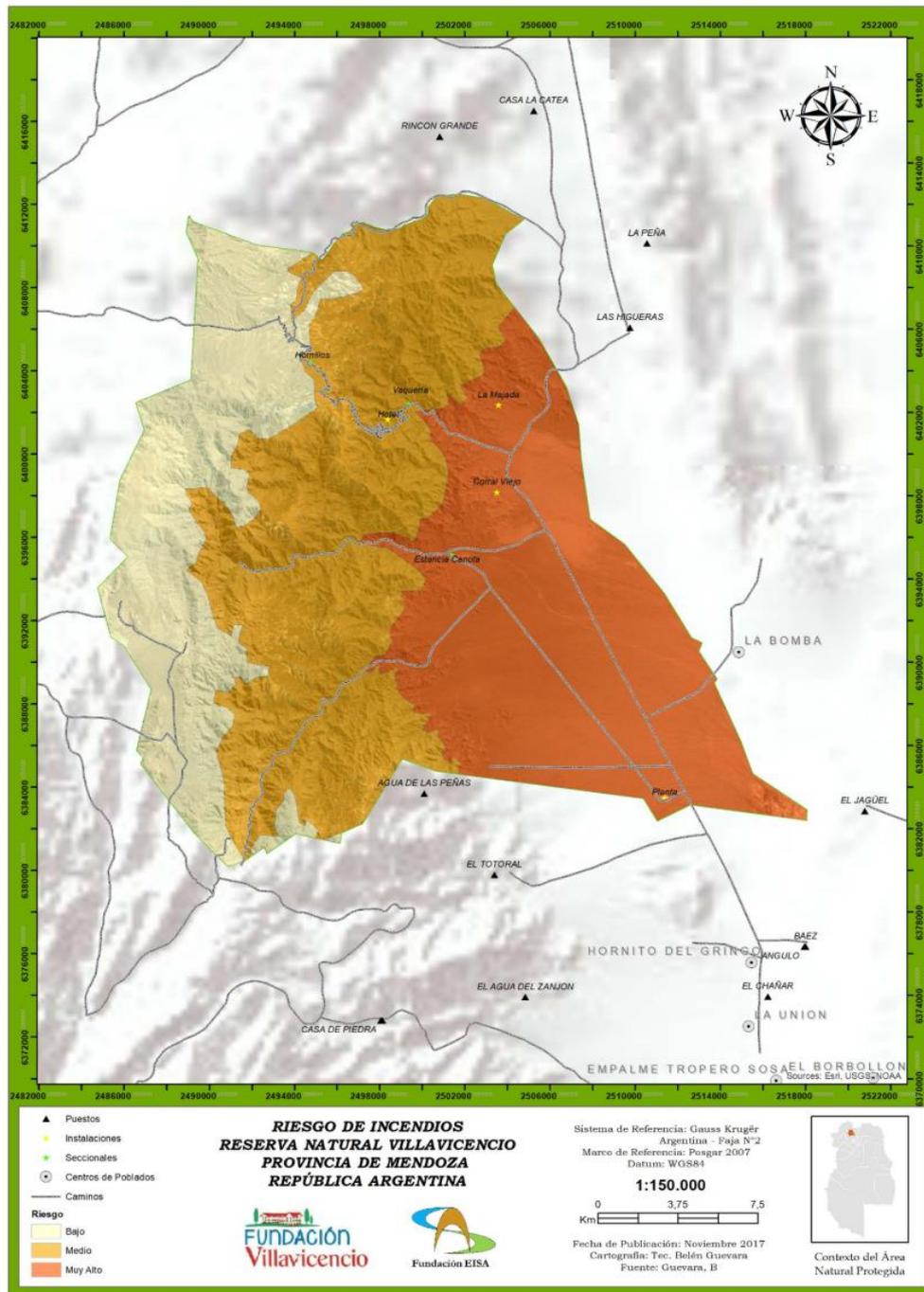


Figura 10: Riesgo de Incendios en la RNV. El color naranja oscuro señala el riesgo muy alto, correspondiente al Monte. Con color naranja claro el riesgo medio, coincidente con el Cardonal. Y, con amarillo, el riesgo Bajo de incendios que coincide con la provincia biogeográfica de la Puna.
 Fuente: Fundación Villavencio (2018a).

3.2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

3.2.1. Definición de clases de vegetación

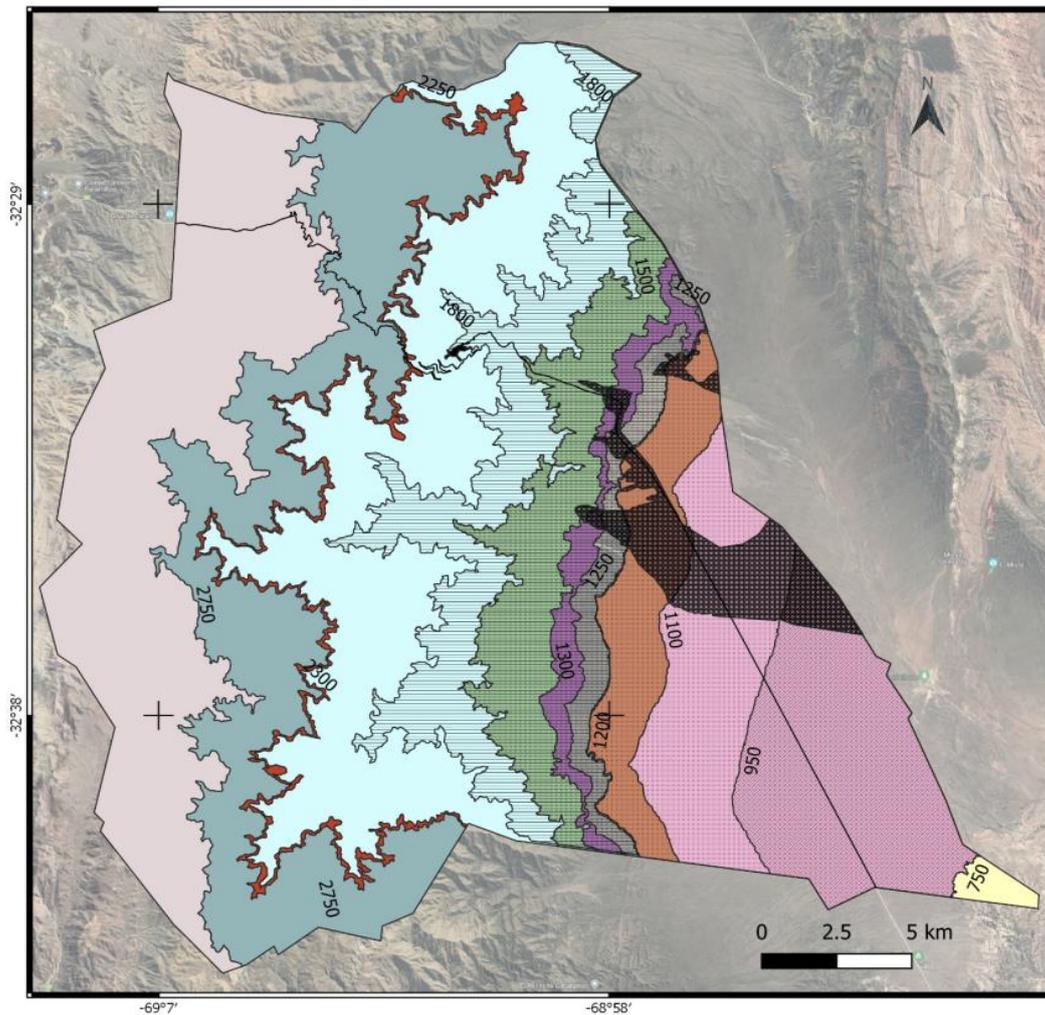
Como se mencionó anteriormente, en los estudios de Ecología de Paisaje a los fragmentos, que constituyen al paisaje, se les asignan clases. En este trabajo las clases se definieron a partir de la vegetación predominante de la RNV. De esta forma, el análisis de la dinámica del paisaje y, por consiguiente, de la fragmentación, se verá reflejado (o no) en el cambio de la vegetación.

Para la definición de estas clases se realizaron dos salidas a campo los días 9 de junio y 28 de octubre del año 2021. En las dos salidas se empleó la aplicación *Mobile Topographer* (<https://mobile-topographer.uptodown.com/android/descargar>), una aplicación de software libre disponible para celulares con sistema operativo Android. La misma permite coleccionar puntos georreferenciados, añadirle una descripción y exportarlos en diferentes formatos (kml, csv, txt, etc.). Mediante esta herramienta se tomaron puntos de referencia de la vegetación de la reserva. En total se lograron diferenciar nueve clases, las cuales mostraron un cambio notable, visualmente, en la vegetación. Del total de clases, dos estuvieron vinculadas a los factores elegidos (rosa mosqueta e incendio) y siete eran de vegetación nativa.

Para poder denominar y corroborar las siete clases de vegetación nativa observadas en campo, se buscaron y analizaron documentos, publicaciones, informes y mapas acerca de la vegetación de la reserva (Ambrosetti et al., 1983; Dalmaso et al., 1999; Fundación Villavicencio, 2018a; Galli, 2020; Martínez-Carretero, 2010, 1995, 1993; Puig et al., 2008; Roig y Martínez-Carretero, 1998; Roig, F. y Roig, V., 1969; Roig, F., 1976). De la bibliografía consultada, se eligió el trabajo de Ambrosetti et al. (1983) como base, ya que define el esquema de vegetación de la zona estableciendo los límites altitudinales para todas las comunidades, siendo fácilmente cartografiable (ver [Anexo 1](#)). A su vez, actualiza el trabajo de Roig, F. y Roig, V. (1969), quienes habían realizado un estudio similar.

Posteriormente se realizó un mapa de estructura de vegetación de la RNV (ver Fig. 11) para que sea más sencilla la interpretación de las unidades vistas en campo. Éste se realizó con la información obtenida del trabajo de Ambrosetti et al. (1983), a la que se le añadió la unidad de algarrobal⁽⁸⁾, definida por Galli (2020), y se le digitalizó la flora exótica que se encuentra en el área del hotel.

⁽⁸⁾ Los bosques de *P. flexuosa* presentes en la reserva son los más altitudinales que se conocen en nuestra provincia y presentan conexión con el bosque en galería que ingresa de San Juan (Roig, 1969; Dalmaso et al., 1999).



ESQUEMA DE LA VEGETACIÓN DE LA RESERVA NATURAL Y SITIO RAMSAR VILLAVICIENCIO



Figura 11: Esquema de la Vegetación de la RNV. Fuente: Elaboración propia, a partir de Ambrosetti et al. (1983) y Galli (2020).

De lo anterior, se desprende la Tabla 2 donde se correlacionan las 7 clases de vegetación nativa observadas a campo con el esquema de vegetación de la RNV y las provincias biogeográficas a las que pertenecen.

Tabla 2: Relación entre las clases de vegetación nativa observadas a campo y el esquema de vegetación de la RNV obtenido de la búsqueda bibliográfica. Fuente: Elaboración propia en base a Ambrosetti et al. (1983).

Provincia biogeográfica	Clases observadas a campo	Vegetación de la RNV
Monte	Clase 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ecotono A (700 a 750 msnm) • Matorral <i>Bulnesia retama</i> (750 a 950 msnm) • Piso de <i>Larrea cuneifolia</i> (750 a 1100 msnm) • Vegetación herbácea rala (750 a 1500 msnm)
	Clase 2	<ul style="list-style-type: none"> • Piso de <i>Larrea cuneifolia</i> (750 a 1100 msnm) • Algarrobal de <i>Prosopis flexuosa</i> • Vegetación herbácea rala (750 a 1500 msnm) • Ecotono B (entre 1100 y 1200 msnm)
	Clase 3	<ul style="list-style-type: none"> • Algarrobal de <i>Prosopis flexuosa</i> • Vegetación herbácea rala (750 a 1500 msnm) • Piso <i>Larrea divaricata</i> (desde 1200 msnm hasta el pie de la precordillera, llegando a 1800 msnm en quebradas y laderas) • Matorral: Facies ricas en <i>Monttea aphylla</i> y <i>Acantholippia seriphioides</i>. Matorrales con predominio de <i>Prosopis flexuosa</i>, <i>Gochnatia glutinosa</i>, <i>Fabiana peckii</i>, <i>Schinus polygamus</i>, etc. Entre 1250 y 1300 msnm. • Ecotono C: jarillal de <i>L. divaricata</i> y comunidades del piso inferior de la vertiente oriental. Entre 1300 y 1500 msnm.
Prepuna o Cardonal	Clase 4	<ul style="list-style-type: none"> • Piso inferior - matorral: Comunidad de <i>Menodora decemfida</i> y <i>Dipyrena glaberrima</i> en solanas y Comunidad de <i>Colliguaja interrima</i> y <i>Verbena scoparia</i> en umbrías. Entre 1500 y 2250 msnm • Flora exótica hotel
	Clase 5	Piso superior - vegetación esteparia: Comunidad de <i>Adesmia uspallatensis</i> y <i>Mulinum spinosum</i> (2250 a 2300 msnm)
	Clase 6	Ecotono D: proximidades de los Hornillos (2300 a 2750 msnm)
Puna	Clase 7	Estepa gramínea baja, piso de los Paramillos.

Una vez definidas las comunidades presentes en las clases de vegetación nativa relevadas a campo y establecida la provincia biogeográfica a la que pertenecen, se procedió a nombrar cada una de ellas. Para estandarizar la nomenclatura se analizó la "Propuesta de leyendas de cobertura de la tierra (land cover)", realizada por Rubio et al. (2020) (ver Tabla 3). La nomenclatura empleada es una propuesta del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (ONDTyD) que amplifica las leyendas del Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD por sus siglas en inglés) y las clases utilizadas a nivel nacional para evaluar la Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT). En la misma se especifica que cada clase que se designe dominante debe representar en un 50% o más el elemento a etiquetar (es decir, debe ocupar al menos el 50% de la unidad de mapeo).

Tabla 3: Propuesta Leyendas de Cobertura de la tierra. Fuente: Rubio et al. (2020).

CLASES UNCCD	CLASES NDT Argentina	Clase Cobertura de la Tierra - ONDTyD	
ÁREAS CON COBERTURA ARBÓREA	BOSQUE NATIVO (cobertura arbórea mínima del 20%, una altura mínima de árboles de 3m, incluye palmares)	Bosque	cerrado (>65%)
			abierto (20-65%)
		Bosque fluvial	--
		Palmar (>20% de cobertura)	cerrado (>65%)
		abierto (20-65%)	
	BOSQUE IMPLANTADO	Plantación forestal	macizo
		cortina	
PASTIZALES	ARBUSTALES/MATORRALES	Arbustal	cerrado (>65%) abierto (20-65%) ralo (< 20%)
		Matorral	
	PASTIZALES	Pastizal natural	--
		Estepa	herbácea (100%)
			arbustiva (predominio de herbáceas con arbustos hasta 20%)
Pastizal con árboles dispersos (<20% de cobertura arbórea o palmeras)	--		
TIERRAS DE CULTIVO	CULTIVOS	Cultivo	transitorio (tipo de cultivo anual)
			permanente (vides, olivos, frutales, ...)
AREAS ARTIFICIALES	AREAS ARTIFICIALES	Área urbana/Infraestructura (infraestructura de transporte, industrias, aeropuertos)	--
		Área artificial rural (puestos ganaderos, poblaciones rurales, caminos rurales)	--
HUMEDALES	HUMEDALES	Estero/Bañado	--
		Mallín/Vega	--
		Marino/Costero	--
		Turbera	--
CUERPOS DE AGUA	CURSO/ CUERPO DE AGUA	Curso de agua natural	temporario/permanente
		Curso de agua artificial	
		Cuerpo de agua natural	
		Cuerpo de agua artificial	

OTRAS TIERRAS	OTRAS TIERRAS	Afloramiento rocoso	--
		Dunas	
		Médanos	--
		Nieve/Hielo (glaciares/nieves eternas)	--
		Salar/Salina	--
		Suelo desnudo (peladales/badlands/cubierta vegetal menor al 5%)	--

Dentro de esta clasificación, las clases presentes en la RNV (para la escala de trabajo) son arbustales / matorrales y pastizales. Para Rubio et al. (2020), estas clases se definen como:

- “Arbustal: Áreas ocupadas por formaciones con predominio de arbustos con una cobertura igual o mayor al 20%, que pueden presentar un estrato inferior herbáceo.
- Matorral: Áreas ocupadas por formaciones con predominio de arbustos que pueden presentar algunos árboles dispersos (menor a 20%) y/o un estrato inferior herbáceo.
- Pastizales: Formación dominada por gramíneas ubicada en llanuras y zonas serranas o montañosas.
 - Pastizal natural: Formación dominada por herbáceas ubicada en zonas llanas o en zonas montañas generalmente entre 1.600 y 3.000 m.s.n.m.
 - Estepa: Conjunto de vegetación xerófila baja discontinua con predominio de herbáceas, de densidad y fisonomía variadas, donde se entremezclan arbustos y herbáceas.
 - Herbácea: presenta un 100% de especies herbáceas.
 - Arbustiva: puede presentar hasta un 20% de cobertura arbustiva.
 - Pastizal con árboles dispersos: Áreas donde domina el estrato herbáceo que pueden presentar algunos árboles o palmeras dispersos, con una cobertura menor al 20%”⁽⁹⁾.

De acuerdo a esta clasificación, a lo anteriormente mencionado y a los comentarios realizados por Gonnet J. (comunicación personal, 2022), la clasificación de las unidades de vegetación de la RNV se muestra en la Tabla 4. Para ver un registro fotográfico de cada una de las clases se recomienda ver el [Anexo 2](#).

⁽⁹⁾ Por sugerencia de Gonnet, doctor en Ciencias Biológicas y especialista en ecosistemas andinos (comunicación personal, 2022), a esta clasificación se le añadió dentro de la clase “Estepa” la cobertura de tierra “Estepa subarbustiva”. Según Gonnet, ésta abarca comunidades dominadas por plantas leñosas, pero con una altura menor a 1 m. Predominante, generalmente, por encima del Monte.

Tabla 4: Clases de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Provincia biogeográfica predominante	Clases de vegetación relevadas a campo		Denominación de clases según Rubio et al. (2020) modificado	ID
Monte	Clases de vegetación nativa	Clase 1	Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1
		Clase 2	Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2
		Clase 3	Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3
Cardonal		Clase 4	Estepa arbustiva piso inferior	4
		Clase 5	Estepa subarbustiva piso superior	5
		Clase 6	Estepa subarbustiva ecotono	6
Puna		Clase 7	Pastizal natural de altura	7
Monte	Clases modificadoras del paisaje	Incendio (presente en las clases 2 y 3)	Estepa arbustiva post-incendio	8
Puna		Rosa mosqueta (presente principalmente en la clase 4)	Matorral cerrado de rosa mosqueta	9

3.2.2. Adquisición de imágenes satelitales

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) ofrece, a través de la página EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), el catálogo más amplio de observaciones de la Tierra a nivel global desde los años 70 (Fundación Villavicencio, 2020). En esta plataforma se encuentran disponibles, de forma gratuita, imágenes de satélites de misiones como Landsat de USGS-NASA y Sentinel de código abierto. Para este trabajo se eligió emplear imágenes Landsat, debido a que esta misión posee imágenes desde 1972, lo cual permite trabajar en el período propuesto (en contraposición, la primera misión Sentinel se lanza recién en 2014) (Bonilla-Vilatuña y Taípe-Quispe, 2021). Además, la resolución espacial, de 30 metros, y temporal, de 16 días, de las imágenes Landsat (Fundación Villavicencio, 2020) son adecuadas para los objetivos planteados.

Se seleccionaron cuatro imágenes satelitales Landsat 5 y 8, para la época estival, de los años 2000, 2005, 2014 y 2020. Se eligió la época estival ya que es la época de mayor expresión de la vegetación (Fundación Villavicencio, 2018a). El año 2000 se seleccionó debido a que es el año de creación de la reserva, de esta forma se establece una línea de base que muestra las condiciones en las que se encontraba la reserva antes de ser un área natural protegida. El año 2020 se seleccionó para poder observar las modificaciones en la dinámica del paisaje durante dos décadas de funcionamiento de la RNV, a su vez que, la selección de este año en época estival permite comparar los resultados con el informe de rosa mosqueta llevado a cabo por la Fundación Villavicencio (2020); ya que el mismo incluía hasta el año 2019 inclusive, empleando una imagen satelital de marzo del 2020. Los años 2005 y 2014 se determinaron teniendo en cuenta el registro de incendios de la RNV (Fundación Villavicencio, 2015), abarcando cuatro incendios en el 2005 y cinco en el 2014, además se tuvo en cuenta la calidad de las imágenes Landsat y de las imágenes históricas de Google Earth Pro para su posterior análisis. Para todas las imágenes se buscó que tuvieran una cobertura de nubes

menor al 40%. Por último, de cada imagen se utilizaron las bandas: azul, verde, rojo e infrarrojo cercano (IRC) (ver Tabla 5).

Tabla 5: Fechas y bandas espectrales utilizadas de Landsat 5 y 8. Fuente: Elaboración propia en base a Fundación Villavicencio (2020).

Fecha	Satélite	Banda	Región del Espectro
29 de febrero del 2000	Landsat 5	B1	Azul
26 de febrero del 2005		B2	Verde
		B3	Rojo
		B4	IRC
02 de enero del 2014	Landsat 8	B2	Azul
23 de marzo del 2020		B3	Verde
		B4	Rojo
		B5	IRC

Además, se descargó un Modelo Digital de Elevaciones (MDE o DEM por sus siglas en inglés) de 12,5 m de resolución. Se obtuvo de la página de Alaska Satellite Facility (ASF) (<https://search.asf.alaska.edu/#/>), quienes distribuyen el paquete MDE del satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) (Meza, 2020). El MDE es la representación, generalmente en formato ráster, de la variación continua del relieve en el espacio (Olaya, 2014). Su inclusión en este trabajo tiene relevancia debido a que la vegetación en Villavicencio se ubica y cambia a lo largo del gradiente altitudinal de la reserva (Fundación Villavicencio, 2018a).

3.2.3. Procesamiento de imágenes satelitales

Luego de la descarga de imágenes se procedió a generar índices de vegetación. Se calcularon dos índices en este trabajo: el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y el SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo). Ambos son los índices más comunes utilizados en monitoreos de la vegetación (Arboit y Maglione, 2018; Bandeira y Cruz, 2021; Teixeira-Rodrigues et al., 2022).

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) permite identificar la vegetación de otras superficies. Es un indicador numérico que puede tomar valores desde el -1 al +1. Valores altos se relacionan con áreas que reflejan más el espectro del infrarrojo cercano, lo que revela alta actividad fotosintética de la cubierta vegetal (vegetación más densa y saludable). Valores bajos indican situaciones de escasa o nula cubierta vegetal y baja actividad fotosintética. Y, valores negativos corresponden principalmente a nubes, agua y nieve (Arboit y Maglione, 2018; D'Amario et al., 2020). Se calculó de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{(IRC - R)}{(IRC + R)}$$

Donde

IRC= Infrarrojo cercano

R= Rojo

Fuente: Rouse et al. (1974)

El Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) se utiliza para zonas áridas donde la cobertura vegetativa es baja. El SAVI corrige al NDVI a través de un factor de corrección de luminosidad del suelo (L), que varía entre 0 y 1. Generalmente se utiliza el valor de 0,5 ya que éste permite el ajuste a todo tipo de cobertura (Arboit y Maglione, 2018; D'Amario et al., 2020). Se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$SAVI = \frac{(IRC - R)}{(IRC + R + L)} \times (1 + L)$$

Donde

IRC= Infrarrojo cercano

R= Rojo

L= factor de corrección

Fuente: Huete (1988)

3.2.4. Clasificación supervisada

3.2.4.1. Entrenamiento

En esta etapa se crearon 253 polígonos de entrenamiento (ver [Anexo 3](#)) para las 9 clases anteriormente definidas. Para digitalizarlos se utilizaron los puntos de referencia tomados en las dos salidas a campo. Se empleó el software libre y de código abierto QGIS versión 3.10.8 (<https://qgis.org/es/site/>) y la aplicación Google Earth Pro.

En primer lugar, se realizaron los polígonos de entrenamiento para el año 2020. Luego, como no se contaba con muestras de los años anteriores (2000, 2005 y 2014), se compararon los polígonos de entrenamiento con las imágenes de Google Earth históricas para digitalizar los polígonos de estos años, tal como se realizó en Comisso (2022). Se corroboró principalmente los cambios existentes en los polígonos de la clase “Matorral cerrado de Rosa Mosqueta” y la clase “Estepa Arbustiva post-incendio”. Posteriormente, se dividieron los polígonos de entrenamiento de los 4 años, en polígonos utilizados para la clasificación (el 70% del total) y en polígonos de validación (el 30% restante) (Del Barrio et al., 2020).

3.2.4.2. Asignación

Como se mencionó anteriormente existen varios clasificadores. Los que actualmente se emplean para investigaciones similares son los clasificadores “Support Vector Machine” (SVM) o “Random Forest” (RFs) (Baghdadi et al., 2018). En este trabajo se utilizó el clasificador SVM, con el cual se obtuvieron mejores resultados.

En total se utilizaron siete imágenes para la clasificación: las 4 bandas de las imágenes satelitales Landsat (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano); los índices de vegetación, NDVI y SAVI; y el DEM para cada uno de los 4 años estudiados. Tanto en la fase de asignación como en la de evaluación se usó el software libre SAGA GIS versión 7.9.1. (<https://saga-gis.org>). Las imágenes que no tenían la misma extensión se corrigieron mediante la herramienta *resampling* de SAGA GIS y se consideró que todas estuvieran en el mismo sistema de referencia de coordenadas (EPSG:32719).

3.2.4.3. Evaluación

En esta fase se evaluó la capacidad predictiva de las clasificaciones realizadas (Del Barrio et al., 2020). Se realizó a partir de los polígonos de validación mencionados anteriormente. Las clasificaciones obtenidas (para los años 2000, 2005, 2014 y 2020) se evaluaron cuantitativamente a través de una matriz de confusión (Pineda-Bedón y Jaramillo-Cuaycal, 2022), calculada por medio del software SAGA GIS. Cada clase se evaluó a través de la exactitud de usuario y del productor y la clasificación de cada año a través de la exactitud global y del coeficiente Kappa (Del Barrio et al., 2020). Se trató de conseguir que todas las exactitudes estuviesen por encima del 80% y que el índice Kappa se encontrara entre los valores 0,81 a 1 (ver [Anexo 4](#)), lo que representa una fuerza de concordancia casi perfecta (Landis & Koch, 1977). Además, se realizó una evaluación cualitativa a través del análisis visual del área de estudio con la aplicación Google Earth Pro (Fundación Villavicencio, 2020).

3.2.5. Cálculo de métricas del paisaje

Se calcularon métricas a nivel de clase y de paisaje. Las mismas fueron elegidas de acuerdo a la extensión y resolución de las imágenes satelitales y a la hipótesis y objetivos planteados en este trabajo (Baghdadi et al., 2018; Comisso, 2022; Matteucci, 1998). Además, se consideraron las consecuencias del cambio del paisaje ocasionadas por la fragmentación descritas por Santos y Tellería (2006).

Para la obtención de las métricas se utilizó el software Fragstats versión 4.2. (<https://fragstats.software.informer.com/4.2/>). Este es un programa de análisis de patrones espaciales diseñado para cuantificar la estructura (composición y configuración) de los paisajes (McGarigal, 2012). Aunque existen otros programas y complementos que pueden emplearse para el mismo fin, el programa Fragstats es el más utilizado en estudios de Ecología del Paisaje en la actualidad (Alonso-F. et al., 2017; Correa-Ayram et al., 2014; Lamine et al., 2018; Narmada et al., 2021; Rijal et al., 2016; Simoniello et al., 2006).

En total se calcularon ocho métricas, dos a nivel de paisaje y seis a nivel de clase. A nivel de paisaje se calcularon: Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) e Índice de Contagio (CONTAG). Mientras que a nivel de clase se calcularon: Área Total (CA/TA), Porcentaje del Paisaje (PLAND), Número de Parches (NP), Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN), Índice de Forma (SHAPE_MN) y Distancia al Vecino Más Cercano (ENN_MN).

Posteriormente, se calculó el cambio relativo de las métricas: CA/TA, NP, AREA_MN, SHAPE_MN y ENN_MN, para los períodos: 2000-2005, 2005-2014 y 2014-2020. Esto permitió interpretar de mejor manera los resultados. La fórmula que se usó para este cálculo fue la siguiente:

$$\text{Cambios relativos} = \frac{\text{Valor métrica año}_2 - \text{Valor métrica año}_1}{\text{Valor métrica año}_1} \times 100$$

3.2.5.1. Métricas a Nivel de Paisaje

Índice de Diversidad de Simpson (SIDI): es la probabilidad de que dos píxeles seleccionados al azar estén ubicados en parches de diferentes clases. Varía entre 0 y 1. Es igual a cero cuando no hay diversidad, es decir el paisaje está conformado por solo un parche y se aproxima a uno cuando aumenta el Número de Parches de diferentes clases y la distribución proporcional del área entre los diferentes parches de las distintas clases se vuelve más equitativa (Mas y Correa-Sandoval, 2000; McGarigal, 2012).

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$$

Donde

P_i = proporción del paisaje ocupada por la clase i.

Fuente: McGarigal (2012)

Índice de Contagio (CONTAG): este índice calcula el grado total de agrupamiento del paisaje (Badii y Landeros, 2007). Se calcula como el contagio observado dividido por el máximo contagio posible para el número dado de clases (McGarigal, 2012). Se expresa en porcentaje. El Índice de Contagio toma el valor mínimo (cero) cuando la desagregación y la intercalación es máxima, es decir, cada píxel es una clase diferente y todos los tipos de contacto están en igual proporción. Y toma el valor máximo (100) cuando la agregación es máxima y la intercalación es mínima, en otras palabras, cada clase está representada por un solo parche grande (Matteucci, 2004).

$$CONTAG = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[P_i \times \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right] \times \left[\ln \left(P_i \times \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right]}{3 \ln(m)} \right] \times 100$$

Donde

P_i = proporción del paisaje ocupada por la clase i

g_{ik} = número de adyacencias (uniones) entre píxeles de la misma clase i y k según el método de conteo doble

m = número de clases presentes en el paisaje, incluyendo el borde del paisaje si estuviese presente.

Fuente: McGarigal (2012)

3.2.5.2. Métricas a Nivel de Clase

Área Total (de la Clase) (CA/TA) es una medida de composición del paisaje. Es igual a la suma de las áreas (en m^2) de todos los parches⁽¹⁰⁾ de la clase correspondiente, dividido por 10.000 (para convertir a hectáreas). Es decir, es el área total, medida en hectáreas, de la clase (McGarigal, 2012).

$$CA/TA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Donde

a_{ij} = área (m^2) del parche ij

Fuente: McGarigal (2012)

Porcentaje del Paisaje (PLAND): es el porcentaje ocupado por un tipo de clase en el total del paisaje (Correa-Ayram et al., 2014). Se calcula como la suma de las áreas (en m^2) de todos los parches de la clase correspondiente, dividida por el área total del paisaje (en m^2), multiplicado por 100 (para convertir a porcentaje) (McGarigal, 2012).

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$$

Donde

P_i = proporción ocupada por cada clase i

a_{ij} = área (m^2) de cada parche ij

A = área total del paisaje (m^2)

Fuente: McGarigal (2012)

Número de Parches (NP): es el número de parches que corresponden a cada clase (McGarigal, 2012). Es una de las métricas más sencillas y puede orientar acerca de la fragmentación. Un incremento en el NP estaría asociado a una mayor dispersión de la clase y una disminución a una mayor agregación. Debe verse conjuntamente con el AREA_MN (Benavente, 2010).

$$NP = n_i$$

Donde

n_i = número de parches en el paisaje de la clase i

Fuente: McGarigal (2012)

⁽¹⁰⁾ En Fragstats los parches de cada clase pueden definirse mediante la regla de 8 vecinos o por la regla de 4 vecinos. En este trabajo se decidió utilizar la regla de 8. Es decir, si un píxel central de una determinada categoría, está rodeado en sus cuatro diagonales, sus dos costados, encima y debajo por píxeles que pertenecen a la misma clase, todos ellos (que serían 9 píxeles en total) forman un solo parche (McGarigal, 2012).

Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN): equivale a la media del área (en m²) de cada parche de la clase correspondiente, dividida por 10.000 (para convertir en hectáreas) (McGarigal, 2012). Junto con el Número de Parches, aporta información sobre la fragmentación de la clase. Un aumento del NP junto a una disminución del AREA_MN revela un incremento de la fragmentación (Benavente, 2010).

$$AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Donde

a_{ij} = área (m²) del parche ij

Fuente: McGarigal (2012)

Índice de Forma (SHAPE_MN): este índice aporta información sobre la media de la complejidad geométrica de los parches de una clase. El Índice de Forma, de cada parche, se calcula como el perímetro del parche y el perímetro que tendría el fragmento más simple de la misma área (Benavente, 2010). Toma valores iguales o mayores a 1. Que su valor sea igual a uno significa que el parche es totalmente cuadrado y va aumentando a medida que la forma del parche se vuelve más irregular (McGarigal, 2012)

$$SHAPE = \frac{0,25 \times p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$$

Donde

p_{ij} = perímetro (m) del parche ij

a_{ij} = área (m²) del parche ij

Fuente: McGarigal (2012)

Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN): es la medida para cada clase de la distancia media más corta de un parche a otro de la misma clase, aportando información sobre el grado de aislamiento de los distintos fragmentos (Benavente, 2010). Se expresa en metros, tomando valores mayores a cero. La distancia mínima está limitada por el tamaño de la celda, siendo igual al doble del tamaño de la celda cuando se usa la regla de parche de 8 vecinos (McGarigal, 2012). En este trabajo la distancia mínima toma un valor de 60 m. Un aumento en la distancia, junto a un incremento del NP y una disminución del AREA_MN, indicarían una mayor fragmentación (Benavente, 2010; Santos y Tellería, 2006).

$$ENN = h_{ij}$$

Donde

h_{ij} = distancia (m) desde el parche ij hasta el parche vecino más cercano de la misma clase, calculada desde el centro de la celda hasta el centro de la otra celda.

Fuente: McGarigal (2012)

A continuación, en la Tabla 6, se presenta un resumen de las métricas que fueron calculadas a nivel de clase y los cambios que deberían observarse, en el período estudiado, si existiera fragmentación.

Tabla 6: Relación entre métricas a nivel de clase y fragmentación del paisaje. Fuente: Elaboración propia en base a Santos y Tellería (2006).

Métricas a Nivel de Clase	Abreviatura	Cambio que debería observarse si hay fragmentación
Área Total	CA/TA	Aumento del área de las clases “matorral cerrado de rosa mosqueta” y “estepa arbustiva post-incendio” disminución del área de las clases de vegetación nativa.
Porcentaje del Paisaje	PLAND	Debería observarse lo mismo que para el área total, pero en porcentajes.
Número de Parches	NP	Aumento del NP de las clases de vegetación nativa.
Tamaño Medio de los Parches	AREA_MN	Disminución del AREA_MN de las clases de vegetación nativa.
Índice de Forma	SHAPE_MN	Aumento del SHAPE_MN en las clases de vegetación nativa.
Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano	ENN_MN	Aumento de la ENN_MN de las clases de vegetación nativa.

3.2.6. Dinámica del paisaje por provincias biogeográficas

Luego de realizar la clasificación de la reserva para los cuatro años seleccionados y de calcular las métricas de paisaje, se procedió a realizar un análisis por provincias biogeográficas. Para ello se recortaron las clasificaciones realizadas en QGIS y se calcularon nuevamente las mismas métricas en Fragstats. Esto se realizó para poder observar con más detalle el efecto de los factores: incendio y rosa mosqueta sobre cada región de la reserva, siendo útil esta información para el posterior manejo del área.

En el Monte (considerado hasta los 1500 msnm), se evaluó principalmente el factor incendio, ya que en esta provincia biogeográfica es dónde ocurren mayormente dichos episodios (Chiaradia, 2021; Fundación Villavicencio, 2017). Para ello se lo dividió en dos zonas: *Monte Este* y *Monte Oeste*, división que se hizo a partir de la Ruta Provincial N°52. La ruta es una de las vías de comunicación más antiguas de la provincia (Bárcena et al., 2020) y actualmente, es el acceso más común a la reserva (Dalmasso et al., 1999). Se la eligió como delimitadora de las dos zonas del Monte debido a que funciona como cortafuego en los episodios de incendios.

El Cardonal (desde los 1500 a 2750 msnm), por su parte, se dividió en tres: *Cardonal Norte*, *Cardonal Centro* y *Cardonal Sur*. Este corte se realizó teniendo en cuenta los estratos definidos en el trabajo realizado por Fundación Villavicencio (2020). El Cardonal Norte corresponde al estrato de muestreo de densidad alta de rosa mosqueta del trabajo de Fundación Villavicencio (2020), ubicado al norte de la Ruta Provincial N°52. El Cardonal Centro corresponde al estrato de densidad media, ubicado entre el cauce “Agua Grande” y la Ruta provincial N°52. Y el Cardonal Sur se asocia con el estrato de densidad baja de rosa mosqueta, ubicado al sur del cauce “Agua Grande”. El objetivo de esta división fue analizar con más detalle el efecto de la invasión de rosa mosqueta sobre el paisaje y verificar que se cumpla el patrón de densidad observado en el trabajo del 2020.

Por último, para la Puna no se realizó ninguna división, debido a que no hay un factor modificador del paisaje predominante en esta provincia biogeográfica. Por lo tanto, se analizaron las métricas de paisaje para todo el polígono definido como Puna en este trabajo (a partir de los 2750 msnm).

3.2.7. Análisis estadístico

Con el objetivo de probar diferencias significativas en la estructura del paisaje entre las distintas zonas, causadas por los factores modificadores del paisaje (incendio en el Monte e invasión de rosa mosqueta en el Cardonal), se extrajeron 30 muestras (puntos) de cada zona, ubicadas aleatoriamente y separadas, como mínimo, 70 m entre ellas. A cada punto se le asignó la clase en la que se ubicaban para la clasificación supervisada del año 2020. Además, se realizaron buffers (circulares) de 60 m de radio a cada uno de estos puntos, los cuales fueron empleados, posteriormente, para recortar la clasificación del año analizado.

Como resultado se obtuvieron 30 capas para cada una de las zonas del Monte y del Cardonal para el año 2020. A cada una de estas imágenes se les calcularon las métricas: CONTAG, SIDI, NP, AREA_MN y SHAPE_MN con el programa *Fragstats*. Las métricas CA y PLAND⁽¹¹⁾ no se analizaron en esta instancia dado que la clase a la que pertenece el buffer se vio reflejada en la ubicación del punto aleatorio original. La métrica ENN_MN tampoco se calculó ya que la mayoría de las clases ocupaban solo un parche dentro del buffer, por lo que calcular la Distancia Media entre Parches de igual clase en cada uno de los buffers era irrelevante.

Las métricas a nivel de paisaje (CONTAG y SIDI) se colocaron con el mismo valor que se obtuvo del programa *Fragstats*. Las métricas a nivel de clase se trabajaron para que tuvieran un solo valor por muestra, tal cual como se necesita, luego, para el análisis estadístico. El Número de Parches (NP) fue el resultado de la suma de todos los números de parches para las clases presentes en el buffer (1). El Área Media del Parche (AREA_MN) se calculó como una media ponderada en relación al peso del Número de Parches de cada clase (2). Y el Índice de Forma (SHAPE_MN) como una media ponderada en relación al porcentaje de ocupación del paisaje de cada una de las clases (3).

$$NP_{buffer} = NP_{clase\ 1} + NP_{clase\ 2} + \dots (1)$$

$$AREA_MN_{buffer} = \frac{NP_{clase\ 1}}{NP_{buffer}} \times AREA_MN_{clase\ 1} + \frac{NP_{clase\ 2}}{NP_{buffer}} \times AREA_MN_{clase\ 2} + \dots (2)$$

$$SHAPE_MN_{buffer} = \frac{PLAND_{clase\ 1}}{100} \times SHAPE_MN_{clase\ 1} + \frac{PLAND_{clase\ 2}}{100} \times SHAPE_MN_{clase\ 2} + \dots (3)$$

Además, se incluyeron por separado métricas vinculadas a los factores modificadores del paisaje. En el Monte fue el NP, el CA y el AREA_MN de la clase vinculada al incendio y en el Cardonal el NP y CA de la rosa mosqueta. El AREA_MN en Cardonal no se evaluó ya que coincidía con el CA, al presentar, en todos los casos, sólo un parche de rosa por buffer analizado. Cuando la muestra no contenía la clase vinculada al incendio o a la rosa, la métrica tomó el valor cero (0). De esta forma, además de observar si existen diferencias en la estructura del paisaje, se analizó si existen diferencias con respecto a los factores incendio en el Monte y rosa mosqueta en el Cardonal.

⁽¹¹⁾ La métrica PLAND si se calculó, pero no fue analizada. Se empleó para obtener el valor del SHAPE_MN_{buffer}. Lo mismo ocurrió para el CA, la cual no se analizó para todas las clases del buffer, pero si se calculó para obtener el valor del CA de incendio y rosa mosqueta.

Posteriormente, se realizó el análisis estadístico para el cual se empleó el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2018). Los datos se ingresaron por provincia biogeográfica, divididas en zonas: 1 y 2 para el Monte Este y Oeste; 1, 2 y 3 para el Cardonal Norte, Centro y Sur respectivamente; cada una con sus 30 muestras. El mismo consistió en un análisis descriptivo y un análisis inferencial.

El análisis descriptivo consistió en el cálculo de estadígrafos de posición y de dispersión, junto a gráficos de caja de las variables medidas. Por su parte, en el análisis inferencial se verificaron los supuestos de homocedasticidad y de normalidad de errores mediante gráficos *Q-Q plot* y a través de la prueba de normalidad Shapiro-Wilks (modificada). Para las variables que cumplieron los supuestos se aplicó Análisis de Varianza y para las que no los cumplieron se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En ambos casos se utilizó un nivel de significancia (α) de 0,05. Las variables respuesta correspondieron a cada una de las métricas del paisaje, en función de las zonas del Monte (2) y del Cardonal (3).

4. RESULTADOS

4.1. DINÁMICA DEL PAISAJE EN LA RNV

4.1.1. Clasificación supervisada

En la Figura 12 se presenta la distribución de las clases de vegetación de la reserva para el año 2020. Por otro lado, en la Figura 13 se observa el cambio de las clases en los cuatro años analizados (2000, 2005, 2014 y 2020). Si se compara el año 2000 versus los demás años, puede detectarse, a simple vista, un aumento de la clase “Estepa arbustiva post - incendio” (color rojo) y de la clase “Matorral cerrado de rosa mosqueta” (color fucsia).

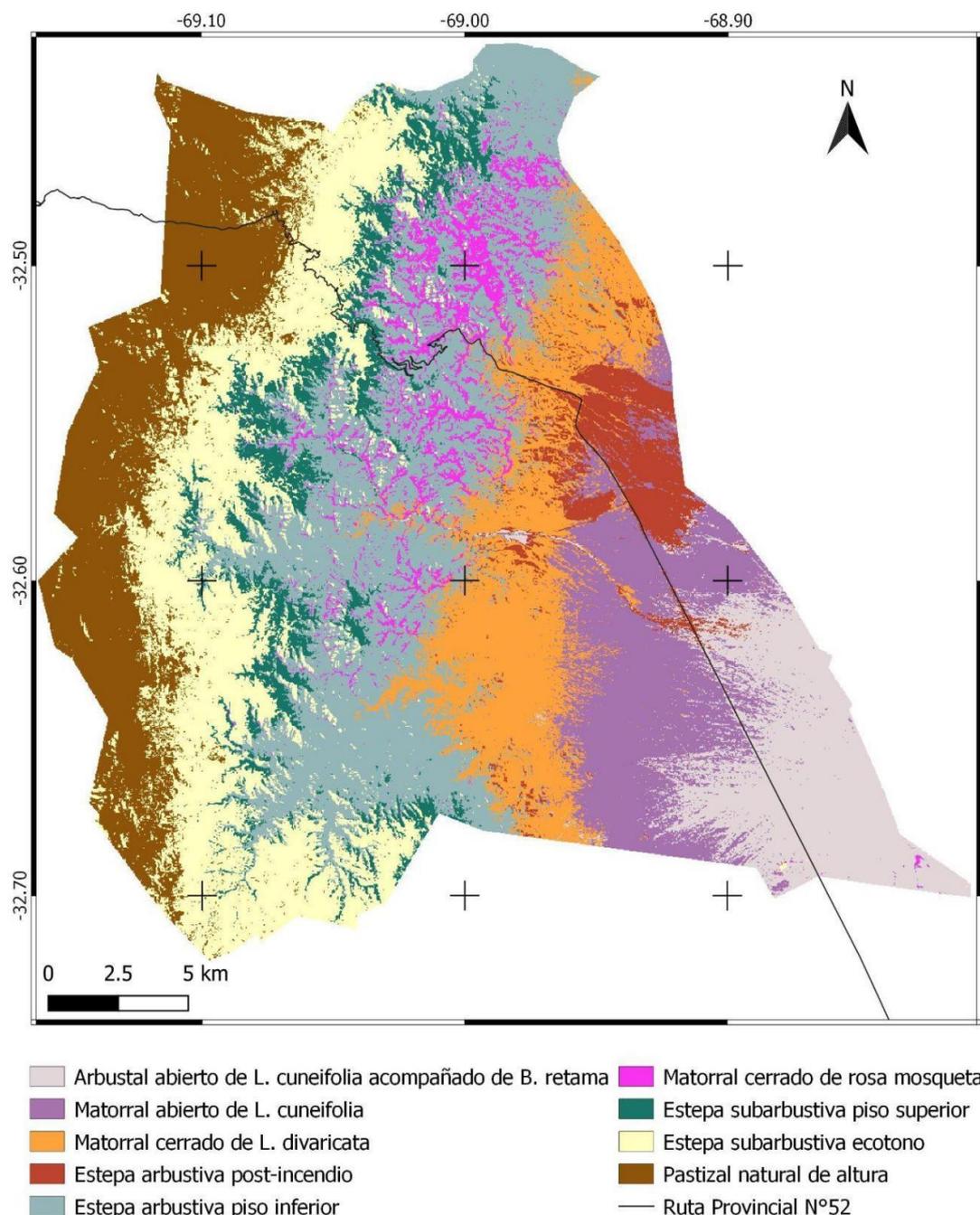


Figura 12: Clases de vegetación de la RNV para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

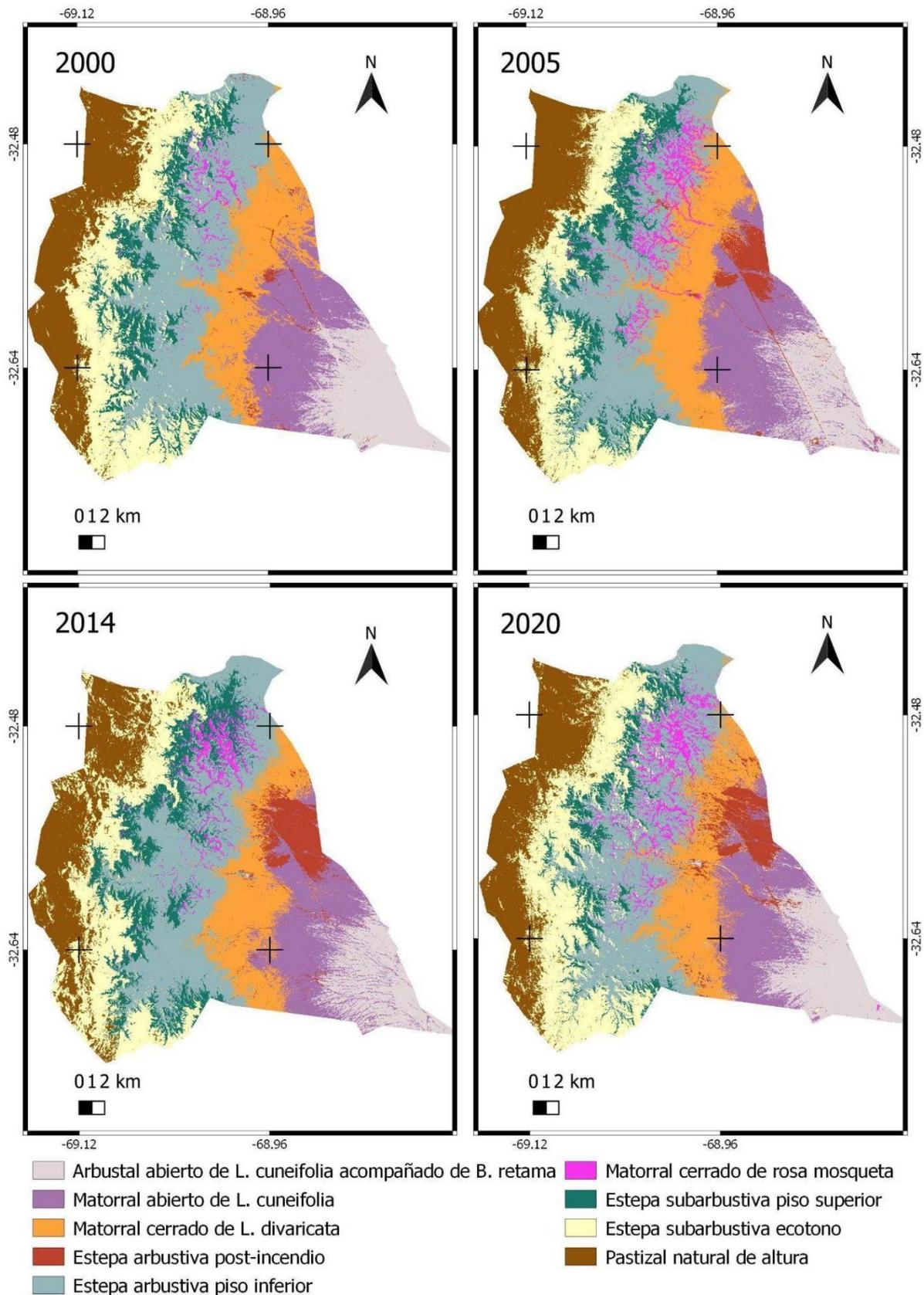


Figura 13: Cambios en las clases de vegetación de la RNV en el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Métricas del paisaje

4.1.2.1. Métricas a nivel de paisaje

Luego de calcular las métricas a nivel de paisaje durante el período 2000-2020 para toda el área de la reserva, se puede observar que tanto el Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) como el Índice de Contagio (CONTAG) no presentan grandes cambios (ver Tabla 7). El mayor cambio para ambos índices ocurre durante el período 2000-2005, donde el SIDI aumenta de 0.85 a 0.86, valor que se mantiene en los años siguientes y el Índice de Contagio disminuye de 46.54% a 41.71%.

Esto puede ser causa de los tres incendios ocurridos en el año 2000 (Fundación Villavicencio, 2015), lo que provoca un aumento de los parches de “Estepa arbustiva post - incendio”, aumentando la diversidad de parches de las distintas clases. Lo que implica, a su vez, un aumento en el Índice de Diversidad de Simpson, e interfiere en el contacto en las clases de vegetación nativa colindantes al incendio, provocando una disminución en el Índice de Contagio.

Tabla 7: Métricas a nivel de paisaje: Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) e Índice de Contagio (CONTAG) para toda el área de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Años	SIDI (proporción)	CONTAG (%)
2000	0.85	46.54
2005	0.86	41.71
2014	0.86	42.08
2020	0.86	41.11

4.1.2.2. Métricas a nivel de clase

La RNV está compuesta por nueve clases, siete de vegetación nativa y dos vinculadas a la rosa mosqueta y al incendio. Aunque los porcentajes de cada una de estas clases han ido variando a lo largo de los años estudiados (ver Tabla 8), la clase “Estepa arbustiva piso inferior” ha sido siempre la que mayor porcentaje ha ocupado, abarcando aproximadamente un 21%. Mientras que, la clase “Estepa arbustiva post-incendio” es la que ha ocupado menor porcentaje, variando desde un 0.7% para el año 2000 a un casi 4% en el año 2020.

Tabla 8: Porcentaje del paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	10.0	7.7	7.5	8.9
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	12.7	13.6	11.2	10.5
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	12.9	14.2	11.4	11.7
Estepa arbustiva piso inferior	4	21.6	19.1	22.9	21.4
Estepa subarbustiva piso superior	5	8.2	8.3	10.2	5.7
Estepa subarbustiva ecotono	6	17.8	15.2	16.6	19.3
Pastizal natural de altura	7	15.1	15.7	14.4	14.6
Estepa arbustiva post-incendio	8	0.7	2.9	4.1	3.9
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	1.0	3.4	2.2	3.9

Por otro lado, en la Tabla 9 se observa la variación del área de las clases relacionadas al incendio y a la invasión de rosa mosqueta a lo largo de los años estudiados. En el 2000 la “Estepa arbustiva post-incendio” ocupaba 448 ha, mientras que en el año 2020 ocupó 2454 ha de la reserva. En tanto que, el “Matorral cerrado de rosa mosqueta” pasó de abarcar 648 ha en 2000 a 2424 ha en el año 2020.

Tabla 9: Áreas totales (en hectáreas) de las clases modificadoras del paisaje en el período 2000-2005 para toda la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Estepa arbustiva post-incendio	448	1791	2577	2454
Matorral cerrado de rosa mosqueta	648	2105	1367	2424

En las siguientes tablas se muestran los cambios relativos de las métricas a nivel de clase, calculadas para toda el área de la RNV. En negrita se marcaron los cambios relativos negativos. Además, al lado de cada clase se colocó el número identificador con el cual deberán reconocerse en los gráficos posteriores. Cabe destacar que en las tablas no se colocaron los cambios relativos de la métrica PLAND (Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase) debido a que se obtiene el mismo resultado que para el cambio relativo del Área Total de cada clase. Para ver los datos de las métricas sin procesar, obtenidos del software *Fragstats*, se recomienda consultar el [Anexo 5](#).

Se observa que en el período 2000-2005 (ver Tabla 10) se produce un notable aumento del Área Total (CA/TA) de las clases modificadoras del paisaje. La clase 9, vinculada al avance de la rosa mosqueta, aumenta en un 225%, mientras que la clase vinculada al incendio (clase 8) aumenta casi en un 300%. También se puede apreciar, para estos años, que en todas las clases aumenta el Número de Parches (NP), donde la clase 3 presenta mayor incremento. Además, las clases de vegetación nativa (1 a 7) disminuyen el Tamaño Medio de sus Parches (AREA_MN), mientras que, las clases modificadoras del paisaje (8 y 9) aumentan su tamaño. Esto podría ser un indicio de fragmentación.

Por otro lado, se observa que cinco de las nueve clases presentan una disminución del Índice de Forma (SHAPE_MN) y en todas disminuye la Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN). Teniendo en cuenta estas métricas no se observarían patrones de fragmentación para el área de la RNV en el período 2000-2005.

Tabla 10: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para toda el área de la reserva, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	-23.0	70.0	-54.7	4.7	-30.8
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	6.8	54.7	-31.0	-1.5	-12.8
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	10.5	454.9	-80.1	-1.9	-24.7
Estepa arbustiva piso inferior	4	-11.8	44.4	-38.9	0.1	-6.6
Estepa subarbustiva piso superior	5	1.5	59.9	-36.5	-6.9	-15.4
Estepa subarbustiva ecotono	6	-14.5	33.1	-35.8	-4.6	-16.1
Pastizal natural de altura	7	4.0	93.0	-46.1	-4.3	-32.1
Estepa arbustiva post-incendio	8	299.5	12.6	254.7	2.3	-9.1
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	225.0	129.7	41.5	1.9	-25.2

Para el período 2005-2014 (ver Tabla 11) se observa que la clase 8, vinculada al incendio, continuó aumentando en un 44%, mientras que a la clase 9, vinculada a la rosa mosqueta, presenta una disminución del 35%. Sin embargo, esa disminución es mucho menor que el aumento apreciado en el período anterior.

Por otro lado, no se evidencian patrones claros de fragmentación en las métricas NP y AREA_MN; tampoco pueden dilucidarse teniendo en cuenta la métrica SHAPE_MN. Sin embargo, sí puede observarse un indicio de fragmentación en la métrica ENN_MN, debido a que la misma aumenta en todas las clases de vegetación nativa y disminuye en la clase 8, vinculada al incendio. Es decir, las clases de vegetación nativa presentan parches más distanciados en este período, mientras que la clase de vegetación posee menor distancia entre sus parches, lo que puede deberse a la continuación en su expansión.

Tabla 11: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para toda el área de la reserva, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	-2.6	-43.3	71.8	1.5	81.1
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	-17.8	21.9	-32.6	3.3	2.0
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	-20.1	-45.1	45.5	-2.0	36.9
Estepa arbustiva piso inferior	4	20.0	-4.0	25.0	2.9	10.1
Estepa subarbusativa piso superior	5	22.8	38.4	-11.3	-2.1	7.2
Estepa subarbusativa ecotono	6	6.4	-2.4	8.9	3.0	9.8
Pastizal natural de altura	7	-8.1	7.4	-14.5	7.5	17.2
Estepa arbustiva post-incendio	8	43.9	50.1	-4.1	0.4	-20.8
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	-35.1	-39.5	7.3	3.4	6.8

Por último, para el período 2014-2020 (ver Tabla 12) se observa que el Área Total (CA/TA) de la clase 9 aumenta en un 77%, mientras que el incendio disminuye en un 4%. La mayoría de los Números de Parches aumentan (NP) a excepción de la clase 2 y 5 que disminuyen en un 21% y 27% respectivamente. A su vez, se observa que el Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN) de casi todas las clases disminuye, a excepción de la clase 2 que aumenta en un 19%. En cuanto a las métricas SHAPE_MN y ENN_MN no se observan patrones claros de aumento o disminución en estos años.

Tabla 12: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para toda el área de la reserva, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	18.6	31.8	-10.1	-3.1	-35.4
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	-6.1	-21.1	19.0	-6.7	16.0
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	3.1	15.0	-10.4	3.6	-15.9
Estepa arbustiva piso inferior	4	-6.5	47.9	-36.8	-5.0	-12.0
Estepa subarbusativa piso superior	5	-43.7	-27.0	-23.0	4.0	3.9
Estepa subarbusativa ecotono	6	19.7	35.8	-11.8	-2.1	-1.1
Pastizal natural de altura	7	1.4	17.9	-14.0	-9.0	0.2
Estepa arbustiva post-incendio	8	-4.8	5.6	-9.8	2.3	-14.7
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	77.4	110.5	-15.7	-5.3	-10.1

En resumen, en la Figura 14 se observa que en la RNV en el período 2000-2020 aumentaron considerablemente las clases 8 y 9, en un 447,43% y en un 274,23% respectivamente, mientras que la mayoría de las clases de vegetación nativa disminuyeron su Área Total, a excepción de la clase 6 que presentó un aumento del 8,81%.

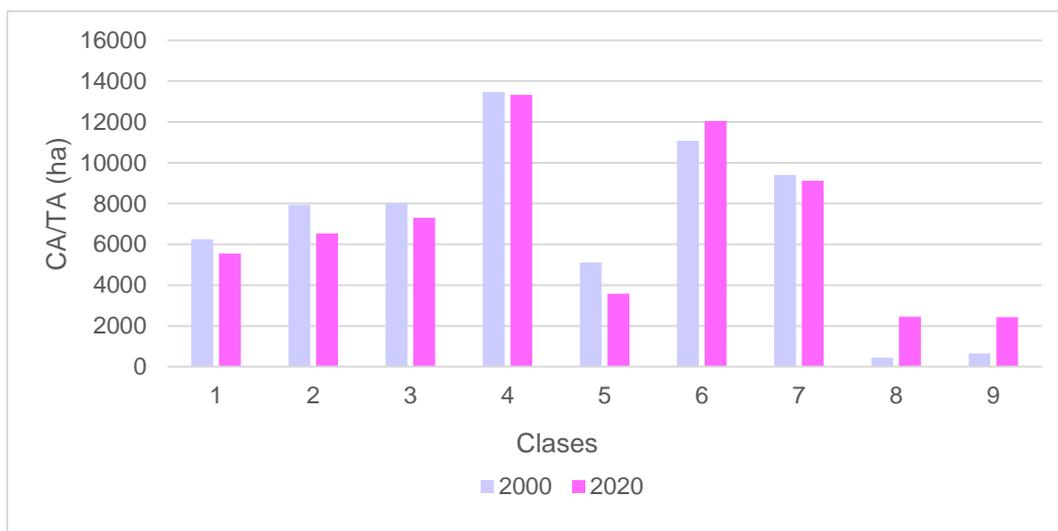


Figura 14: Área Total de cada clase (CA/TA), en hectáreas, para el área total de la RNV en los años 2000 y 2020. Fuente: Elaboración propia.

Por su parte en la Figura 15 se percibe cómo para las clases 1 a 7 (de vegetación nativa) el Número de Parches (NP) aumenta, mientras que el Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN) disminuye. Simultáneamente, las clases 8 y 9, aumentan tanto su NP como el AREA_MN. Esto podría reflejar la existencia de fragmentación en el área.



Figura 15: Número de Parches (NP) y Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN) de las clases analizadas para toda el área de la RNV en los años 2000 y 2020. Fuente: Elaboración propia.

Por lo contrario, en la Figura 16 no se observa un patrón claro de fragmentación de la reserva. El cual debería verse reflejado en un aumento del Índice de Forma Medio de los parches (SHAPE_MN) en las clases de vegetación nativa, lo que correspondería a una forma más irregular de los parches en el año 2020 que en el 2000. Además, debería observarse un aumento de la ENN_MN en las clases 1 a 7, sumado a una disminución de la misma métrica para las clases 8 y 9.



Figura 16: Índice de Forma Medio (SHAPE_MN) y Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN) para las clases. Fuente: Elaboración propia.

4.2. DINÁMICA DEL PAISAJE DEL MONTE DE LA RNV

4.2.1. Clasificación supervisada

Como se mencionó en la parte metodológica, luego de estudiar la dinámica del paisaje del área total de la reserva, se continuó analizando la dinámica del paisaje por provincia biogeográfica. Tal como se observa en la Figura 17, el Monte se dividió en dos zonas: Monte Este, ubicado al este de la ruta provincial N°52, y Monte Oeste, ubicado al oeste de la ruta provincial N°52.

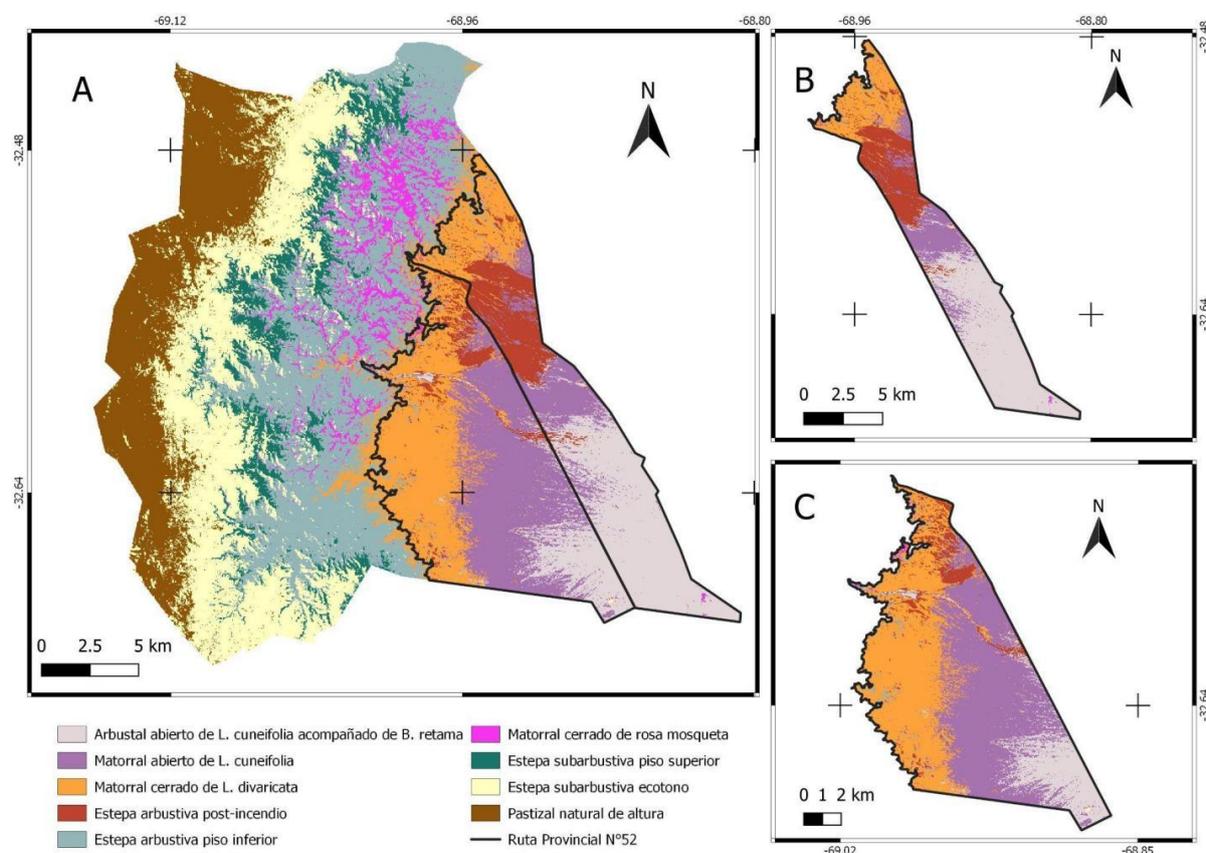


Figura 17: **A)** Clases de vegetación de la RNV para el año 2020. En negro se delimita la región del Monte (límite: 1500 msnm) y la Ruta Provincial N°52. **B)** Clasificación del año 2020 para la región del Monte al este de la ruta provincial. **C)** Clasificación del año 2020 para la región del Monte al oeste de la ruta provincial. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se observan los cambios del paisaje en los años seleccionados para el Monte Este de la reserva y en la Figura 19 se observan los cambios del paisaje en el período 2000-2020 para el Monte Oeste. A simple vista, al comparar los mapas del año 2000 versus los demás años, puede verse cómo en ambas zonas aumenta la clase “Estepa arbustiva post-incendio” (color rojo). Además, se percibe que el Monte Este presenta mayor cobertura de esta clase que el Monte Oeste. Esto puede deberse a que la ruta funciona como picada cortafuego e impidió que el incendio continuara al lado oeste de la misma.

Por otro lado, si se analizan las diferentes clases en ambas zonas, también se observan diferencias. En el Monte Este predominan la clase 1 y 2, color rosa pálido y violeta (ver Fig. 18), mientras que en el Monte Oeste predominan las clases 2 y 3, color violeta y naranja (ver Fig. 19). Esto podría deberse a que el lado Oeste posee mayor humedad del suelo que el lado Este, lo cual se aprecia en campo al observar la expresión vegetativa y altitud de las plantas a un lado y otro de la ruta provincial.

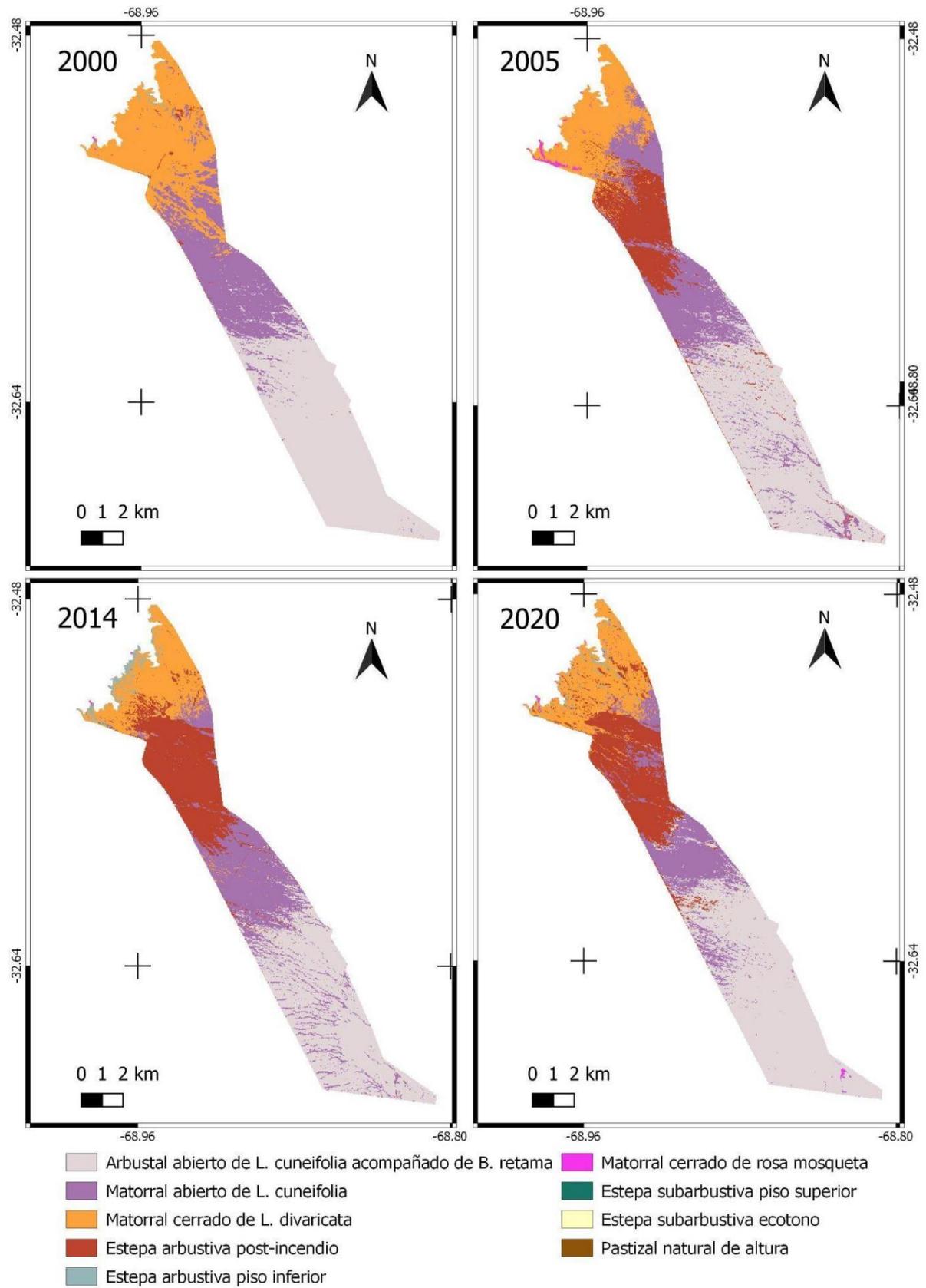


Figura 18: Cambios en las clases de vegetación en la zona este del Monte de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.

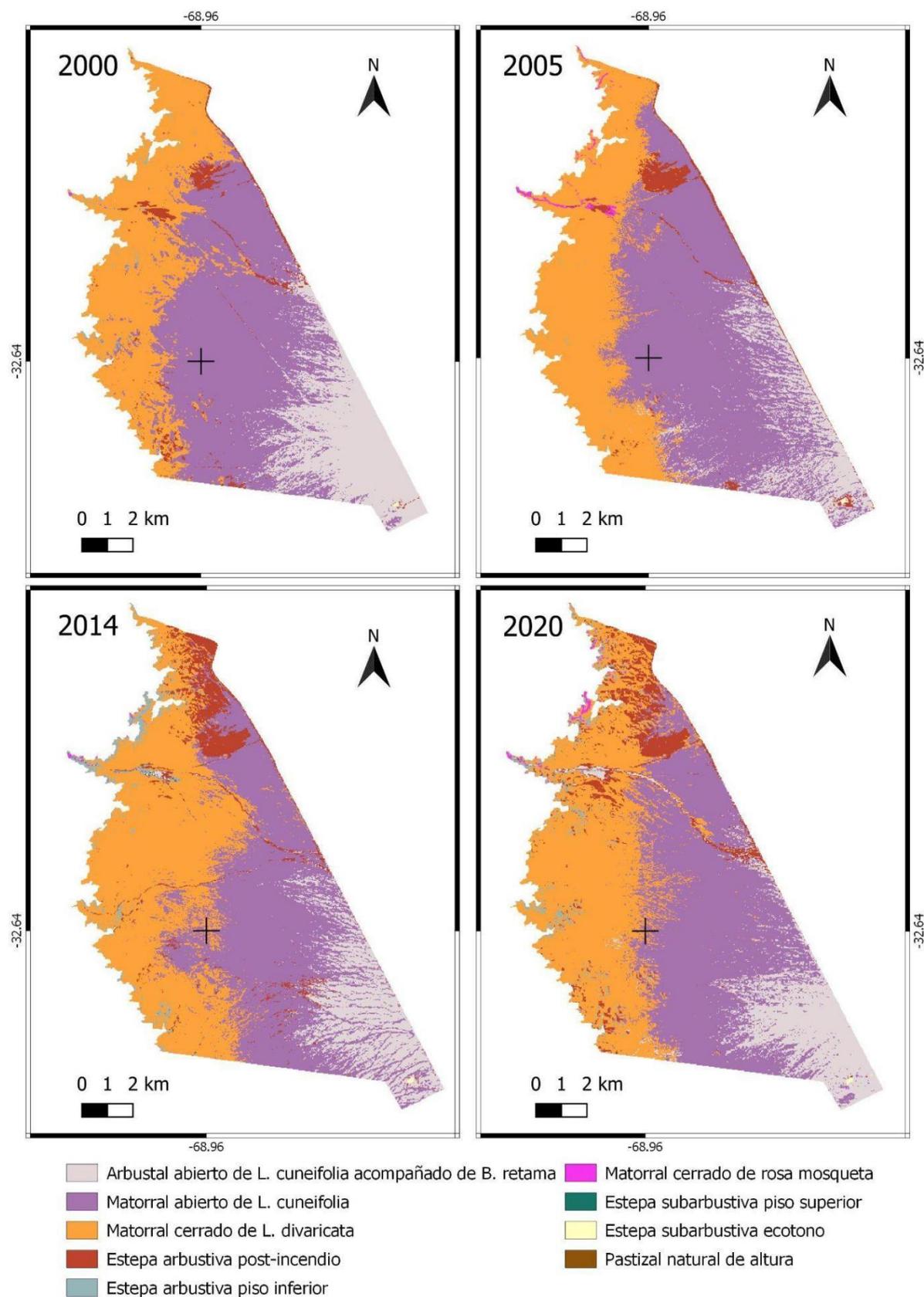


Figura 19: Cambios en las clases de vegetación en la zona oeste del Monte de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Métricas del paisaje

4.2.2.1. Métricas a nivel de paisaje

En la Tabla 13 se presentan los valores de las métricas a nivel de paisaje calculadas para las zonas este y oeste del Monte de la RNV. Como ambas zonas presentan menos clases que el área total de la reserva, los valores del SIDI son menores y los del CONTAG mayores. Sin embargo, se observa un patrón similar al observado anteriormente, ya que, en ambas zonas, observando la diferencia entre los años 2000 y 2020, aumenta su Índice de Diversidad de Simpson y disminuye su Índice de Contagio, aunque en el Monte Este la variación es mayor que en el Monte Oeste para las dos métricas.

Tabla 13: Métricas a nivel de paisaje: Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) e Índice de Contagio (CONTAG), para el Monte (zona este y oeste) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Años	SIDI (proporción)		CONTAG (%)	
	Monte Este	Monte Oeste	Monte Este	Monte Oeste
2000	0.65	0.65	62.23	63.78
2005	0.71	0.60	49.59	61.81
2014	0.73	0.66	55.89	57.77
2020	0.70	0.67	54.71	57.10

4.2.2.2. Métricas a nivel de clase

Como se puede observar en las Tablas 14 y 15, el Monte está compuesto principalmente por cuatro clases que ocupan más del 97% de su área. Estas son: "Arbustal abierto de *Larrea cuneifolia* acompañado de *Bulnesia retama*", "Matorral abierto de *Larrea cuneifolia*", "Matorral cerrado de *Larrea divaricata*" y "Estepa arbustiva post-incendio". Cada una de las clases que componen esta región ha variado a través de los años estudiados, siendo importante destacar que, para la zona este, la clase 8 pasó de ocupar un 0.6% en el año 2000 a 19.4% para el año 2020, en tanto que, para la zona oeste, la misma clase pasó de 2.8% a 6.1% en el mismo período.

Tabla 14: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	46.2	41.3	37.3	45.6
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	24.6	24.6	24.1	16.6
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	28.2	17.6	15.6	17.0
Estepa arbustiva piso inferior	4	0.3		1.7	1.1
Estepa subarbustiva piso superior	5				
Estepa subarbustiva ecotono	6				
Pastizal natural de altura	7				
Estepa arbustiva post-incendio	8	0.6	15.9	21.3	19.4
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9		0.6		0.3

Tabla 15: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	18.4	10.1	11.9	13.2
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	47.2	51.7	39.8	41.6
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	31.2	34.5	40.4	37.0
Estepa arbustiva piso inferior	4	0.4	0.1	2.0	1.8
Estepa subarbustiva piso superior	5				
Estepa subarbustiva ecotono	6				
Pastizal natural de altura	7				
Estepa arbustiva post-incendio	8	2.8	3.0	5.9	6.1
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9		0.5	0.1	0.4

A continuación, se muestran los cambios relativos, en porcentaje, de las métricas a nivel de clase calculadas para las zonas este y oeste del Monte de la RNV, en los años seleccionados. Para ver los datos sin procesar se recomienda ver el [Anexo 5](#). En negrita se marcaron los cambios relativos negativos y las casillas en blanco representan un cambio relativo igual a cero.

Durante el período 2000-2005, como se observa en la Tabla 16, en el Monte Este disminuyen las áreas (CA/TA) de todas las clases de vegetación nativa (1 a 7) y aumentan considerablemente las clases 8 y 9. En cambio, en el Monte Oeste las áreas de las clases de vegetación nativa no demuestran un patrón claro de aumento o disminución como en la zona anterior (ver Tabla 17). Las clases modificadoras del paisaje (8 y 9) aumentan al igual que en el Monte Este, pero la clase 8 lo hace solamente en un 9.25%, cuando en la zona este lo hizo en un 2479%.

Respecto a la métrica del Número de Parches (NP) se observa cómo en la zona este aumenta en la mayoría de las clases, a excepción de la clase 4. Además, en esa zona, el AREA_MN disminuye en todas las clases presentes de vegetación nativa y aumenta en las clases 8 y 9. Esto, sumado al cambio en el NP, podría indicar la existencia de fragmentación en la zona este del Monte de la RNV. Lo anterior, en cambio, no se ve reflejado para la zona oeste, donde solamente tres clases aumentan su NP (clases 1, 3 y 9) y cuatro clases de vegetación nativa disminuyen su AREA_MN. En tanto que, las clases 2, 6, 8 y 9 aumentan su AREA_MN en esta zona para este período.

Por último, si se analizan la métrica SHAPE_MN en este período (2000-2005), no se distingue un patrón de aumento o disminución en las diferentes clases. A la vez que, en ambas zonas, predomina una disminución de la métrica ENN_MN, cuando lo esperado, si analizamos fragmentación, sería un aumento de la misma.

Tabla 16: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona este del Monte de la RNV en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	-10.6	30.1	-31.3	6.7	-25.4
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	-0.1	208.7	-67.7	-3.7	-22.0
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	-37.7	260.8	-82.7	-5.9	-30.4
Estepa arbustiva piso inferior	4	-92.9	-84.6	-54.1	-13.3	158.5
Estepa subarbusativa piso superior	5					
Estepa subarbusativa ecotono	6					
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8	2479.1	231.7	677.4	2.9	-43.0
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	1185.7	1120.0	5.4	4.5	-51.7

Tabla 17: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona oeste del Monte de la RNV en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	-44.8	98.9	-72.3	3.5	-12.0
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	9.4	-25.1	46.2	1.7	-16.8
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	10.6	134.4	-52.8	-4.1	-30.2
Estepa arbustiva piso inferior	4	-70.5	-52.1	-38.5	-7.3	111.5
Estepa subarbusativa piso superior	5	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	
Estepa subarbusativa ecotono	6	26.9		26.9	-1.5	70.0
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8	9.3	-22.6	41.1	2.2	4.7
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	1626.8	755.6	101.8	23.2	-78.5

En el período 2005-2014 continúa el aumento de la clase 8, vinculada al incendio. En estos años la zona oeste presentó un aumento del 96% (ver Tabla 19), mayor al 33% que presentó la zona este para dicha clase (ver Tabla 18). En la zona este continuaron disminuyendo las clases 1, 2 y 3; mientras que en la zona oeste solo la clase 2 disminuyó. Se aprecia, a su vez, que en ambas zonas disminuyó la clase 9 (vinculada a la rosa mosqueta) y aumentó en gran medida la clase 4.

Por otra parte, en el Monte Este predominó una disminución del Número de Parches para la mayoría de las clases, a excepción de la clase 4 que pasó de tener 10 parches a 168 (aumentó en un 1580%). En cambio, en el Monte Oeste predominó un aumento de la métrica, a excepción de la clase 1 y 9 que disminuyeron en este período. A su vez, el AREA_MN en la zona este aumentó en la mayoría de las clases, excepto en la clase 9 que disminuyó en un 32%. Mientras que en la zona oeste disminuyó en la mayoría de las clases y sólo las clases 1 y 4 presentaron un aumento. Con estos datos no se observaría un proceso de fragmentación en ninguna de las dos zonas en este período.

Sin embargo, si podría observarse este proceso si se analizan las métricas SHAPE_MN y ENN_MN, ya que en la zona este la mayoría de las clases presentan un aumento de ambas métricas, reflejando una forma más irregular de los parches y mayor distancia entre parches de la misma clase. En tanto que, en la zona oeste estos aumentos se observan para las clases 1, 2 y 3.

Tabla 18: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona este del Monte de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	-9.7	-25.98	22.0	2.0	53.8
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	-2.0	-13.72	13.6	4.6	1.1
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	-11.2	-30.88	28.5	-1.3	39.3
Estepa arbustiva piso inferior	4	7849.9	1580.00	373.2	22.8	-45.0
Estepa subarbustiva piso superior	5					
Estepa subarbustiva ecotono	6					
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8	33.6	-23.9	75.6	0.3	17.6
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	-94.4	-91.8	-32.2	4.7	293.8

Tabla 19: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona oeste del Monte de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	17.2	-51.7	142.6	3.8	41.0
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	-23.1	104.1	-62.3	0.4	12.1
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	16.9	23.1	-5.0	1.7	0.6
Estepa arbustiva piso inferior	4	1558.4	417.1	220.7	14.6	-65.4
Estepa subarbustiva piso superior	5					
Estepa subarbustiva ecotono	6	30.3	200.0	-56.6	-5.3	1458.7
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8	96.0	142.4	-19.1	0.4	-21.4
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	-82.3	-53.3	-62.2	-12.2	214.3

Finalmente, se analizan las métricas a nivel de clases para el período 2014-2020 en ambas zonas del Monte de la RNV (ver Tablas 20 y 21). Al analizar la métrica CA/TA se observa una disminución de las clases de vegetación nativa en las clases 2, 4 y 6 de la zona este, y de las clases 3, 4 y 5 de la zona oeste del Monte de la RNV. Mientras que, para las clases modificadoras del paisaje, se puede observar que la clase 8 disminuye en el Monte Este y aumenta la clase 9, y en el Monte Oeste ambas aumentan.

Al analizar NP y AREA_MN, se podría hablar de fragmentación en las clases de vegetación nativa 1 y 4 de la zona este del Monte, ya que aumentan su Número de Parches y disminuyen el Tamaño Medio de éstos. Lo mismo ocurre en las clases 1, 3, 4 y 6 de la zona oeste. Sin embargo, en el Monte Este las clases 8 y 9 no presentan un aumento de su AREA_MN, pero si un aumento en el NP, mientras que la clase 9 en el Monte Oeste si presenta un aumento de ambas métricas.

Por último, si se observan las métricas SHAPE_MN y ENN_MN, no se observarían patrones de fragmentación en ninguna de las dos zonas. Sólo la clase 3, tanto en la zona este como en la oeste, presenta un aumento de su Índice de Forma junto a un aumento en la Distancia entre Parches.

Tabla 20: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona este del Monte de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	22.6	33.2	-8.0	-3.3	-25.0
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	-31.0	-30.2	-1.1	-5.2	21.5
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	9.0	-14.2	27.1	2.7	6.7
Estepa arbustiva piso inferior	4	-35.4	63.7	-60.6	-8.4	-50.1
Estepa subarbustiva piso superior	5					
Estepa subarbustiva ecotono	6	-50.0	-50.0			
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8	-9.0	14.8	-20.7	4.9	-24.5
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	910.8	1680.0	-43.2	-16.1	-79.9

Tabla 21: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la zona oeste del Monte de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	10.8	46.7	-24.5	-4.8	-25.2
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2	4.6	-12.3	19.3	-7.0	14.3
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	-8.4	23.3	-25.7	1.1	11.2
Estepa arbustiva piso inferior	4	-6.7	64.9	-43.4	-5.3	-17.2
Estepa subarbustiva piso superior	5	-86.2	-95.0	176.1	-5.3	
Estepa subarbustiva ecotono	6	30.3	50.0	-13.1	0.6	-76.4
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8	3.3	5.0	-1.6	1.0	-5.4
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	281.9	194.4	29.7	0.8	-42.2

En resumen, durante el período 2000-2020 en el Monte de la RNV, puede apreciarse una disminución del área de las tres clases predominantes de vegetación nativa en la zona este y de las clases 1 y 2 en la zona oeste (ver Figura 20). También se observa un aumento de las dos clases modificadoras del paisaje en ambas zonas, siendo la clase vinculada al incendio la que tuvo un aumento mayor; la misma aumentó en mayor medida en la zona este que en la oeste del Monte de la RNV.

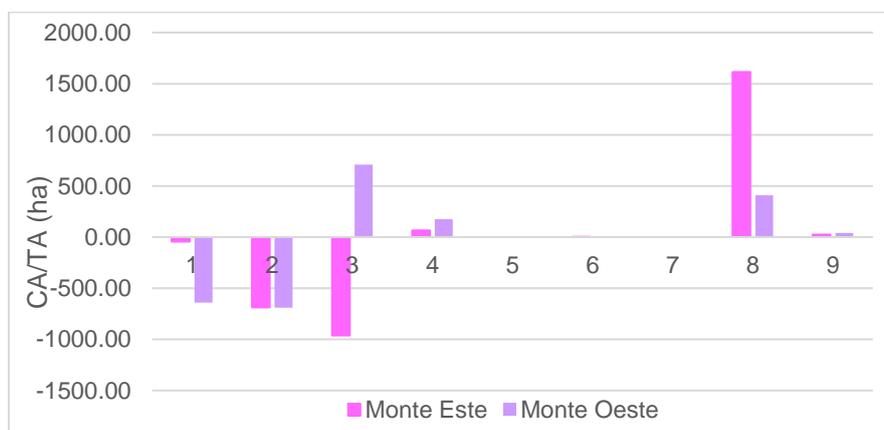


Figura 20: Diferencias en el Área Total de cada clase (CA/TA), en hectáreas, en los años 2000 y 2020, para la zona este y oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

En las dos zonas todas las clases aumentaron su NP en este período (todos los cambios, graficados en la Figura 21, se encuentran por encima de cero). Y las clases 1, 2 y 3 disminuyeron su AREA_MN, mientras que la clase 8 (“Estepa arbustiva post-incendio”) aumentó, observándose un mayor incremento del AREA_MN en la zona este. Lo mencionado podría ser un indicio de fragmentación en el Monte de la RNV, siendo, aparentemente, el Monte Este el más afectado por la ocurrencia de incendios en el área.

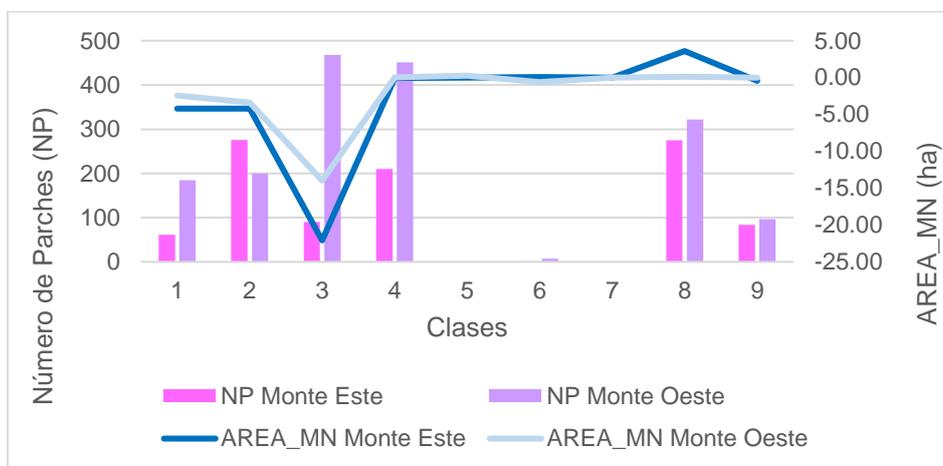


Figura 21: Diferencias en el Número de Parches (NP) y en el Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, en los años 2000 y 2020 para la zona este y oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Por lo contrario, y al igual que lo observado en las métricas calculadas para toda el área de la RNV, al analizar las métricas SHAPE_MN y ENN_MN no se observan patrones de fragmentación (ver Figura 22); ya que la mayoría de las clases disminuyen tanto su ENN_MN como su SHAPE_MN.



Figura 22: Diferencias en la Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros, y en el Índice de Forma Medio de los parches de cada clase (SHAPE_MN), en los años 2000 y 2020, para la zona este y oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

4.3. DINÁMICA DEL PAISAJE DEL CARDONAL DE LA RNV

4.3.1. Clasificación supervisada

En la Figura 23 se muestran las tres zonas en las que se dividió al Cardonal: A) Cardonal Norte, B) Cardonal Centro y C) Cardonal Sur. Esta división, como se mencionó anteriormente, se realizó en base a los estratos definidos en el trabajo de Fundación Villavicencio (2020), teniendo en cuenta la Ruta Provincial N°52 y el cauce “Agua Grande”.

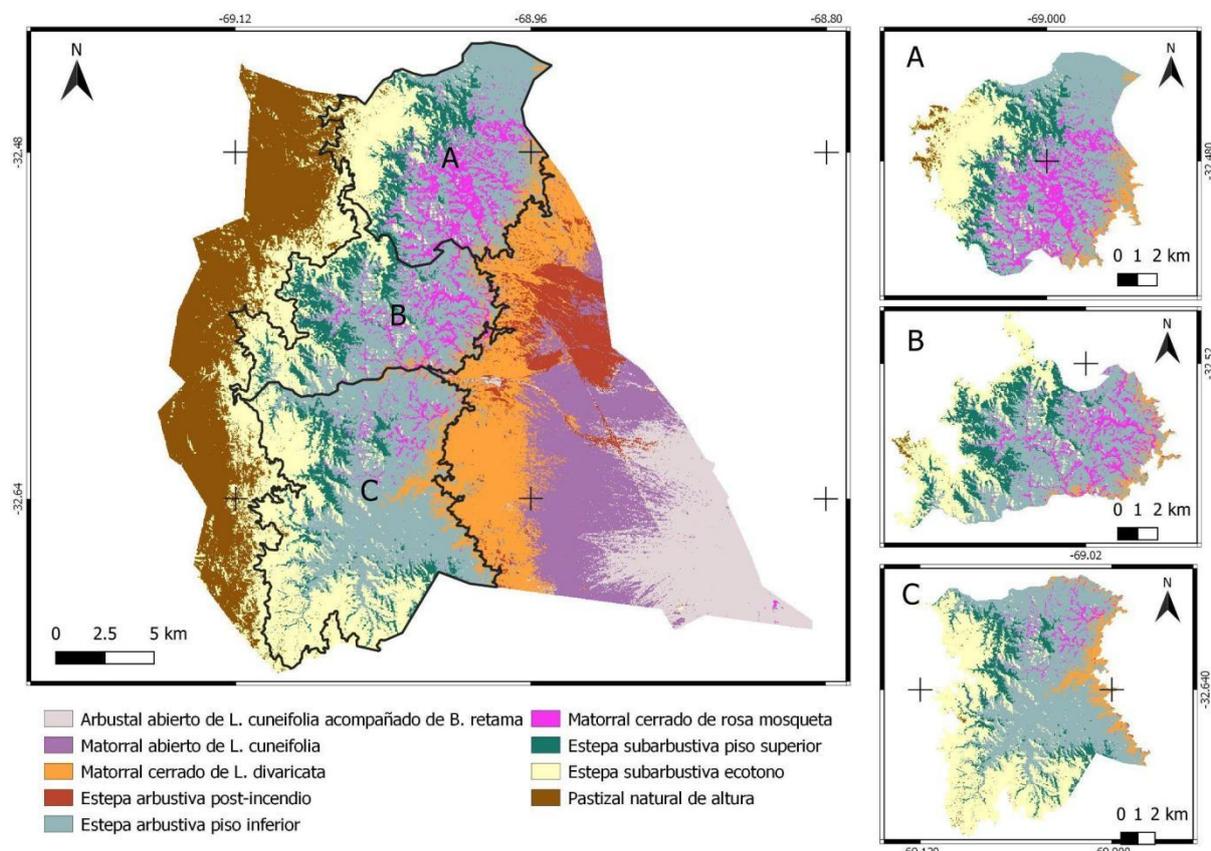


Figura 23: Clases de la RNV para el año 2020. En negro se delimita la región del Cardonal (límite entre los 1500 msnm y 2750 msnm) y los sectores norte (A), centro (B) y sur (C) dentro del mismo. **A)** Clasificación para el Cardonal Norte para el año 2020. **B)** Clasificación para el Cardonal Centro para el año 2020. **C)** Clasificación para el Cardonal Sur en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

En las figuras siguientes se observan los cambios del paisaje en el período 2000-2020 para cada zona. La Figura 24 muestra los cambios en el Cardonal Norte, la Figura 25 los cambios en el Cardonal Centro y la Figura 26 los cambios en el Cardonal Sur. Con sólo observar los mapas de cambio del paisaje para cada una de las zonas del Cardonal, se percibe cómo la clase “Matorral cerrado de rosa mosqueta” (color fucsia) aumenta en mayor medida en la zona norte, en menor cantidad en la zona centro y menor que esta última en la zona sur. Podría suponerse, entonces, que la zona norte estaría más fragmentada que la zona centro y ésta estaría más fragmentada, a su vez, que la zona sur.

Por otro lado, a diferencia de lo que ocurre en el Monte, las tres zonas presentan la misma clase dominante en el paisaje: la “Estepa arbustiva piso inferior”. En segundo lugar, se encuentran las clases “Estepa subarbusciva piso superior”, “Estepa subarbusciva ecotono” y “Matorral cerrado de rosa mosqueta”. Por último, se alcanzan a apreciar zonas que pertenecen a las clases “Matorral cerrado de *Larrea divaricata*” y “Pastizal natural de altura”.

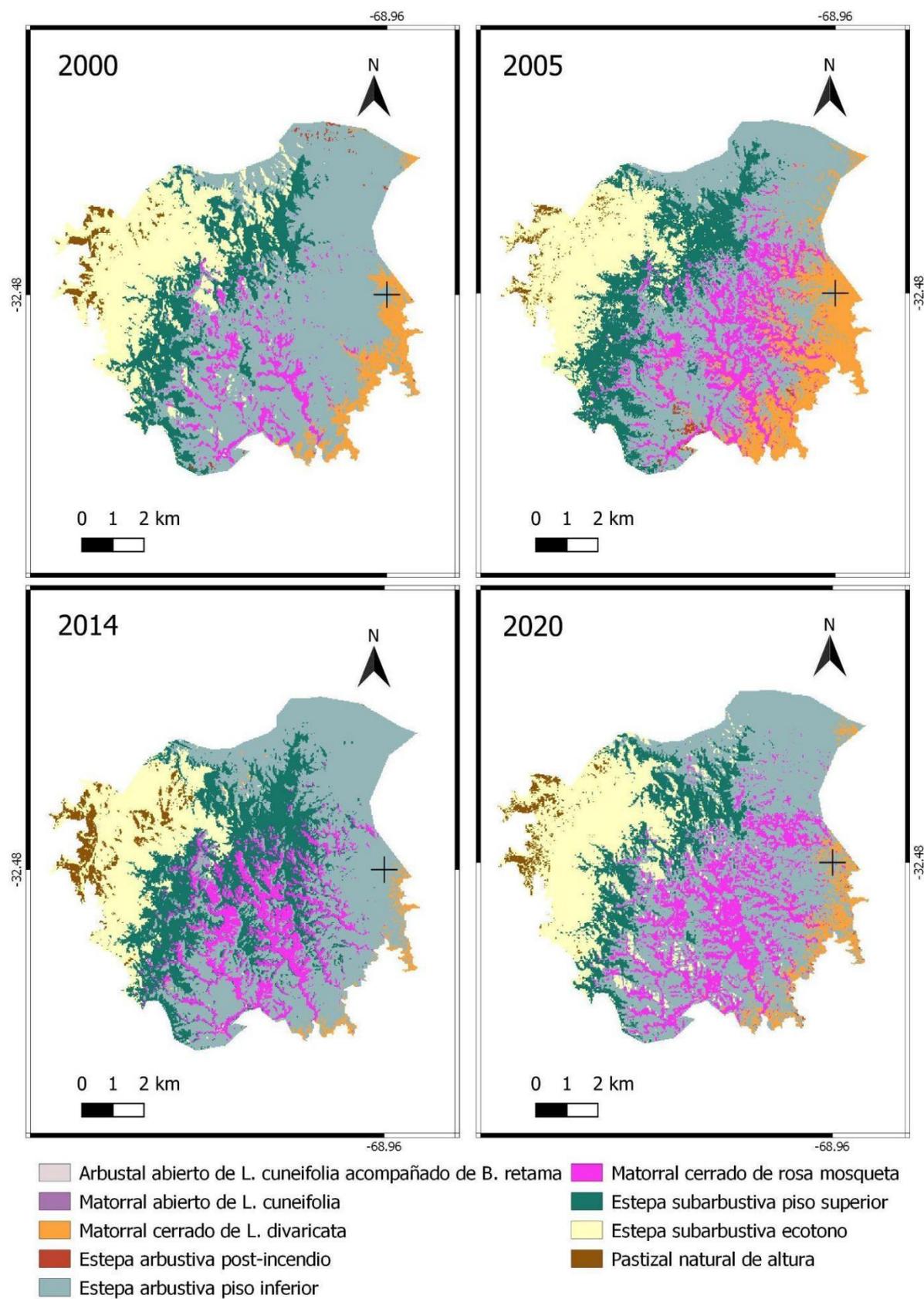


Figura 24: Cambios en las clases de vegetación en la zona norte del Cardonal de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.

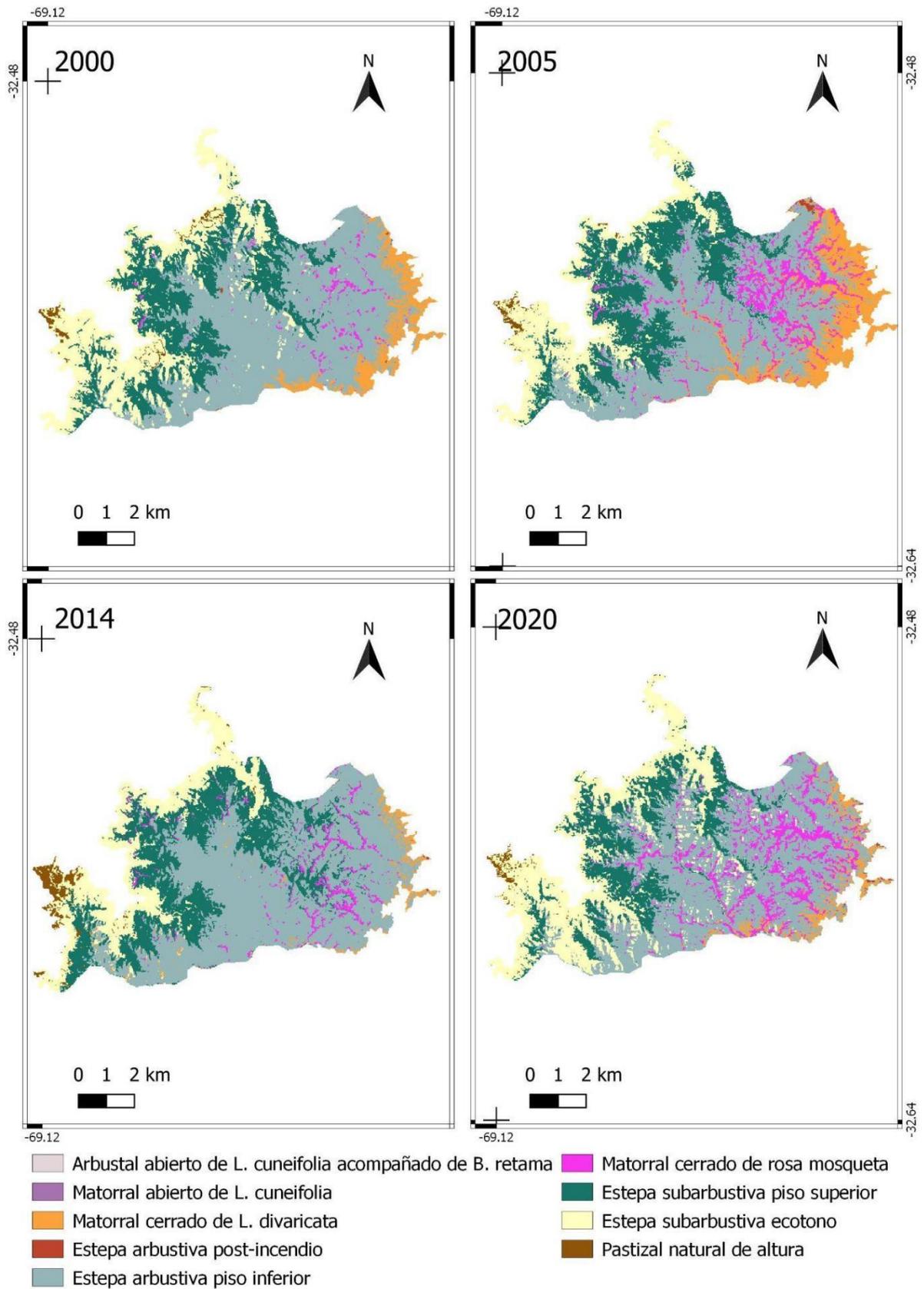


Figura 25: Cambios en las clases de vegetación en la zona centro del Cardonal de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.

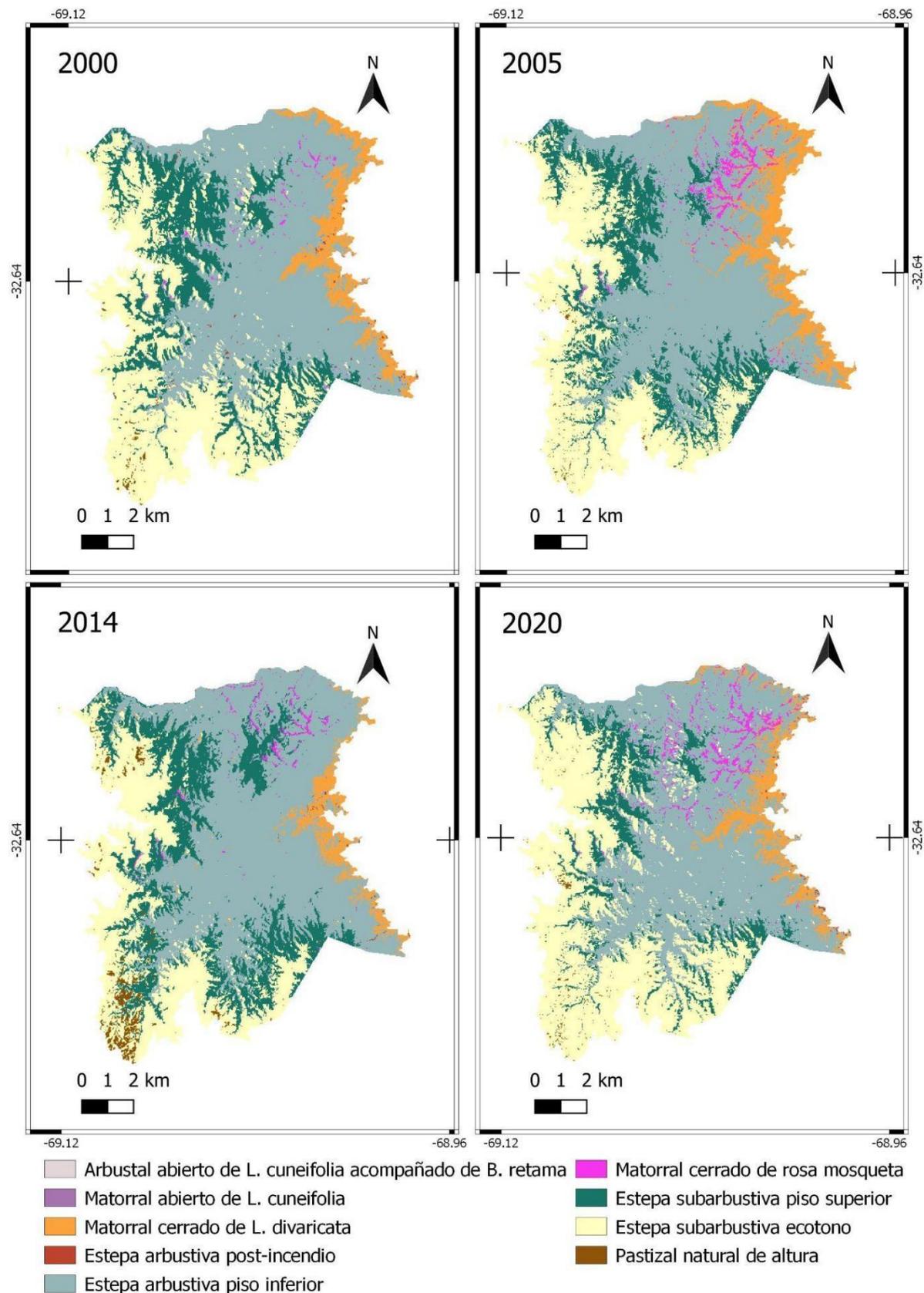


Figura 26 Cambios en las clases de vegetación en la zona sur del Cardonal de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Métricas del paisaje

4.3.2.1. Métricas a nivel de paisaje

En la Tabla 22 se presentan los valores de las métricas a nivel de paisaje calculadas para las zonas norte, centro y sur del Cardonal de la RNV. Se puede divisar cómo en el Cardonal Norte y Centro el Índice de Diversidad de Simpson aumenta del año 2000 al 2020, esto puede deberse al aumento de la clase relacionada con la rosa mosqueta, mientras que en la zona sur este índice disminuye. Por otro lado, en las tres zonas el Índice de Contagio disminuye en el período estudiado, al igual que lo que ocurre para toda el área de la reserva y en el Monte.

Tabla 22: Métricas a nivel de paisaje: SIDI y CONTAG para el Cardonal (zona norte, centro y sur) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Años	SIDI (proporción)			CONTAG (%)		
	C. Norte	C. Centro	C. Sur	C. Norte	C. Centro	C. Sur
2000	0.67	0.68	0.67	58.42	56.58	61.50
2005	0.77	0.75	0.68	46.78	45.09	56.61
2014	0.71	0.65	0.66	52.01	57.35	58.32
2020	0.71	0.70	0.65	49.90	50.14	58.02

4.3.2.2. Métricas a nivel de clase

En las Tablas 23, 24 y 25 se muestran los porcentajes cubiertos por cada clase en el paisaje de cada una de las zonas del Cardonal. Se visualiza en ellas que el Cardonal se compone principalmente por 5 clases que ocupan más del 98% de su área. Las mismas son: "Matorral cerrado de *Larrea divaricata*", "Estepa arbustiva piso inferior", "Estepa subarbustiva piso superior", "Estepa subarbustiva ecotono" y "Matorral cerrado de rosa mosqueta". La clase que mayor porcentaje ocupa en las tres zonas es la clase 4, lo cual coincide con lo visto en los mapas anteriores. Otra coincidencia con lo observado en los mapas de cambio de vegetación es el porcentaje que ocupa la rosa mosqueta en cada una de las zonas. En el Cardonal Norte en el año 2000 ocupaba un 5.2% del paisaje y para el 2020 abarcó un 15.1%. En el Cardonal Centro la rosa pasó de ocupar un 1.8% en el año 2000 a un 9.9% en el año 2020. Por último, en el Cardonal Sur la clase 9 pasó de 0.4% a 2.3% en el 2020. A partir de estos datos se observa que en la zona norte hay mayor presencia de rosa mosqueta y la disminución de su invasión hacia el sur.

Tabla 23: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND) durante el período 2000-2020 en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1				
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	5.5	12.6	1.4	4.1
Estepa arbustiva piso inferior	4	50.2	37.1	43.9	44.6
Estepa subarbustiva piso superior	5	15.0	17.3	23.0	11.9
Estepa subarbustiva ecotono	6	22.4	18.8	17.3	22.5
Pastizal natural de altura	7	1.5	1.0	3.1	1.8
Estepa arbustiva post-incendio	8	0.3	0.4		0.1
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	5.2	12.8	11.3	15.1

Tabla 24: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND) durante el período 2000-2020 en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1	0.1			0.1
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	6.3	12.6	2.1	3.5
Estepa arbustiva piso inferior	4	46.8	38.8	50.9	44.2
Estepa subarbustiva piso superior	5	21.5	22.2	24.6	16.7
Estepa subarbustiva ecotono	6	22.6	17.4	17.0	24.7
Pastizal natural de altura	7	0.9	0.6	1.9	0.7
Estepa arbustiva post-incendio	8	0.1	0.2	0.1	0.2
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	1.8	8.3	3.4	9.9

Tabla 25: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND) durante el período 2000-2020 en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1				
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	6.5	8.6	4.0	5.4
Estepa arbustiva piso inferior	4	49.8	45.8	49.8	46.4
Estepa subarbustiva piso superior	5	17.5	16.1	20.1	10.3
Estepa subarbustiva ecotono	6	31.1	27.4	23.4	35.3
Pastizal natural de altura	7	0.3	0.2	1.7	0.3
Estepa arbustiva post-incendio	8	0.2		0.1	0.2
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	0.4	2.0	0.8	2.3

A continuación, se muestran los cambios relativos, en porcentaje, de las métricas a nivel de clase calculadas para las zonas norte, centro y sur del Cardonal de la RNV, en los años seleccionados. Para ver datos sin procesar se recomienda ver el [Anexo 5](#). En negrita se marcaron los cambios relativos negativos y las casillas en blanco representan un cambio relativo igual a cero. Para facilitar la interpretación de las tablas se analizarán las cinco clases que predominan en esta región (3, 4, 5, 6 y 9) y que ocupan, como se dijo anteriormente, más del 98% del paisaje del Cardonal. No se colocaron en las tablas los cambios relativos de las clases que ocupan menos del 2% del paisaje del Cardonal.

Durante el período 2000-2005 tanto en la zona norte (Tabla 26) como en la zona centro (Tabla 27) del Cardonal, las clases de vegetación nativa 3 y 5 aumentaron su CA/TA, mientras que las clases 4 y 6 disminuyeron su área. En la zona sur (Tabla 28) sólo la clase 3 aumentó, en tanto que las clases de vegetación nativa 4,5 y 6 disminuyeron su Área Total. En las tres zonas aumentó el área ocupada por la invasión de rosa mosqueta, en un 147.3% en la zona norte, en un 360.6% en la zona centro y en un 397% en la zona sur.

Respecto a la relación NP y AREA_MN en este período (2000-2005), se observa fragmentación en las cuatro clases de vegetación nativa (clases 3,4,5 y 6) tanto en la zona norte como en la zona sur del Cardonal; ya que aumenta el Número de Parches y disminuye el Tamaño Medio de los mismos. En la zona centro se observa el mismo patrón para tres de las cuatro clases de vegetación nativa, mientras que la clase 6 disminuye tanto su Número de Parches como el Tamaño Medio de los Parches de la clase. En las tres zonas se observa un aumento tanto del NP como del AREA_MN de la clase 9, vinculada al avance de la rosa mosqueta.

Por otro lado, al analizar la métrica ENN_MN se observa que la misma disminuye para las cinco clases predominantes del Cardonal en las tres zonas, excepto la clase 3 que en la zona sur presenta un cambio relativo positivo. Ocurre algo similar al analizar la métrica SHAPE_MN, ya que en las tres zonas las clases de vegetación nativa disminuyen el valor de este índice, a excepción de la clase 4 en la zona norte que presenta un cambio relativo positivo. Mientras que la clase 9 ("Matorral cerrado de rosa mosqueta") aumenta el valor de este índice en las tres zonas del Cardonal para este período.

Tabla 26: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona norte del Cardonal de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	130.8	703.5	-71.3	-9.5	-21.0
Estepa arbustiva piso inferior	4	-26.2	114.5	-65.6	4.1	-9.3
Estepa subarbustiva piso superior	5	15.1	48.5	-22.5	-5.2	-13.3
Estepa subarbustiva ecotono	6	-15.8	4.4	-19.4	-8.3	-12.0
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	147.3	73.1	42.9	0.3	-25.6

Tabla 27: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona centro del Cardonal de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	99.3	744.8	-76.4	-14.8	-7.0
Estepa arbustiva piso inferior	4	-17.2	51.6	-45.4	-3.7	-4.3
Estepa subarbustiva piso superior	5	3.3	47.9	-30.1	-12.9	-11.4
Estepa subarbustiva ecotono	6	-23.0	-8.2	-16.2	-4.2	-19.8
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	360.6	147.0	86.5	4.9	-32.2

Tabla 28: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona sur del Cardonal de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	31.7	1163.9	-89.6	-16.4	6.4
Estepa arbustiva piso inferior	4	-8.1	26.9	-27.6	-3.1	-5.6
Estepa subarbustiva piso superior	5	-8.1	72.7	-46.8	-4.9	-11.9
Estepa subarbustiva ecotono	6	-11.9	3.3	-14.7	-5.3	-15.3
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	397.0	180.2	77.4	2.0	-27.5

Durante el período 2005-2014 se observa en las tres zonas del Cardonal el mismo patrón de cambio en el área de las clases (ver Tablas 29, 30 y 31). En estas zonas las clases 3, 5 y 9 disminuyen su área y las clases 4 y 5 aumentan. Siendo menor la disminución del área de rosa mosqueta (clase 9) en el Cardonal Norte (-11.9%) que en las otras dos zonas (aproximadamente -58%).

Si se analizan las métricas NP y AREA_MN en conjunto, se observaría un patrón de fragmentación en la clase 5 del Cardonal Norte y Centro, y en la clase 6 del Cardonal Sur durante el período 2005-2014. Esto es debido a que aumenta su Número de Parches y disminuye el Tamaño Medio de los mismos. Por otro lado, la clase 3 en las tres zonas y la clase 9 en la zona centro y sur, disminuyeron tanto su NP y AREA_MN en estos años.

Además, al observar la métrica Índice de Forma para el período 2005-2014, las clases 3 y 4 aumentan dicho índice en las tres zonas; y en la zona 5 disminuye en las tres zonas. Mientras que las clases 6 y 9 varían, en la zona norte aumentan ambas su índice, en la zona centro disminuyen las dos y en la zona sur disminuye la clase 6 y aumenta la clase 9. Sin embargo, los cambios en esta métrica son mínimos, ya que en su mayoría son menores al 5%.

Finalmente, se visualiza un aumento del ENN_MN en la mayoría de las clases dominantes en el Cardonal en las tres zonas, a excepción de la clase 5 en la zona norte y de la clase 4 en la zona centro. Esto mostraría un patrón de fragmentación indicando que las clases están más distanciadas que en el período anterior. La clase 3 sería la más afectada debido a que en las tres zonas su distancia aumenta en más del 50%.

Tabla 29: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona norte del Cardonal de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	-89.0	-78.0	-50.0	5.1	67.2
Estepa arbustiva piso inferior	4	18.5	-14.5	38.5	2.7	9.1
Estepa subarbustiva piso superior	5	32.9	138.7	-44.3	-0.9	-4.7
Estepa subarbustiva ecotono	6	-8.4	-23.7	20.2	1.7	6.4
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	-11.9	-26.0	18.9	7.5	3.9

Tabla 30: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona centro del Cardonal de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	-83.7	-51.8	-66.2	1.1	55.4
Estepa arbustiva piso inferior	4	31.3	-41.6	124.9	2.5	-5.0
Estepa subarbustiva piso superior	5	10.7	58.9	-30.3	-1.9	21.8
Estepa subarbustiva ecotono	6	-1.9	-3.6	1.7	-0.9	28.3
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	-58.7	-39.1	-32.1	-0.4	23.1

Tabla 31: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona sur del Cardonal de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	-52.8	-41.3	-19.6	3.7	64.7
Estepa arbustiva piso inferior	4	8.8	-21.2	38.0	3.2	5.9
Estepa subarbustiva piso superior	5	25.0	-18.8	53.9	-0.1	12.2
Estepa subarbustiva ecotono	6	-14.7	18.5	-28.0	-2.1	8.6
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	-58.3	-50.7	-15.4	1.05	8.7

Por último, se analizan los cambios relativos de las métricas a nivel de clase en el Cardonal de la RNV para el período 2014-2020. En estos años se observa que la clase 5 disminuye su Área Total (CA/TA) en las tres zonas del Cardonal (ver Tablas 32, 33 y 34), mientras que la clase 4 disminuye en las zonas centro y sur. A su vez, se observa que la clase 9 (vinculada a la rosa mosqueta) aumenta en las tres zonas, siendo mayor su aumento en las zonas centro (189.9%) y sur (175.5%), que en la zona norte (33.8%).

Por otro lado, se observa un aumento del NP y disminución del AREA_MN en la clase 4 en las tres zonas, en la clase 6 en la zona norte y centro, en la clase 5 en la zona sur y en la clase 9 en las zonas norte y sur. Mientras que se visualiza una disminución de ambas métricas en la clase 5 de la zona centro, a la vez que, se observa un aumento tanto del NP como del AREA_MN en la clase de rosa mosqueta, en la misma zona.

En cuanto a la métrica ENN_MN sólo se observa un aumento en la zona norte en las clases 5, 6 y 9. Las demás clases disminuyen su distancia en mayor o menor medida. Por último, en el período analizado (2014-2020) se observa un aumento del Índice de Forma (SHAPE_MN) en las clases 3 y 6 en las tres zonas, en la clase 5 en las zonas norte y sur y en la clase 4 en la zona centro. Lo cual implica que poseen una forma más irregular en el 2020 que en el 2014.

Tabla 32: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona norte del Cardonal de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	192.9	48.7	97.0	4.6	-31.4
Estepa arbustiva piso inferior	4	1.6	25.9	-19.3	-7.8	-11.9
Estepa subarbustiva piso superior	5	-48.0	-63.8	43.3	7.6	18.7
Estepa subarbustiva ecotono	6	30.4	120.6	-40.9	0.5	2.4
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	33.8	64.0	-18.4	-8.7	1.1

Tabla 33: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona centro del Cardonal de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	72.2	23.7	39.2	6.7	-32.9
Estepa arbustiva piso inferior	4	-13.1	71.8	-49.4	0.3	-2.7
Estepa subarbustiva piso superior	5	-31.9	-31.8	-0.1	9.3	-0.1
Estepa subarbustiva ecotono	6	45.2	93.1	-24.8	1.3	-20.3
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	189.9	100.0	45.0	-0.4	-25.2

Tabla 34: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase calculadas para la zona sur del Cardonal de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3	33.3	1.1	31.8	5.8	-44.1
Estepa arbustiva piso inferior	4	-6.9	27.6	-27.0	-2.2	-2.8
Estepa subarbustiva piso superior	5	-48.8	29.7	-60.5	-3.4	-0.9
Estepa subarbustiva ecotono	6	50.6	16.3	29.5	0.8	-3.7
Pastizal natural de altura	7					
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	175.5	181.8	-2.2	-1.6	-25.9

Para resumir, en el período 2000-2020 en el Cardonal de la RNV se observa un aumento de la clase "Matorral cerrado de rosa mosqueta" en las tres zonas, siendo mayor en la zona norte y menor en la zona sur (ver Figura 27). A su vez, se percibe una disminución de las clases de vegetación nativa predominantes en esta región (3,4 y 5) en las tres zonas, a excepción de la clase 6 que aumenta en las tres, siendo mayor el aumento en la zona sur.

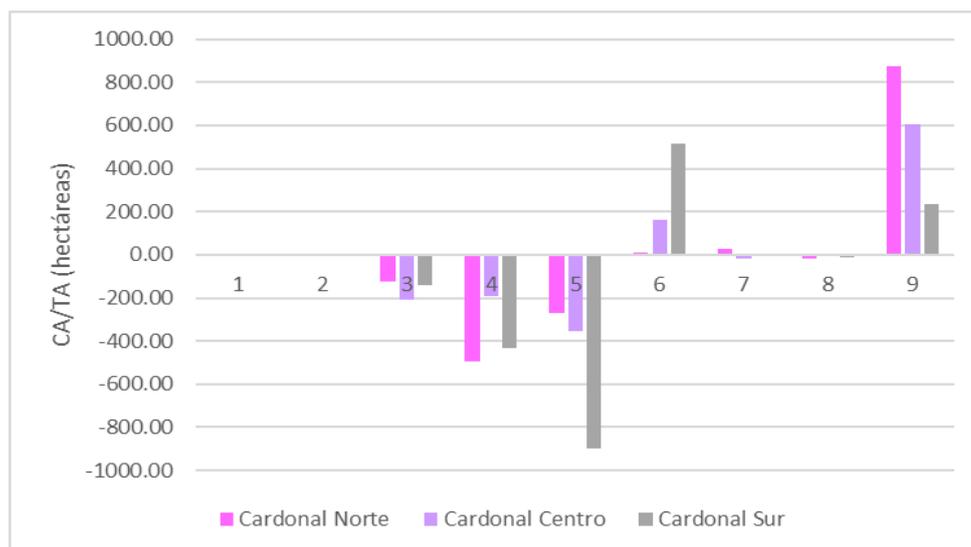


Figura 27: Diferencias del cambio del Área Total de la clase para los años 2000 y 2020, entre la zona norte, centro y sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se observa que la clase 9, vinculada a la rosa mosqueta, aumenta tanto su Número de Parches (NP) como en el Tamaño Medio de los mismos (AREA_MN), aunque el aumento en esta última métrica es mucho menor que en la primera (ver Figura 28). A su vez, se visualiza que las clases de vegetación nativa del Cardonal (3,4,5 y 6) aumentan su NP y disminuyen su AREA_MN dando un indicio de fragmentación. Se puede percibir, también, que la clase 3 es la que mayor disminución del AREA_MN presenta en la zona sur y centro, mientras que la clase 4 es la que más disminuye en la zona norte. Además, se puede diferenciar el aumento del NP; en la zona norte la que más aumenta su Número de Parches es la clase 4, en la zona sur la clase 5 y en la zona centro la clase 3. Los aumentos del NP de las clases de vegetación nativa, en las tres zonas, son menores que los que presenta la clase 9.

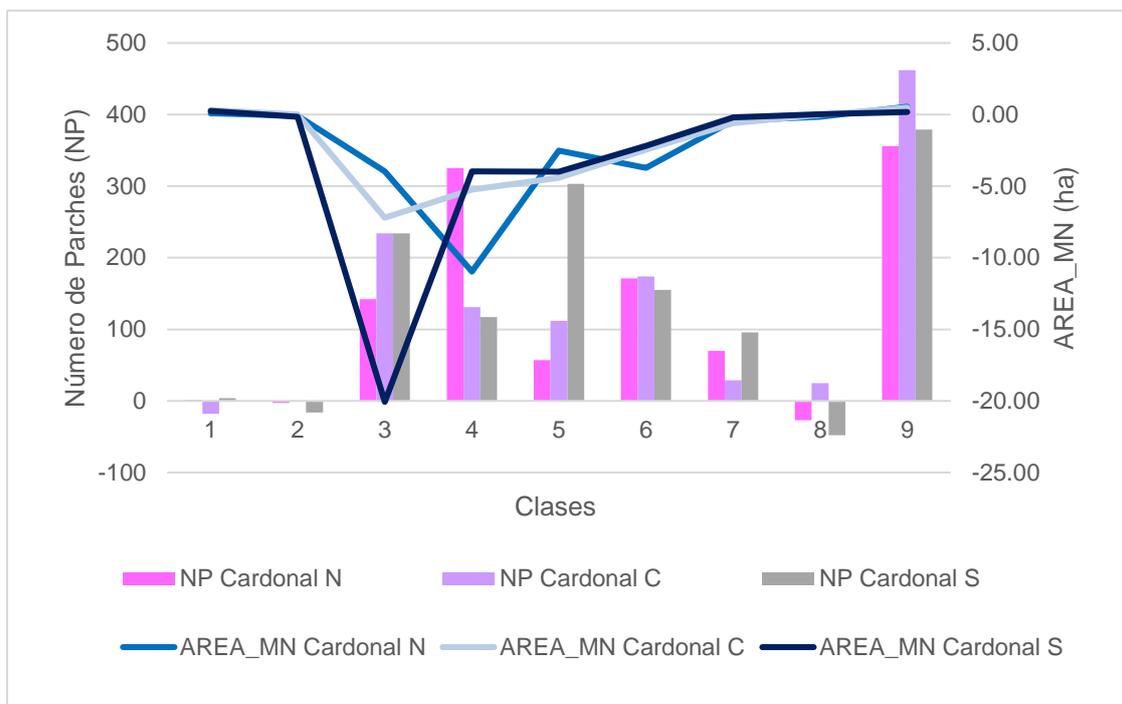


Figura 28: Diferencias en el Número de Parches (NP) y en el Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, en los años 2000 y 2020, para la zona norte (Cardonal N), centro (Cardonal C) y sur (Cardonal S) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, no se observan patrones de fragmentación si se analizan las métricas ENN_MN y SHAPE_MN, al igual que en las regiones anteriores. Debido a que se observa tanto una disminución del ENN_MN como del SHAPE_MN en las clases predominantes del Cardonal (3, 4, 5, 6 y 9). Igualmente, los cambios en estas métricas, como puede verse en la Figura 29, son menores a los observados en las métricas NP y AREA_MN.

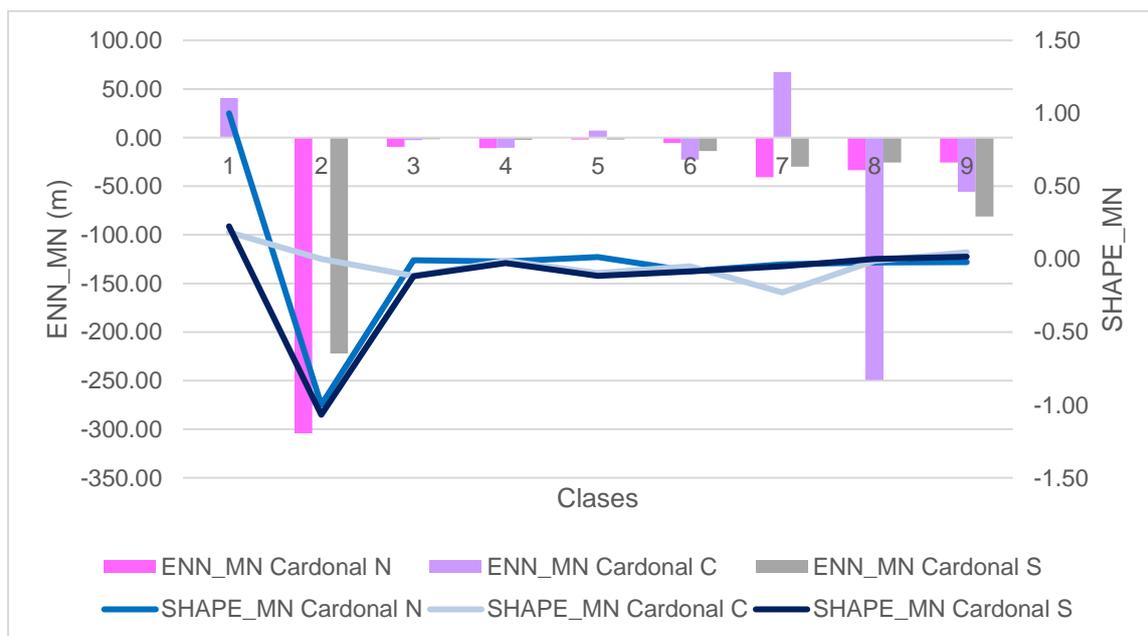


Figura 29: Diferencias en la Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros y en el Índice de Forma Medio de los parches de cada clase (SHAPE_MN), en los años 2000 y 2020, para la zona norte (Cardonal N), centro (Cardonal C) y sur (Cardonal S) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

4.4. DINÁMICA DEL PAISAJE DE LA PUNA DE LA RNV

4.4.1. Clasificación supervisada

En la Figura 31 se muestra la delimitación de la Puna en la clasificación de la reserva para el año 2020, tomando en cuenta la cota de 2750 msnm. En la Figura 32 se observan las clasificaciones para los años en el período estudiado 2000-2020, en esta región.

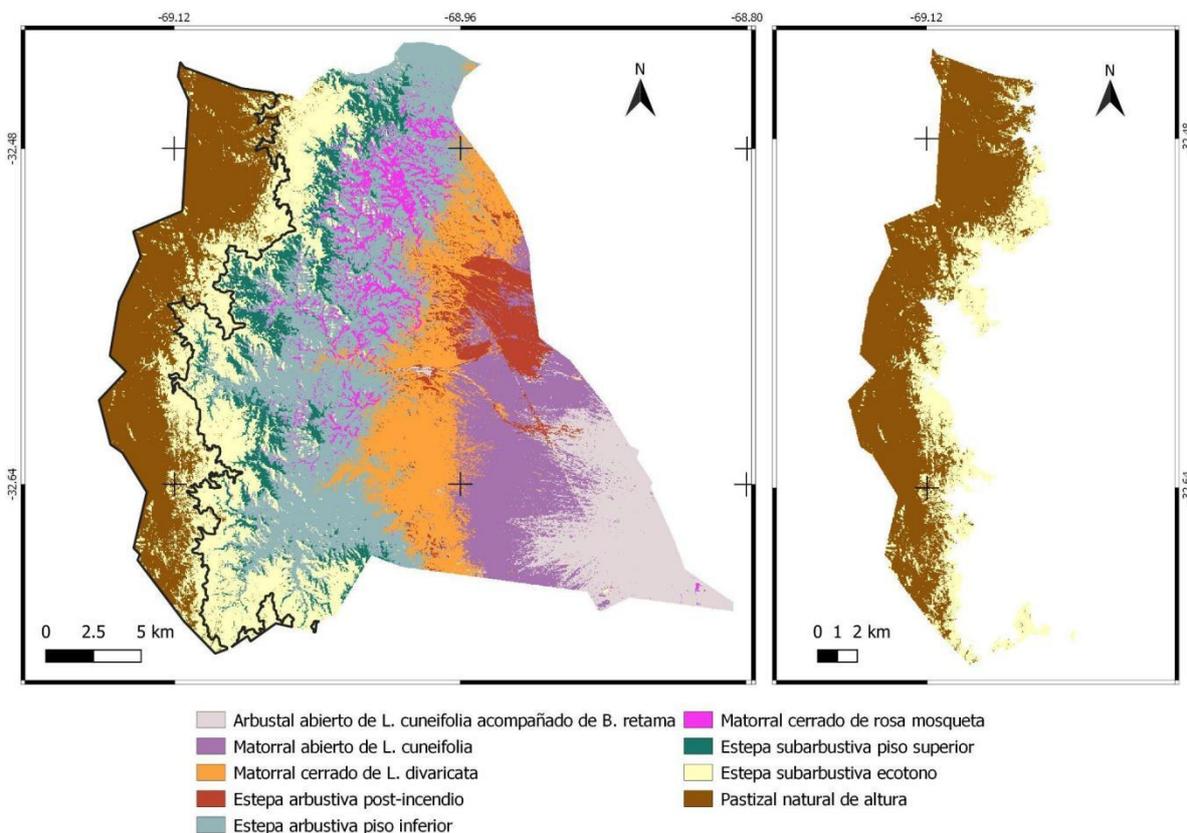


Figura 30: Clases de vegetación de la RNV para el año 2020. En negro se delimita la región de la Puna (>2750 msnm). Del lado derecho se muestra la clasificación de la Puna para el año 2020.

Fuente: Elaboración propia.

De forma preliminar puede notarse cómo, a diferencia del Monte y del Cardonal, la Puna no presenta clases modificadoras del paisaje, es decir, no posee las clases vinculadas a rosa mosqueta ni a los incendios. Además, puede observarse que están presentes solo dos de las siete clases de vegetación nativa de la reserva: la clase “Estepa subarbustiva ecotono” (color amarillo) y la clase “Pastizal natural de altura” (color marrón).

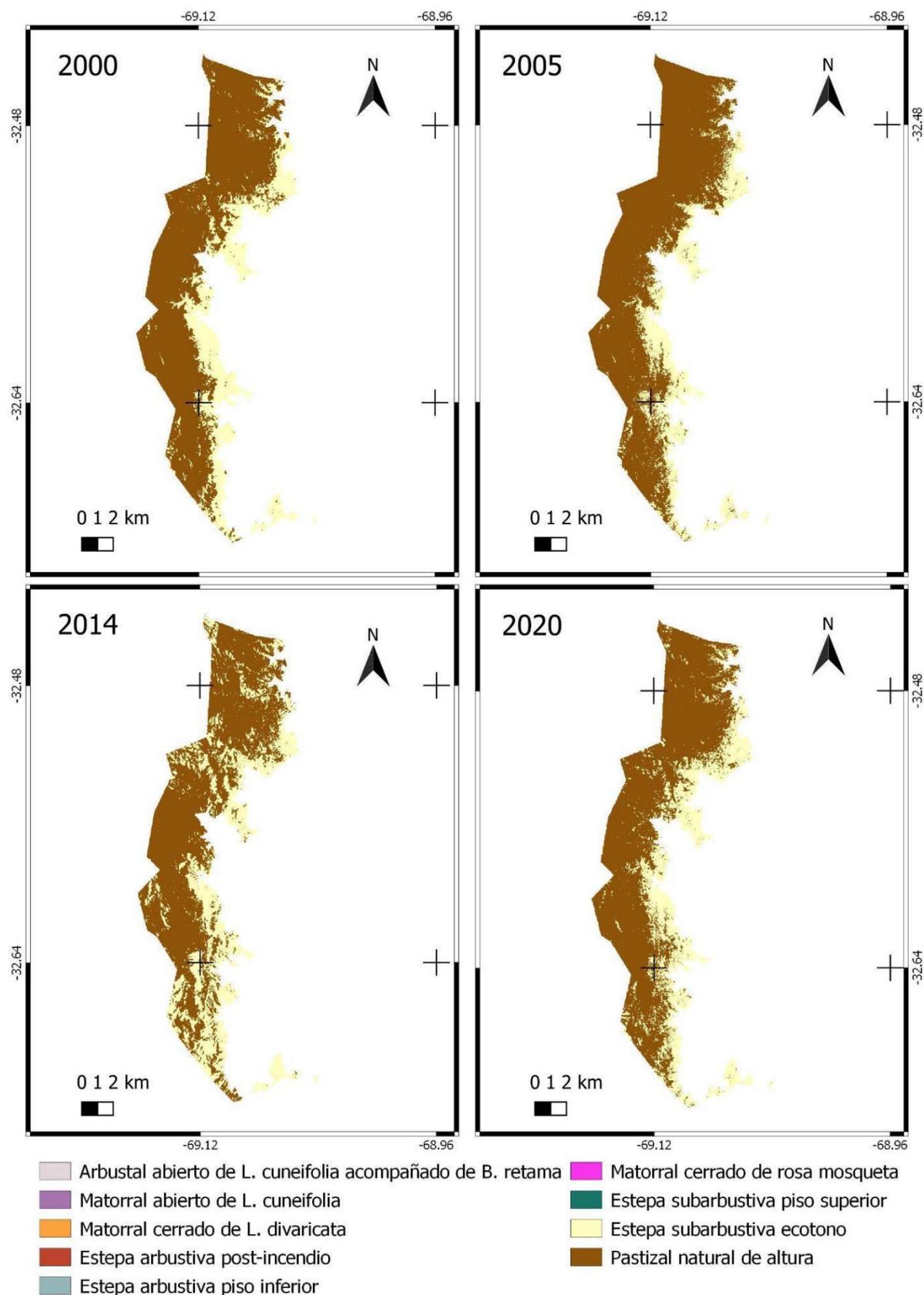


Figura 31: Cambios en las clases de vegetación en la Puna de la RNV, durante el período 2000-2020. Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Métricas del paisaje

4.4.2.1. Métricas a nivel de paisaje

En la Tabla 35 se presentan los valores de las métricas a nivel de paisaje calculadas para la Puna de la RNV. Si bien se puede divisar que el Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) aumenta del año 2000 al 2020 y que el Índice de Contagio (CONTAG) disminuye, al igual que lo observado en las regiones anteriores, también se observa ausencia de una tendencia definida a través del tiempo. Sin embargo, a diferencia de los otros casos, esta variación no puede explicarse por la presencia de rosa mosqueta e incendio, ya que no son clases dominantes en la Puna. Por lo tanto, los cambios en el paisaje en esta región ocurren dentro de las clases de vegetación nativa, producto de factores diferentes a los estudiados en este trabajo.

Tabla 35: Métricas a nivel de paisaje: SIDI y CONTAG para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia

Años	SIDI (proporción)	CONTAG (%)
2000	0.40	75.68
2005	0.37	77.57
2014	0.45	56.48
2020	0.42	67.56

4.4.2.2. Métricas a nivel de clase

En la Tabla 36 se muestran los porcentajes que ocupan cada clase en el paisaje de la Puna de la RNV. Al igual que lo observado en las figuras 30 y 31, se visualiza que la Puna está compuesta principalmente por dos clases que cubren más del 99% de su área; éstas son: “Estepa subarbusativa ecotono” y “Pastizal natural de altura”. Los valores en blanco dentro de la tabla son clases que no están presentes en la Puna o que presentan un porcentaje menor al 0.005%, por lo que al aproximar su valor a dos decimales toma el valor de 0%.

Tabla 36: Porcentaje del Paisaje ocupado por cada clase (PLAND), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia

Clases	ID	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1				
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3				
Estepa arbustiva piso inferior	4				
Estepa subarbusativa piso superior	5	0.01	0.01		
Estepa subarbusativa ecotono	6	27.84	24.29	34.26	30.09
Pastizal natural de altura	7	72.15	75.70	65.70	69.90
Estepa arbustiva post-incendio	8				
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9				

A continuación, en las tablas 37 a 39, se muestran los cambios relativos, en porcentaje, de las métricas a nivel de clase calculadas para la Puna de la RNV, en los años seleccionados. Para ver datos sin procesar se recomienda ver el [Anexo 5](#). En negrita se marcaron los cambios relativos negativos. Al igual que en la región anterior, para facilitar la interpretación de los datos, se analizarán los cambios relativos ocurridos sólo para las dos clases que predominan en la Puna (6 y 7) y que ocupan más del 99% del paisaje de esta región. En las

tablas no se colocaron los cambios relativos de las otras clases presentes en la Puna, es decir, aquellas que ocupan menos del 1% del paisaje de esta provincia biogeográfica.

En la Tabla 37 se muestran los cambios relativos de las métricas a nivel de clase para el período 2000-2005 en la Puna de la RNV. Puede observarse que el Área Total de la clase 6 disminuyó en un 12.8%, mientras que la clase 7 aumentó un 4.9%. Ambas clases a su vez, aumentan su Número de Parches (NP) y disminuyen el Tamaño Medio de los mismos (AREA_MN). Además, las dos clases presentan un cambio relativo negativo tanto de la métrica SHAPE_MN como de la ENN_MN.

Tabla 37: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la Puna de la RNV, en el período 2000-2005. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3					
Estepa arbustiva piso inferior	4					
Estepa subarbustiva piso superior	5					
Estepa subarbustiva ecotono	6	-12.8	87.8	-53.5	-2.8	-12.9
Pastizal natural de altura	7	4.9	132.5	-54.9	-2.8	-32.9
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9					

Por su parte, la Tabla 38 muestra los cambios relativos para el período 2005-2014 en la Puna de la RNV. En ella se visualiza que, a diferencia del período anterior, en este caso aumenta el Área Total (CA/TA) de la clase 6 y disminuye el área de la clase 7. También se observa que ambas clases disminuyen su NP. El AREA_MN de la clase 6 aumenta un 50%, mientras que la de la clase 7 disminuye en un 1.1%. Por último, la clase 7 presenta un aumento tanto en su SHAPE_MN como en la ENN_MN, mientras que la clase 6 tiene un cambio positivo en la métrica SHAPE_MN y un cambio negativo en la ENN_MN.

Tabla 38: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la Puna de la RNV, en el período 2005-2014. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3					
Estepa arbustiva piso inferior	4					
Estepa subarbustiva piso superior	5					
Estepa subarbustiva ecotono	6	41.0	-6.0	50.0	3.7	-0.6
Pastizal natural de altura	7	-13.2	-12.2	-1.1	8.0	8.8
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9					

Finalmente, en la Tabla 39, se muestran los resultados de los cambios relativos de las métricas a nivel de clase para el período 2014-2020 en la Puna de la RNV. En estos años se observa un patrón similar al observado en el período 2000-2005. El Área Total de cada clase (CA/TA) disminuye para la clase 6 y aumenta en la clase 7. Ambas clases aumentan su NP y disminuyen su AREA_MN. Sumado a que en ambas clases disminuyen tanto la métrica SHAPE_MN como la ENN_MN.

Tabla 39: Cambios relativos (%) de las métricas a nivel de clase, calculadas para la Puna de la RNV, en el período 2014-2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	ID	CA/TA	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1					
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2					
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3					
Estepa arbustiva piso inferior	4					
Estepa subarbustiva piso superior	5					
Estepa subarbustiva ecotono	6	-12.2	8.8	-19.3	-3.1	-1.1
Pastizal natural de altura	7	6.4	46.5	-27.4	-9.4	-2.8
Estepa arbustiva post-incendio	8					
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9					

Para sintetizar los resultados obtenidos se puede decir, al calcular la diferencia de los resultados de las métricas entre el año 2000 y 2020, que en la Puna de la RNV la clase 7 disminuyó casi en la misma medida que la clase 6 aumentó en el período estudiado (ver Figura 32).



Figura 32: Diferencias del cambio del Área Total de la Clase para los años 2000 y 2020, en la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Además, se observa que ambas clases aumentaron su Número de Parches (NP), aproximadamente en 400 unidades y que, a su vez, ambas disminuyeron el valor de su AREA_MN. Sin embargo, la disminución fue mayor en la clase 7 (-31 ha) que en la clase 6 (-3 ha).

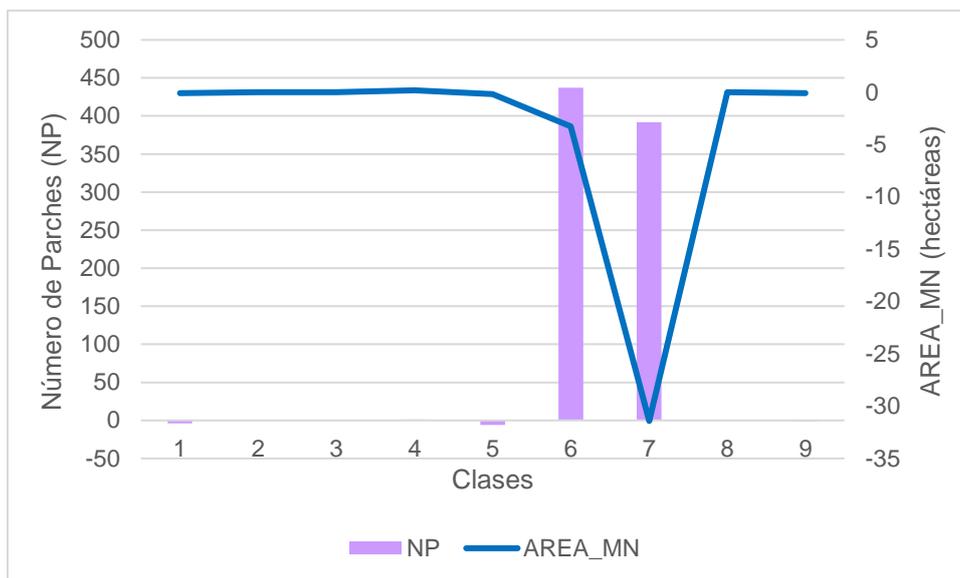


Figura 33: Diferencias en el Número de Parches (NP) y en el Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, en los años 2000 y 2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Por último, ninguna de las dos clases presentó cambios notorios en las métricas SHAPE_MN ni en la ENN_MN. Si se observan cambios en otras clases, pero éstos se deben principalmente a que en el año 2000 el clasificador detectó una determinada clase que en el año 2020 no estuvo presente o viceversa, lo cual no adquiere importancia al ocupar cada una de ellas menos del 0.01% de la Puna de la RNV.

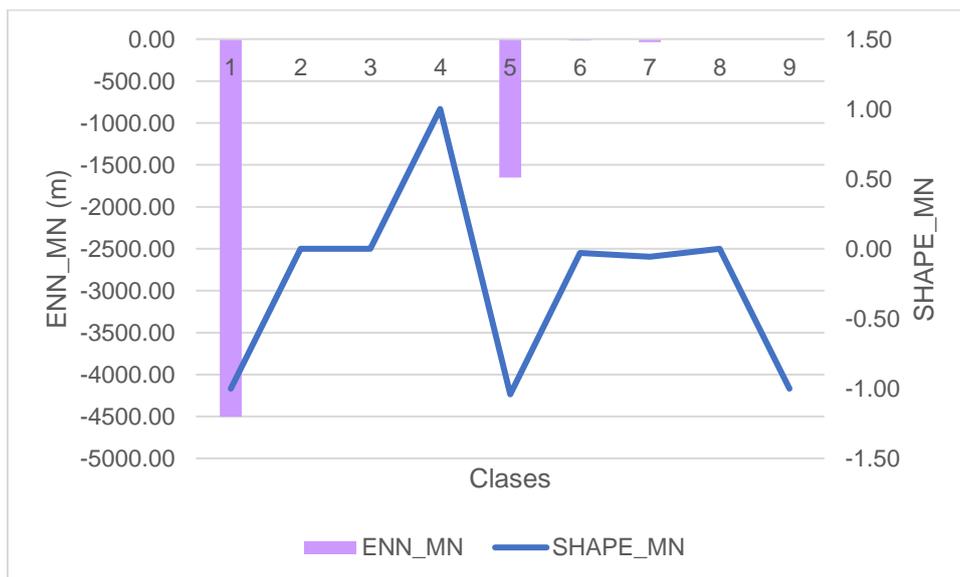


Figura 34: Diferencias en la Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros y en el Índice de Forma Medio de los parches de cada clase (SHAPE_MN), en los años 2000 y 2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.5.1. Análisis estadístico para el Monte de la RNV

4.5.1.1. Análisis descriptivo

A continuación, se muestran los valores de los estadígrafos descriptivos calculados para las dos zonas del Monte de la RNV (ver Tablas 40 y 41). Los gráficos de caja para cada una de las variables se presentan en el [Anexo 6](#). Se puede observar que ambas zonas presentan valores similares para la mayoría de las variables analizadas. Destaca la variable Clase, la cual en la zona este toma un valor cercano a 3, en tanto que, la zona oeste presenta una media cercana a 2, con mayor desviación estándar en la primera. También se observan diferencias en las variables “CA incendio” y “AREA_MN incendio”, en ambos casos el Monte Este presenta valores mayores que en el Monte Oeste. No sucede lo mismo con el “NP incendio”, donde los valores medios son similares en ambas zonas (0.40 para la zona este y 0.48 para la zona oeste).

Tabla 40: Estadígrafos descriptivos para la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Media	D.E.	Mín	Máy
Clase	3.03	2.75	1	9
CONTAG	14.89	20.53	0	55.30
SIDI	0.15	0.19	0	0.49
NP	1.53	0.68	1	3
AREA_MN	0.62	0.22	0.27	0.81
SHAPE_MN	1.03	0.07	1	1.26
CA incendio	0.17	0.29	0	0.81
NP incendio	0.40	0.50	0	1
AREA_MN incendio	0.17	0.29	0	0.81

Tabla 41: Estadígrafos descriptivos para la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Media	D.E.	Mín	Máy
Clase	2.37	1.27	1	8
CONTAG	16.32	20.79	0	55.30
SIDI	0.20	0.21	0	0.59
NP	1.77	0.82	1	4
AREA_MN	0.53	0.23	0.18	0.81
SHAPE_MN	1.04	0.08	1	1.27
CA incendio	0.04	0.09	0	0.36
NP incendio	0.48	0.48	0	2
AREA_MN incendio	0.08	0.08	0	0.36

4.5.1.2. Análisis inferencial

Ninguna de las variables del Monte cumplió con los supuestos de homocedasticidad y de normalidad. En el gráfico Q-Q plot se observó que ninguna de las métricas seguía una distribución normal, mientras que en todas las variables la prueba de Shapiro-Wilks (modificada) dio significativa ($p < 0.05$). Por lo tanto, en cada una de las métricas de paisaje del Monte se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

En las siguientes tablas se reflejan los resultados. El sector 1 corresponde al Monte Este y el sector 2 al Monte Oeste. Existe diferencia significativa de los valores de las métricas entre ambas zonas cuando el p_{valor} es menor a 0.05 ($p < 0.05$).

Tabla 42: Prueba de Kruskal Wallis para la variable Clase en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Clase	1	30	3.03	2.75	2.00	0.10	0.7406
Clase	2	30	2.37	1.27	2.00		

Tabla 43: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Contagio (CONTAG) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CONTAG	1	30	14.89	20.53	0.00	0.39	0.5012
CONTAG	2	30	16.32	20.79	5.30		

Tabla 44: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
SIDI	1	30	0.15	0.19	0.00	1.09	0.2630
SIDI	2	30	0.20	0.21	0.20		

Tabla 45: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches (NP) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
NP	1	30	1.53	0.68	1.00	1.03	0.2647
NP	2	30	1.77	0.82	2.00		

Tabla 46: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Tamaño Medio del Parche (AREA_MN), en hectáreas, en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
AREA_MN	1	30	0.62	0.22	0.77	1.78	0.1543
AREA_MN	2	30	0.53	0.23	0.41		

Tabla 47: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Forma (SHAPE_MN) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
SHAPE_MN	1	30	1.03	0.07	1.00	0.08	0.6691
SHAPE_MN	2	30	1.04	0.08	1.00		

Tabla 48: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Área Total de la clase incendio (CA incendio) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CA incendio	1	30	0.17	0.29	0.00	2.77	0.0363
CA incendio	2	30	0.04	0.09	0.00		

Tabla 49: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches de la clase incendio (NP incendio) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
NP incendio	1	30	0.40	0.50	0.00	2.14	0.0616
NP incendio	2	30	0.20	0.48	0.00		

Tabla 50: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Tamaño Medio de Parche de la clase incendio (AREA_MN incendio) en el Monte Este (sector 1) y Monte Oeste (sector 2) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
AREA_MN incendio	1	30	0.17	0.29	0.00	2.92	0.0316
AREA_MN incendio	2	30	0.03	0.08	0.00		

Como se anticipó anteriormente, las dos zonas del Monte de la RNV son similares estadísticamente en cuanto a los valores de las métricas de paisaje analizadas. Aunque se observó una media mayor para la variable Clase en la zona este, no son estadísticamente diferentes (ver Tabla 42, $p = 0.7406$). Sin embargo, las dos zonas sí se diferencian en el área ocupada por la clase vinculada al incendio. Tanto para el Área Total ocupada por la clase (CA incendio) como para el Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN incendio) existe diferencia significativa entre las zonas (ver Tablas 48 y 50); dentro de las cuales, la zona este presenta una mayor área ocupada por la clase incendio que la zona oeste.

4.5.2. Análisis estadístico para el Cardonal de la RNV

4.5.2.1. Análisis descriptivo

Se presentan a continuación los estadígrafos descriptivos para las tres zonas del Cardonal. Los gráficos de caja, al igual que para el Monte, se muestran en el [Anexo 6](#). En las tablas 51 a 53 se observa que la media de la variable Clase, en las tres zonas, tomó un valor cercano a 5, sin embargo, es importante resaltar que en ninguna de las 30 muestras del Cardonal Sur estuvo presente la clase vinculada a rosa mosqueta. Esto se observa en el valor máximo de la variable Clase; en la zona norte y centro su valor máximo fue 9, correspondiente a la clase de rosa, mientras que en la zona sur su valor máximo fue 6.

Por otro lado, el Índice de Contagio fue menor en la zona sur que en las otras dos zonas, en tanto que, el Índice de Diversidad de Simpson tuvo un mayor valor en la zona centro. Por su parte, la media del Número de Parches varió entre 1 a 2, presentando un valor máximo de 4 en la zona centro. El AREA_MN tuvo una media aproximada de 0.60 ha en la zona norte y en la zona sur, mientras que, en la zona norte su media fue menor, tomando un valor de 0.43. A su vez, la métrica SHAPE_MN no presentó grandes diferencias entre las distintas zonas. Finalmente, tanto el Área Total de la clase de rosa mosqueta como el Número de Parches de rosa presentó un valor medio mayor en el norte y un valor medio menor en el Cardonal Sur.

Tabla 51: Estadígrafos descriptivos para la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Media	D.E.	Mín	Máx
Clase	5.50	1.98	3	9
CONTAG	19.26	23.84	0	55.30
SIDI	0.15	0.18	0	0.57
NP	1.57	0.63	1	3
AREA_MN	0.60	0.22	0.18	0.81
SHAPE_MN	1.03	0.07	1	1.27
CA rosa	0.16	0.28	0	0.81
NP rosa	0.37	0.49	0	1

Tabla 52: Estadígrafos descriptivos para la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Media	D.E.	Mín	Máx
Clase	5.10	1.58	3	9
CONTAG	20.32	17.26	0	55.30
SIDI	0.34	0.20	0	0.64
NP	2.13	0.78	1	4
AREA_MN	0.43	0.18	0.18	0.81
SHAPE_MN	1.08	0.10	1	1.33
CA rosa	0.08	0.18	0	0.72
NP rosa	0.23	0.43	0	1

Tabla 53: Estadígrafos descriptivos para la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Media	D.E.	Mín	Máx
Clase	5.27	1.01	3	6
CONTAG	12.36	18.30	0	55.30
SIDI	0.14	0.20	0	0.59
NP	1.50	0.68	1	3
AREA_MN	0.63	0.22	0.27	0.81
SHAPE_MN	1.06	0.14	1	1.67
CA rosa	0.00	0.02	0	0.09
NP rosa	0.03	0.18	0	1

4.5.2.2. Análisis inferencial

Al igual que en lo ocurrido en el Monte, ninguna de las métricas de paisaje calculadas para el Cardonal cumplió con los supuestos de homocedasticidad y de normalidad. Esto se observó en el gráfico Q-Q plot junto a la prueba de normalidad Shapiro-Wilks (modificada), la cual presentó en todos los casos un p_{valor} menor a 0.05 ($p < 0.05$). Por lo tanto, el análisis inferencial del Cardonal, en todos los casos, consistió en aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba para cada una de las variables. El sector 1 corresponde al Cardonal Norte, el sector 2 al Cardonal Centro y el sector 3 al Cardonal Sur. Cuando el p_{valor} es menor a 0.05 ($p < 0.05$) demuestra que existe diferencia significativa entre alguna de las tres zonas. En los casos donde esto sucede, aparece una segunda tabla en donde las medias que presentan una letra común señalan que esas zonas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Tabla 54: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable clase en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Clase	1	30	5.50	1.98	4.50	1.41	0.4571
Clase	2	30	5.10	1.58	5.00		
Clase	3	30	5.27	1.01	6.00		

Tabla 55: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Contagio (CONTAG) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CONTAG	1	30	19.26	23.84	1.46	5.67	0.0461
CONTAG	2	30	20.32	17.26	21.00		
CONTAG	3	30	12.36	18.30	0.00		
Trat.	Medias						
3	12.36	A					
1	19.26	A	B				
2	20.32		B				

Tabla 56: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Diversidad de Simpson (SIDI) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
SIDI	1	30	0.15	0.18	0.10	15.52	0.0002
SIDI	2	30	0.34	0.20	0.35		
SIDI	3	30	0.14	0.20	0.00		
Trat.	Medias						
3	0.14	A					
1	0.15	A					
2	0.34		B				

Tabla 57: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches (NP) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
NP	1	30	1.57	0.63	1.50	10.90	0.0015
NP	2	30	2.13	0.78	2.00		
NP	3	30	1.50	0.68	1.00		
Trat.	Medias						
3	1.50	A					
1	1.57	A					
2	2.13		B				

Tabla 58: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Tamaño Medio del Parche (AREA_MN) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
AREA_MN	1	30	0.60	0.22	0.61	12.58	0.0007
AREA_MN	2	30	0.43	0.18	0.41		
AREA_MN	3	30	0.63	0.22	0.81		
Trat.	Medias						
2	0.43	A					
1	0.60		B				
3	0.63		B				

Tabla 59: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Índice de Forma (SHAPE_MN) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
SHAPE_MN	1	30	1.03	0.07	1.00	3.25	0.0842
SHAPE_MN	2	30	1.08	0.10	1.00		
SHAPE_MN	3	30	1.06	0.14	1.00		

Tabla 60: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Área Total de la clase rosa mosqueta (CA Rosa) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CA rosa	1	30	0.16	0.28	0.00	5.40	0.0049
CA rosa	2	30	0.08	0.18	0.00		
CA rosa	3	30	3.0E-03	0.02	0.00		
Trat.	Medias						
3	0.003	A					
2	0.08	A	B				
1	0.16		B				

Tabla 61: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable Número de Parches de la clase de rosa (NP Rosa) en el Cardonal Norte (sector 1), Cardonal Centro (sector 2) y Cardonal Sur (sector 3) de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sector	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
NP rosa	1	30	0.37	0.49	0.00	5.01	0.0066
NP rosa	2	30	0.23	0.43	0.00		
NP rosa	3	30	0.03	0.18	0.00		
Trat.	Medias						
3	0.03	A					
2	0.23	A	B				
1	0.37		B				

A diferencia de lo observado en el Monte, solo dos de las ocho variables analizadas son iguales en las tres zonas: las variables Clase e Índice de Forma (SHAPE_MN) (ver Tablas 54 y 59). En las demás métricas las tres zonas del Cardonal manifiestan tres casos: 1) las zonas centro y sur son estadísticamente diferentes entre sí e iguales respecto a la zona norte, 2) la zona centro es estadísticamente diferente a las zonas norte y sur que son iguales entre sí y 3) las zonas norte y sur son estadísticamente diferentes e iguales a la zona centro. No hubo casos en los que las tres zonas fuesen diferentes estadísticamente entre sí.

El primer caso, que la zona centro y sur sean diferentes e iguales a la norte, se presentó para el Índice de Contagio (ver Tabla 55), en donde las zonas norte y centro presentaron un mayor valor. El segundo caso, que la zona centro sea diferente a la zona norte y sur, se dio en el Índice de Diversidad de Simpson (ver Tabla 56), en el Número de Parches (Tabla 57) y en el AREA_MN (Tabla 58). Se observa que la zona centro tiene mayor diversidad de clases, mayor Número de Parches y menor Tamaño Medio de Parches que la zona norte y sur. El último caso, que las zonas norte y sur sean diferentes entre sí e iguales a la zona centro, se observa en las métricas exclusivas de rosa mosqueta. Tanto el Área Total de la clase rosa como el Número de Parches de rosa mosqueta toman valores mayores en la zona norte que en la sur. Esto confirmaría la tendencia observada de disminución de rosa mosqueta en sentido norte – sur para el Cardonal de la RNV.

4.6. SÍNTESIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados presentados anteriormente, es notorio que el paisaje de la RNV se ha modificado durante el período estudiado (2000-2020). Estos cambios se ven reflejados tanto en los mapas de las clasificaciones como en los valores de las métricas de paisaje.

En las clasificaciones, para el área total de la reserva, se observa un aumento de la superficie de las clases vinculadas a la rosa mosqueta y al incendio. Lo cual coincide con: el aumento del área afectada por el incendio visto en las clasificaciones del Monte, siendo mayor en la zona este que en la zona oeste; y el aumento del área ocupada por rosa visualizado en las clasificaciones del Cardonal, el cual disminuye desde el norte hacia el sur. En la Puna no se observan clases modificadoras del paisaje, aunque sí hay cambios en el paisaje que se ven reflejados en las métricas y no en las clasificaciones supervisadas.

La diversidad del paisaje aumentó, tanto para la reserva en general, como para las tres regiones del ANP; es decir, aumentó el área total y/o el número de parches de las clases que conforman el paisaje. A su vez, en el área total de la reserva como en las tres provincias biogeográficas la conectividad del paisaje disminuyó. Ambos resultados son, en general, causa del aumento del área total de las clases “Matorral cerrado de rosa mosqueta” y “Estepa arbustiva post-incendio”.

En cuanto a la composición del paisaje, en este trabajo, de acuerdo a la bibliografía consultada, se dividió a la RNV en 9 clases de vegetación. Siete clases corresponden a vegetación nativa, siendo la más abundante la “Estepa arbustiva piso inferior” (ocupando un 21% del área en 2020) y la menos abundante la “Estepa subarbustiva piso superior” (ocupando casi un 5% en el año 2020). Las otras dos clases corresponden a las vinculadas con los factores estudiados en este trabajo, rosa mosqueta e incendio. Cada una, para el año 2020, ocupó casi un 4% del área de la reserva.

Por su parte, el 98% de la región del Monte (para las dos zonas definidas) está ocupado por cuatro clases: “Arbustal abierto de *L. cuneifolia* acompañado de *B. retama*”, “Matorral abierto de *L. cuneifolia*”, “Matorral cerrado de *L. divaricata*” y “Estepa arbustiva post-incendio”. Donde la clase más abundante en el Monte Este es el Arbustal abierto (clase 1), mientras que en el Monte Oeste es el Matorral Abierto (clase 2). Para el 2020 la “Estepa arbustiva post-incendio” ocupó un 19% del área en la zona este del Monte y un 6% en la zona oeste. Esta diferencia, entre las dos zonas con respecto al área ocupada por la clase vinculada al incendio, resultó ser estadísticamente significativa.

Por otro lado, el 98% del área del Cardonal está ocupada por cinco clases: “Matorral cerrado de *L. divaricata*”, “Estepa arbustiva piso inferior”, “Estepa subarbustiva piso superior”, “Estepa subarbustiva ecotono” y “Matorral rosa mosqueta”. La clase más abundante en las tres zonas (norte, centro y sur) fue la Estepa arbustiva (clase 4), la cual también es la más dominante a nivel de reserva. La rosa mosqueta en el año 2020 ocupó un 15% del área del Cardonal Norte, casi un 10% del Cardonal Centro y un 2% del Cardonal Sur. La disminución de rosa mosqueta, desde el norte al sur del Cardonal, fue comprobada estadísticamente. Siendo el Área Total de la clase de rosa estadísticamente diferente entre la zona norte y sur del Cardonal e iguales al área de rosa de la zona centro.

Por último, más del 99% de la Puna estuvo compuesta solamente por dos clases. Estas fueron: “Estepa subarbustiva ecotono” (30%) y “Pastizal natural de altura” (70%). Destacó en esta región la ausencia de las clases vinculadas a la rosa mosqueta y al incendio.

Respecto al total del área ocupada por cada clase (CA/TA), es importante destacar el valor absoluto obtenido tanto para la clase 8 como para la clase 9 en el área total de la reserva. La clase 8: "Estepa arbustiva post-incendio" pasó de ocupar 448 ha en el año 2000 a 2454 ha en el año 2020. Mientras que la clase 9: "Matorral cerrado de rosa mosqueta" pasó de abarcar 648 ha en el año 2000 a 2424 ha en el año 2020.

En el área total de la reserva el CA/TA aumenta para las clases modificadoras del paisaje y disminuye para la mayoría de las clases de vegetación nativa, excepto para la clase 6 la cual presentó un aumento del 8.8%. Este aumento coincide con lo observado en la Puna, donde disminuye la clase 7 "Pastizal natural de altura" casi en la misma medida que en lo que aumenta la clase 6 "Estepa subarbustiva ecotono". Este reemplazo no puede explicarse a través de los factores elegidos en este trabajo.

El aumento del incendio en toda el área del ANP coincide con lo observado en la región del Monte, en ambas zonas de esta provincia biogeográfica aumenta la clase "Estepa arbustiva post-incendio". Durante los años analizados, el mayor aumento ocurre en la zona este en el período 2000-2005 (la clase 8 pasa de ocupar 53.2 ha a 1373.1 ha). Probablemente este aumento sea causa de los tres incendios ocurridos en el año 2000 en el Monte Este de la RNV (Fundación Villavicencio, 2015).

Algo similar ocurre en el Cardonal, ya que en él se refleja el aumento de rosa mosqueta visualizado en las métricas a nivel de reserva. El mayor aumento se da en la zona norte en el período 2000-2005, donde pasa de ocupar 457.8 ha a 1129.6 ha.

Por otro lado, se observaron, tanto para el área total de la reserva como en las tres provincias biogeográficas, los resultados esperados al estudiar procesos de fragmentación. Las clases de vegetación nativa aumentaron su Número de Parches y disminuyeron el Tamaño Medio de los mismos. En tanto que, las clases modificadoras del paisaje aumentaron en ambas métricas. Aunque el aumento del AREA_MN en rosa fue mucho menor que en la clase vinculada a los incendios.

Finalmente, la fragmentación no se vio reflejada en las métricas Índice de Forma Medio ni en la Distancia Euclidiana Media al Vecino Más Cercano. El valor que tomó la primera métrica (SHAPE_MN) en todos los casos fue menor a 1.5, lo cual indica que todas las clases tienden a tener parches de forma regular (Quintero-Gallego et al., 2014). En tanto que la segunda métrica (ENN_MN), en el período estudiado (2000-2020), disminuyó en la mayoría de las clases en el área total de la reserva y en todas las clases de las regiones del Monte y del Cardonal. En la Puna no hubo cambios de ninguna de las dos métricas.

5. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, el único cambio en el paisaje que no puede ser explicado ni por el avance de rosa ni por la ocurrencia de incendios, es el cambio ocurrido en la Puna. En ella se observó el reemplazo del pastizal por la estepa subarbusciva en el período analizado y la ausencia de las clases modificadoras del paisaje. Conforme a Flores (2016), esto podría ser una consecuencia esperada del cambio climático. De acuerdo a este autor, quien estudió el impacto del cambio climático previsto para el 2050 en la Puna de Perú, los pastizales y humedales reducirán su extensión, a la vez que los arbustales incrementarán su área ⁽¹²⁾.

Por su parte, los cambios observados en el paisaje, tanto en el Monte como en el Cardonal de la RNV, sí pueden explicarse a través de los factores modificadores del paisaje consideradas. En el Monte el principal factor modificador del paisaje es el incendio, tal como se había detectado en estudios anteriores (Chiaradia, 2021; Fundación Villavicencio, 2015, 2017, 2018a; Zabala, 2021). Al mismo tiempo que, en el Cardonal, la rosa mosqueta es el factor que condiciona al paisaje en esta provincia biogeográfica, lo cual también había sido identificado en trabajos previos realizados por Fundación Villavicencio (2018a, 2020) y Mazzolari (2017).

Se comprobó que la zona este del Monte posee una mayor área afectada por el incendio que la zona oeste. Teniendo en cuenta, según Chiaradia (2021), que los cambios de vegetación se observarán pasados 40 años del incendio, sería conveniente restaurar el área de forma activa, comenzando por la zona más perjudicada. Se podría trabajar en conjunto, o de forma similar, al proyecto participativo “Sumá Nativas”, que está llevando a cabo la restauración de áreas afectadas por incendios en Potrerillos, Mendoza (<https://www.sumasnativas.com/>).

Asimismo, en el Cardonal, se verificaron las densidades de rosa mosqueta registradas en el trabajo de Fundación Villavicencio (2020), en las cuales el área de ocupación de la especie disminuye de norte a sur. Sin embargo, se difiere respecto al valor obtenido de superficie total cubierta: mientras que en el informe se midieron 5714 ha de rosa mosqueta en la reserva (Fundación Villavicencio, 2020), en este trabajo, para el año 2020, se registraron 2424.24 ha ⁽¹³⁾.

Cabe destacar que el Cardonal “es la región donde se encuentran gran parte de los humedales presentes en la reserva” (Fundación Villavicencio, 2020). Y que, de acuerdo a Mazzolari (2017) éstos “representan hábitats idóneos para la invasión de las rosas mosquetas (*Rosa canina* y *R. rubiginosa*)”. Por lo que resulta fundamental que se continúe con las acciones de control y manejo propuestas en el programa “Monitoreo y control de especies exóticas invasoras (EEI)” del último plan de gestión (Fundación Villavicencio, 2018b).

⁽¹²⁾ Flores (2016) en su trabajo emplea el término pajonal que se refiere a un tipo de vegetación específica dentro de lo que son los pastizales (Comparatore et al., 1996). Además utiliza el concepto de bofedal que es un tipo de humedal altoandino (Portal Quicaña, 2019). Por último, el término arbustal, que coincide con lo que en este trabajo se denominó estepa subarbusciva, ya que los describe como “vegetación dominada por plantas leñosas de porte bajo e intermedio”.

⁽¹³⁾ Por observación de Sebastián Martín, jefe del área técnica de la reserva (2015-2022), se puso énfasis en este aspecto. Ya que, según sus estimaciones a campo, había una menor ocupación de rosa mosqueta que lo que indicaba el informe (comunicación personal, 2022). Esto pudo comprobarse gracias al cálculo de métricas del paisaje, en especial, Área Total de la Clase (CA/TA).

Por otro lado, aunque en toda la reserva se observaron cambios en el paisaje producto, en su mayoría, del aumento de las clases modificadoras del paisaje y de la disminución de las clases de vegetación nativa, para Fahrig (2003) no se trata de un proceso de fragmentación. Esta autora estudió el empleo del término “fragmentación” por diversos investigadores y determina que existe fragmentación cuando: aumenta el Número de Parches, disminuye el Tamaño de los mismos y aumenta el Aislamiento. En caso de que ocurran algunos, pero no todos los efectos de la fragmentación, se está en presencia de un proceso de pérdida de hábitat. Como se puede observar en la Figura 35, los cambios ocurridos en la reserva corresponderían al caso B de pérdida de hábitat, en donde se observa: un aumento del Número de Parches, una disminución del Tamaño Medio de los mismos, pero no un aumento del Aislamiento.

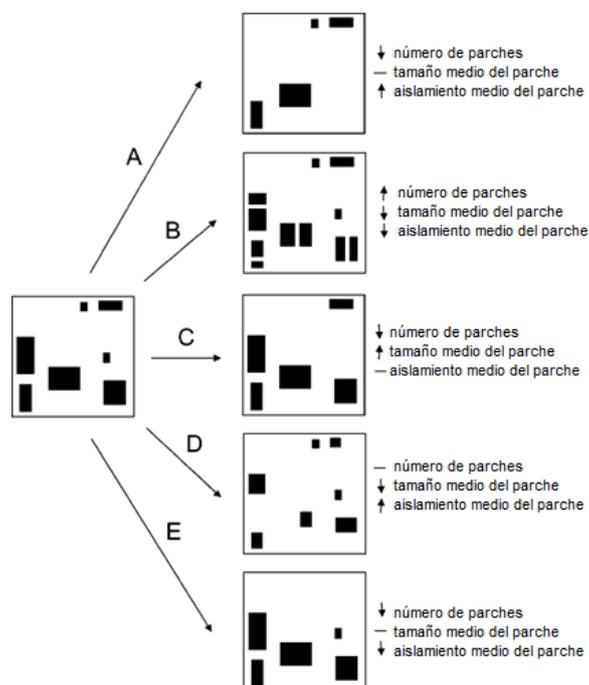


Figura 35: Ilustración de la pérdida de hábitat que resulta en algunos, pero no todos, de los otros tres efectos esperados de la fragmentación del hábitat en el patrón del paisaje. Los efectos esperados son (a) un aumento en el Número de Parches, (b) una disminución en el Tamaño Medio del parche y (c) un aumento en el Aislamiento Medio del Parche (Distancia del Vecino Más Cercano). Los cambios reales se indican mediante flechas. Fuente: Fahrig (2003).

La pérdida de hábitat tiene efectos grandes y consistentemente negativos sobre la biodiversidad (Fahrig, 2003), por lo que la protección del mismo es fundamental (Clark et al., 2013). Una de las herramientas más utilizadas para su conservación es el establecimiento de áreas protegidas (Rayn & Sutherland, 2011). Sin embargo, Mora y Sale (2011) concluyen que las áreas protegidas existentes y la velocidad con la que se establecen las nuevas no son suficientes para combatir las pérdidas actuales de diversidad biológica.

Aunque una gran parte de las áreas protegidas a nivel mundial, al igual que la RNV, se encuentran en lugares donde es poco probable que enfrenten presiones de conversión de tierras, tanto por avance urbano como agrícola (Joppa & Pfaff, 2009; 2010); es posible que se conviertan de hábitats naturales a hábitats modificados, a menos que se les brinde una protección y gestión efectiva (Clark et al., 2013).

Un elemento esencial para la gestión y conservación de la biodiversidad es el estudio de la conectividad del paisaje (Correa-Ayram et al., 2017). La misma, según Taylor et al. (2006), se divide en dos tipos: conectividad estructural y funcional. La conectividad estructural describe las relaciones físicas entre parches de hábitat, empleando métricas de paisaje (Taylor et al., 2006). En tanto que la conectividad funcional estudia la respuesta a la conducta de las especies ante la estructura física del paisaje (Alonso-F et al., 2017). Si bien en este trabajo se llevó a cabo un estudio de la conectividad estructural del paisaje de la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio, sería interesante continuar esta línea de investigación con un estudio de conectividad funcional del área protegida.

El estudio de la conectividad funcional ayudaría a monitorear la efectividad de la conectividad en la reserva (Clark et al. 2013), ya que un ambiente que está conectado estructuralmente no necesariamente le es funcional a la especie objetivo, a la vez que no necesariamente un hábitat tiene que estar estructuralmente conectado para estar funcionalmente conectado (Taylor et al., 2006). Se podrían utilizar como especies de estudio de la RNV al guanaco (*Lama guanicoe*) o al puma (*Puma concolor*) aprovechando que ya existen estudios sobre la conservación de estas especies en el área (Puig et al. 2014, 2016, 2017a, 2017b; Reserva Natural Villavicencio 2020a, 2020b).

Por último, según Leija y Mendoza (2021) en América Latina existe la necesidad de desarrollar un mayor número de investigaciones sobre conectividad del paisaje. Aunque en el análisis de publicaciones sobre la temática en el período 2000-2018, llevado a cabo por estos autores, Argentina se encontró entre los cinco países con el mayor porcentaje del total de publicaciones realizadas (83 %), la mayoría se elaboraron en bosques tropicales y bosques templados. Además, los estudios realizados en el país, en esos y otros ambientes se abocan, sobre todo, a la fragmentación del paisaje ocasionada por el avance urbano y/o agrícola (por ej. Collado y Dellafiore, 2002; Comisso, 2022; Correa et al., 2012; Demaría et al., 2008; Lara y Gandini, 2018). En este sentido, esta investigación aporta tanto a la estadística de trabajos de conectividad realizados en el país como a la diversificación de causas posibles de pérdida de conectividad.

6. CONCLUSIONES

En el presente estudio se analizó la dinámica temporal de la estructura del paisaje de la Reserva Natural y sitio Ramsar Villavicencio, desde su creación (2000) hasta la actualidad (2020). Para ello, se realizaron mapas de las clases de vegetación presentes en toda el área de la reserva y en las tres provincias biogeográficas. Para el Monte y el Cardonal se obtuvieron mapas diferenciados de acuerdo a las zonas en las que se subdividieron. A su vez, se calcularon ocho métricas del paisaje, dos a nivel de paisaje y seis a nivel de clase. Por último, se realizó un análisis estadístico para comprobar las diferencias observadas entre las zonas del Monte y el Cardonal de la reserva.

A partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar que existen modificaciones en los patrones del paisaje de la reserva causadas por los episodios de incendios y la invasión de rosa mosqueta. Estas modificaciones consisten en la pérdida de hábitat, manifestada en una disminución del área de la vegetación nativa y un aumento del área ocupada por las clases vinculadas al incendio y a la rosa mosqueta. Además, esta pérdida de hábitat nativo se puede divisar en el aumento del Número de Parches y en la disminución del Tamaño Medio de los Parches de las clases de vegetación nativa, en tanto que, para las clases incendio y rosa mosqueta, ambas métricas aumentan.

Se observó que el incendio modifica, sobre todo, el paisaje del Monte, dentro del cual la zona Este es la más afectada. Mientras que, la rosa mosqueta avanza principalmente sobre el Cardonal, ocupando una mayor área en la zona norte y disminuyendo hacia el sur. En cambio, los cambios del paisaje en la Puna, que consistieron en el reemplazo de pastizal por estepa subarabustiva, no pueden explicarse con los factores elegidos en este trabajo, ya que ni el incendio ni la rosa mosqueta estuvieron presentes en esta provincia biogeográfica.

Finalmente, se proponen dos posibles investigaciones más que complementarían el tema desarrollado en este estudio. La primera podría consistir en un estudio de conectividad del paisaje a mayor detalle, en el cual puedan observarse la dinámica de los humedales presentes en la reserva y del algarrobal, que no pudieron ser estudiados en este trabajo. Y, en segundo lugar, se podría realizar un análisis de la dinámica del paisaje de un área buffer de la reserva, tal como se ha realizado en otros trabajos (Jaque-Castillo et al., 2013; Pineda-Bedón y Jaramillo-Cuaycal, 2022). Esto último permitiría saber cómo cambia el paisaje alrededor de la reserva y las presiones a las que se enfrenta.

Se considera que esta investigación servirá como un instrumento de gestión directa de la reserva. En primer lugar, porque fomenta que se continúe con las prácticas de manejo y control de rosa mosqueta llevadas a cabo actualmente. Y, en segundo lugar, porque aporta información para futuros proyectos que pueden ejecutarse dentro del área.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., y Palomeque, X. (2017). *Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador*. *Caldasia*, 39(1), 143. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64324>.
- Ambrosetti, J. A., Del Vitto, L. A., y Mendez, E. (1983). *Esquema de la Vegetación desde Mendoza a las Cuevas por Villavicencio y Paso de Uspallata* (Biblioteca Botánica «Ruiz Leal»).
- Arana, M. D., Natale, E., Ferretti, N., Romano, G., Oggero, A., Martínez, G., Posadas, P., y Morrone, J. J. (2021). *Esquema biogeográfico de la República Argentina*. 1ª edición. Tucumán: Fundación Miguel Lillo. Libro digital, PDF. ISBN 978-950-668-039-8 <http://www.lillo.org.ar/editorial/index.php/publicaciones/catalog/book/253>.
- Arboit, M. E., y Maglione, D. S. (2018). *Situación actual y cambios recientes en los índices de vegetación (vis) en ciudades forestadas con climas secos. Caso área metropolitana de Mendoza, Argentina*. *Revista Urbano*, 21(38), 18-35. <https://doi.org/10.22320/07183607.2018.21.38.02>.
- Badii, M. H., y Landeros, J. (2007). *Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad*. 2(1)(26-38).
- Baghdadi, N., Mallet, C., & Zribi, M. (2018). QGIS and applications in territorial planning. En *QGIS and Applications in Territorial Planning* [QGIS y aplicaciones en la planificación territorial. En QGIS y Aplicaciones en Planificación Territorial] (p. 270). <https://doi.org/10.1002/9781119457121>.
- Bandeira, T. V., & Cruz, M. L. B. Da. (2021). *Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiuba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI*. [Estudio de la cobertura vegetal en el municipio de Guaiuba/CE a partir de la utilización de los índices de vegetación SAVI y NDVI]. *Geosul*, 36(78), 410-433. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73138>.
- Bárcena, J. R., Moreira, S. M., Moretti, G., Pelagatti, O., y Roig, F. (2020). *Cartografía del camino del Villavicencio—Alto del Paramillo*. <https://incihusa.mendoza-conicet.gob.ar/jspui/handle/9999/254>.
- Benavente, F. A. (2010). *Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada*. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 30(2), 9-29.
- Bonilla-Vilatuña, D. M., y Taipe-Quispe, J. M. (2021). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal a partir de la imagen satelital Sentinel-2 y Landsat-8 mediante el uso de algoritmos de clasificación, en la Reseva Ecológica El Ángel y Reserva Ecológica Arenillas* [Trabajo de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera Ingeniería Ambiental]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20884>.
- Cannizzo, M., Campos, C. M., y Lichtenstein, G. (2021). *Protegiendo lo desprotegido: Cambios y desafíos del sistema de áreas naturales protegidas de Mendoza*. *Boletín de Estudios Geográficos*, 114, 53-75.
- Chiaradia, F. (2021). *Dinámica Post-Fuego de la comunidad vegetal y del funcionamiento del paisaje en la Reserva Natural Privada de Villavicencio* [Tesina de grado]. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Chuvieco-Salineró, E. (2008). *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. (3ra edición actualizada). Ariel Ciencias.

- Clark, N. E., Boakes, E. H., McGowan, P. J. K., Mace, G. M., & Fuller, R. A. (2013). *Protected Areas in South Asia Have Not Prevented Habitat Loss: A Study Using Historical Models of Land-Use Change* [Las áreas protegidas en el sur de Asia no han evitado la pérdida de hábitat: un estudio que utiliza modelos históricos de cambio de uso de la tierra]. PLOS ONE, 8(5), e65298. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065298>.
- Collado, A. D., y Dellafiore, C. M. (2002). *Influencia de la fragmentación del paisaje sobre la población del venado de las pampas en el sur de la provincia de San Luis*. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 31(2), 39-59.
- Comisso, A. (2022). *Estudio de la estructura del paisaje en Barrancas, Maipú, en el período comprendido entre 1990 y 2021* [Tesina de grado]. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Comparatore, V. M., Martínez, M. M., Vassallo, A. I., Barg, M., y Isacch, J. P. (1996). *Abundancia y relaciones con el hábitat de aves y mamíferos en pastizales de Paspalum quadrifarium (Paja Colorada) manejados con fuego* (Prov. De Buenos Aires, Argentina). Interciencia, 21(4), 228-237.
- Convenio Sobre La Diversidad Biológica (CDB). 5 de junio de 1992 (Organización de las Naciones Unidas - ONU -). Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Convenio Sobre la Diversidad Biológica (CDB) (2011). Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Convenio Sobre La Diversidad Biológica (CDB) (5 de julio del 2021). *Primer proyecto del Marco Mundial de la Diversidad Biológica Posterior a 2020*. Tercera reunión. ONU, Programa para el medio Ambiente.
- Correa-Ayram, C. A., Mendoza, M. E., y López Granados, E. (2014). *Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México*. Revista de geografía Norte Grande, 59, 7-23. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000300002>.
- Correa-Ayram, C. A., Mendoza, M. E., Etter, A., & Pérez Salicrup, D. R. (2017). *Anthropogenic impact on habitat connectivity: A multidimensional human footprint index evaluated in a highly biodiverse landscape of Mexico* [Impacto antropogénico en la conectividad del hábitat: un índice de huella humana multidimensional evaluado en un paisaje altamente biodiverso de México]. Ecological Indicators, 72, 895-909.
- Correa, J., Volante, J., y Seghezze, L. (2012). *Análisis de la fragmentación y la estructura del paisaje en bosques nativos del Norte Argentino*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 16, 97-103.
- D'Amario, J., Mastrantonio, L. y Rodríguez-Plaza, L. (2020). *Nociones de Teledetección (comp)*. "SIG y Teledetección". Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.
- Dalmasso, A. D., Carretero, E. M., Videla, F., Puig, S., y Candia, R. (1999). Reserva Natural Villavicencio (Mendoza, Argentina). *Plan de Manejo*. Multequina, 8, 11-50.
- Demaría, M. R., Aguado-Suárez, I., y Steinaker, D. F. (2008). *Reemplazo y fragmentación de pastizales pampeanos semiáridos en San Luis, Argentina*. Ecología austral, 18(1), 55-70.
- Del Barrio, L., D'Amario, J., Otta, S., Aloy, G., Sosa, P., Suklje, M., Collado, R., Banchemo, S., y Abelleira, D. (2020). *Clasificación de coberturas de suelo de la Cuenca del Río Tunuyán Superior (Mendoza)*.

- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. *InfoStat versión (2018)*. Centro de transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Dudley, N. (Ed.). (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2008.PAPS.2.es>.
- Fahrig, L. (2003). *Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity* [Efectos de la fragmentación del hábitat en la biodiversidad]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487-515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>.
- Flores, E. R. (2016). *Cambio Climático: Pastizales Altoandinos y Seguridad Alimentaria*. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, 1, 8-8.
- Fracassi, N. G., Pereira, J. A., y Hauri, B. (2017). *Estrategias de conservación de la biodiversidad en paisajes forestales del Bajo Delta Del Paraná—uniendo a los actores clave de la región*. *Mastozoología Neotropical*, 24(59-68), 10.
- Fundación Villavicencio. (2015). *Registro de incendios y detección de áreas quemadas en Reserva Natural Villavicencio*.
- Fundación Villavicencio. (2017). *Identificación y jerarquización espacial del riesgo de incendios en la Reserva natural Villavicencio por medio de Geotecnologías*.
- Fundación Villavicencio. (2018a). *Plan de Gestión: Reserva Natural y Sitio Ramsar Villavicencio. Tomo I: Conocimiento del área*.
- Fundación Villavicencio. (2018b). *Plan de Gestión: Reserva Natural y Sitio Ramsar Villavicencio. Tomo II: Herramientas de Gestión*.
- Fundación Villavicencio. (2020). *Evolución histórica y tendencias futuras de la cobertura de rosa mosqueta en la Reserva Natural Villavicencio (Mendoza, Argentina)* [Informe Final].
- Galli, S. (2020). *Descripción y zonificación de los bosques de Prosopis flexuosa (algarrobo dulce) de la Reserva Villavicencio con el propósito de incluirlos en el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Mendoza*. [Tesina de grado, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias]. <https://bdigital.uncu.edu.ar/14872>.
- Gavier-Pizzaro G. (2020). *Índices cuantificadores de la estructura del paisaje*. Curso Ecología de Paisajes. Instituto de Recursos Biológicos (IRB), INTA.
- Gilabert, M. A., Gonzalez-Piqueras, J., y García-Haro, J. (1997). *Acerca de los índices de vegetación*. *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección*, 8.
- Gobierno de Mendoza (Sin fecha). *Áreas Naturales Protegidas de Mendoza*. Recuperado de <https://www.mendoza.gov.ar/areasnaturales/>.
- Gurrutxaga-San Vicente, M. y Lozano-Valencia, P. J. (2010). *Causas de los procesos territoriales de fragmentación de hábitats*. 33, 147-158.
- Gurrutxaga-San Vicente, M., y Lozano-Valencia, P. J. (2008). *Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre*. *Estudios Geográficos*, LXIX(265), 519-543. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0427>.
- Herrera-Calvo, P. M., y Díaz-Varela, E. (2013). *Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica*. 29.

- Huete, A. R. (1988). *A soil-adjusted vegetation index (SAVI)* [Un índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI)]. *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X).
- Jaque-Castillo, E., Huiliñir, V., y Fernández, A. (2013). *Presiones de borde en los Sistemas Naturales Protegidos: Efectos sobre su conservación. Parque Nacional Laguna del Laja, Chile*. *Revista de Geografía Espacios*, 3(5), 55-67.
- Joppa, L. N., & Pfaff, A. (2009). *High and Far: Biases in the Location of Protected Areas* [Alto y lejano: sesgos en la ubicación de áreas protegidas]. *PLOS ONE*, 4(12), e8273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008273>.
- Joppa, L., & Pfaff, A. (2010). *Reassessing the forest impacts of protection: The challenge of nonrandom location and a corrective method* [Reevaluación de los impactos forestales de la protección: el desafío de la ubicación no aleatoria y un método correctivo.]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185, 135-149. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05162.x>.
- Kienast F. (2022). *Summary of theory: Landscape Metrics (comp)*. "Landscape Ecology" [Resumen de la teoría: Métricas del paisaje (comp). "Ecología del paisaje]. ETH Zürich and the Swiss Federal Research Institute WSL in www.edx.org. Link: https://www.edx.org/es/course/landscape-ecology?index=spanish_product&queryID=de0b41de192e56890fe1f3c2fcb1ba36&position=.
- Lamine, S., Petropoulos, G. P., Singh, S. K., Szabó, S., Bachari, N. E. I., Srivastava, P. K., & Suman, S. (2018). *Quantifying land use/land cover spatio-temporal landscape pattern dynamics from Hyperion using SVMs classifier and FRAGSTATS®* [Cuantificación de la dinámica del patrón de paisaje espacio-temporal del uso de la tierra/cobertura de la tierra de Hyperion utilizando el clasificador SVM y FRAGSTATS]. *Geocarto International*, 33(8), 862-878. <https://doi.org/10.1080/10106049.2017.1307460>.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). *The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data* [La Medición del Acuerdo del Observador para Datos Categóricos]. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lara, B., y Gandini, M. (2018). *Análisis de la fragmentación de pastizales en la pampa deprimida (Argentina)*. *Semiárida*, 24(1), Article 1. <https://ojs24.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/3020>.
- Leija, E. G., y Mendoza, M. E. (2021). *Estudios de conectividad del paisaje en América Latina: Retos de investigación*. *Madera y bosques*, 27(1). <https://www.redalyc.org/journal/617/61766374002/html/>
- Ley 24.375/1994. *Por la cual se aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. 3 de octubre de 1994 (Argentina). Recuperado de: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/29276/norma.htm>
- Ley 6.045/1993. *Protección de áreas naturales provinciales*. 26 de agosto de 1993 (Mendoza, Argentina). Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-6045-123456789-0abc-defg-540-6000mvorpyel>
- Martín-Ramos, B., Quintana, S., Pérez, E., y Suárez, E. (2022). *Evaluación de los efectos del PEIT sobre la fragmentación de hábitats*.
- Martínez-Carretero, E. (2010). *Capítulo 6: La vegetación del piedemonte de la precordillera de Mendoza y San Juan*. En *Amenazas naturales de origen hídrico en el centro-oeste árido de Argentina. Diagnóstico y estrategia para su mitigación y control en el Gran San Juan y Gran Mendoza* (Zeta Editores). Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan.

- Martínez-Carretero, E. (1995). *La Puna Argentina: Delimitación General y División en Distritos Florísticos*. 31((1-2)), 27-40.
- Martínez-Carretero, Eduardo. (1993). *El Paisaje Vegetal Natural en los Andes Centrales de Argentina*. El Valle de Uspallata, Mendoza. Colloques Phytosociologiques, XXI(Ecología del paisaje).
- Mas, J. F., y Correa-Sandoval, J. (2000). *Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida «Los Petenes», Campeche, México*. Investigaciones geográficas, 43, 42-59.
- Matteucci, S. (1998). *La cuantificación de la estructura del paisaje* (pp. 271-291).
- Matteucci, S. (2004). *Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón—Proceso*.
- Matteucci, S. D. (2012). *El rol de la ecología de paisajes en la planificación y gestión del espacio*. Fronteras, 11, 12.
- Mazzolari, A. C. (2017). *Análisis de factores que contribuyen a la invasión de rosa mosqueta (Rosa canina y R. rubiginosa) en Mendoza*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/104974>
- McGarigal, K. S. (2012). *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps*.
- Meza, J. C. (2020). *Análisis comparativo de los modelos digitales de elevaciones SRTM y MDE-Ar 2.0 para la identificación de áreas de peligrosidad por inundaciones y anegamientos en un área urbana de llanura*. Geográfica digital, 17(33), 44-60. <https://doi.org/10.30972/geo.17334015>
- Mora, C., & Sale, P. (2011). *Ongoing global biodiversity loss and the need to move beyond protected areas: A review of the technical and practical shortcomings of protected areas on land and sea* [Pérdida de biodiversidad mundial en curso y la necesidad de ir más allá de las áreas protegidas: una revisión de las deficiencias técnicas y prácticas de las áreas protegidas en tierra y mar]. Marine Ecology-Progress Series, 434, 251-266. <https://doi.org/10.3354/meps09214>
- Moráns, M. C. (2005). *Introducción a la Ecología del Paisaje*. Área Ecología.
- Morrone, J. (2004). *La zona de transición Sudamericana: Caracterización y relevancia evolutiva*. Acta Entomológica Chilena, 28, 41-50.
- Morrone, J. J. (2014). *Biogeographical regionalisation of the Neotropical region* [Regionalización biogeográfica de la región Neotropical]. Zootaxa, 3782(1), 1-110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
- Morrone, J. J., & Ezcurra, C. (2016). *On the Prepuna biogeographic province: A nomenclatural clarification* [Sobre la provincia biogeográfica Prepuna: Una aclaración nomenclatural]. Zootaxa, 4132(2), 287. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4132.2.11>
- Narmada, K., Dipjyoti, G., Dhanusree, & Bhaskaran, G. (2021). *Landscape metrics to analyze the forest fragmentation of Chitteri Hills in Eastern Ghats, Tamil Nadu* [Métricas del paisaje para analizar la fragmentación forestal de Chitteri Hills en Eastern Ghats, Tamil Nadu]. *Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences*, 7(1), 001-007.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Peña-Cortés, F., Rebolledo, G., Hermosilla, K., Hauenstein, E., Bertrán, C., Schlatter, R., y Tapia, J. (2006). *Dinámica del paisaje para el período 1980-2004 en la cuenca costera del Lago Budi, Chile. Consideraciones para la conservación de sus humedales*. *Ecología Austral*, 16(2), 183-196.

- Pineda-Bedón, J. G., y Jaramillo-Cuaycal, C. E. (2022). *Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en la zona de amortiguamiento Altoandina del Parque Nacional Cotacachi-Cayapas (1990-2019)* [Trabajo de Titulación]. Universidad Técnica del Norte.
- Portal-Quicaña, E. (2019). *Influencia de la Napa freática sobre la vegetación y capacidad de carga animal en bofedales altoandinos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10377>
- Puig, S., Rosi, M. I., Videla F. & Méndez E. (2014). *Food selection by the guanaco (Lama guanicoe) along an altitudinal gradient in the Southern Andean Precordillera (Argentina)* [Selección de alimento por el guanaco (*Lama guanicoe*) a lo largo de un gradiente altitudinal en la Precordillera Sur Andina (Argentina)]. *Acta Theriol*: 59: 541-551.
- Puig, S., Videla, F., Carretero, E. M., Dalmasso, A., Durán, V., y Lucero, G. (2008). *Plan de Manejo para la Reserva Villavicencio*. 265.
- Puig, S., Videla, F., Rosi, M. I. y Seitz, V.P. (2016). *Investigaciones acerca de vertebrados silvestres relevantes en la Reserva Villavicencio y áreas circundantes, con aplicación en el manejo del área protegida*. Informe de Avance del Primer Año del Proyecto.
- Puig, S., Videla, F., Rosi, M.I., Seitz, V.P., Moreni, J., Pérez, M., Tobares, R., Maldonado, F. y Martín, S., (2017a). *Primeros registros de guanacos albinos en las montañas de la precordillera andina austral (Mendoza, Argentina)*. *Multiequina* 26:77-86.
- Puig, S., Videla, F, Rosi, M.I. y Seitz, V.P. (2017b). *Vertebrados silvestres relevantes en la Reserva Villavicencio: investigaciones con aplicación en el manejo del área protegida: Proyecto Fundación Villavicencio 2015-2020*. Taller Difusión de Resultados de Investigadores, Reserva Natural Villavicencio.
- Quintero-Gallego, M. E., Ortega, J., y Gómez, G. (2014). *Proceso de fragmentación de las coberturas vegetales en la Reserva Natural la Montaña del Ocaso y las zonas aledañas, entre los años 1954 a 2009*. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 25, 123-135.
- Ramsar, C. (1971). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas*. Ramsar, 2, 1971.
- Ramsar (2018). *Reserva Natural Villavicencio*. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. Recuperado de <https://rsis.ramsar.org/ris/2330>
- Rayn, D., & Sutherland, W. (2011). *Impact of nature reserve establishment on deforestation: A test* [Impacto del establecimiento de reservas naturales en la deforestación: una prueba]. *Biodiversity and Conservation*, 20, 1625-1633. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0051-y>
- Redford, K., Coppolillo, P., Sanderson, E., Fonseca, G., Dinerstein, E., Groves, C., Mace, G., Maginnis, S., Mittermeier, R., Noss, R., Olson, D., Robinson, J., Vedder, A., & Wright, M. (2003). *Mapping the Conservation Landscape* [Mapeo de la Conservación del Paisaje]. *Conservation Biology*, 17. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01467.x>
- Reserva Natural Villavicencio (2020a). *La población de guanacos, responde a los 20 años de conservación efectiva de la Reserva*. Recuperado de <https://rnvillavicencio.com.ar/2020/06/10/la-poblacion-de-guanacos-responde-a-los-20-anos-de-conservacion-efectiva-de-la-reserva/>
- Reserva Natural Villavicencio (2020b). *Protocolo de Manejo del Puma*. Recuperado de <https://rnvillavicencio.com.ar/2020/06/17/estamos-trabajando-en-generar-un-protocolo-ante-la-presencia-de-puma/>

- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., & West, C. J. (2000). *Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions* [Naturalización e invasión de plantas exóticas: Conceptos y definiciones]. *Diversity and Distributions*, 6(2), 93-107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Rijal, S., Saleh, M., Jaya, I. N., & Tiryana, T. (2016). *Spatial Metrics of Deforestation in Kampar and Indragiri Hulu, Riau Province* [Métricas espaciales de deforestación en Kampar e Indragiri Hulu, provincia de Riau]. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika (Journal of Tropical Forest Management)*, 22, 24-34. <https://doi.org/10.7226/jtfm.22.1.24>
- Riobó-Otero, V. (2012). *Reconocimiento de localizaciones mediante máquinas de soporte vectorial* [Proyecto Fin de Carrera. Ingeniería Industrial, Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior.]. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/15319>
- Risser, P. G., Karr, J. R., & Forman, R. T. T. (1984). *Landscape Ecology. Directions and Approaches* [Ecología del paisaje. Direcciones y Aproximaciones]. Illinois Natural History Survey, Special Publication (Number 2).
- Roig, F. A., y Martínez Carretero, E. (1998). *La vegetación puneña en la provincia de Mendoza, Argentina*. *Phytocoenologia*, 565-608. <https://doi.org/10.1127/phyto/28/1998/565>
- Roig, F. A. y Roig, V. G. (1969, enero 12). *Guía botánica y zoológica del viaje desde Mendoza hasta Uspallata por los Paramillos*. X Jornadas Argentinas de Botánica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza - Universidad de Concepción, Chile.
- Roig, F. A. (1976). *Las comunidades vegetales del piedemonte de la precordillera de Mendoza*. *ECOSUR*, 3(5), 1-45.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974, enero 1). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS* [Monitoreo de sistemas de vegetación en las Grandes Llanuras con ERTS]. <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>
- Rubio, C., Lizana, P. y G. Parmuchi (2020). *Cambios de Cobertura y Uso del Suelo a escala local en Argentina. La experiencia del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación*. X Congreso Sobre Uso Y Manejo Del Suelo (UMS 2020). A Coruña, 16-18 de noviembre de 2020. Universidad da Coruña. España.
- Santos, T., y Tellería, J. L. (2006). *Pérdida y fragmentación del hábitat: Efecto sobre la conservación de las especies*. *Ecosistemas*, 2, 3-12.
- Secretaría Del Convenio Sobre La Diversidad Biológica (2020) *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica* 5. Montreal.
- Serna-Lagunes, R., y Díaz-Rivera, P. (2011). *Variación genética y conservación de una población de *Crocodylus moreletii* en cautiverio*. *Acta zoológica mexicana*, 27(3), 547-563.
- Simoniello, T., Carone, T., Coppola, R., D'emilio, M., Grippa, A., Lanfredi, M., Liberti, M., & Macchiato, M. (2006). *Preliminary study to monitor land degradation phenomena through landscape metrics* [Estudio preliminar para monitorear fenómenos de degradación de suelos a través de métricas de paisaje]. 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover.
- Sosa, H. (2012). *Relevamiento y determinación de los humedales de la Reserva Privada Villavencio, Mendoza, Argentina* (p. 29) [Informe Técnico]. Wetlands International, Fundación Humedales.
- Stolton, S., Redford, K. H., & Dudley, N. (2014). *Áreas Bajo Protección Privada: Mirando al Futuro*.

- Szek, M. (2012). *Fragmentación del paisaje en áreas protegidas* [Tesis doctoral]. Universitat de Barcelona.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., & With, K. A. (2006). *Landscape connectivity: A return to the basics* [Conectividad del paisaje: un regreso a las bases]. En K. R. Crooks & M. Sanjayan (Eds.), *Connectivity Conservation* (pp. 29-43). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754821.003>
- Teixeira-Rodrigues, H. C., Soares-Da Silva, R., Da Silva Carneiro, F. Da S., Gemaque Souza, C. B., Borges De Oliveira, T., Magno Do Amaral, A. P., Alves Dos Santos, A. M., Oliveira Pinheiro, K. A., & Piloni Maestri, M. (2022). *NDVI e SAVI como ferramentas de monitoramento das modificações no uso e ocupação do solo no sudoeste paraense* [NDVI y SAVI como herramientas para el seguimiento de cambios en el uso y ocupación del suelo en el sudoeste de paraense]. *Research, Society and Development*, 11(1), e47611122583-e47611122583. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.22583>
- Troll, C. (2003). *Ecología del paisaje*. *Gaceta Ecológica*, 68, 71-84.
- Turner, M. G. & Gardner, R. H. (2015). *Landscape Ecology in Theory and Practice* [Ecología del paisaje en teoría y práctica]. *Pattern and Process (Second Edition)*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4939-2794-4>
- UICN (Sin fecha). *Integrar las Metas de Biodiversidad de Aichi en los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/aichi_targets_brief_spanish.pdf
- Vila-Subirós, J., Varga-Linde, D., Llausàs-Pascual, A., y Ribas-Palom, A. (2006). *Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 48, 151-166.
- Wu, J. (Jingle). (2013). *Landscape Ecology* [Ecología del Paisaje]. En R. Leemans (Ed.), *Ecological Systems: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* (pp. 179-200). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5755-8_11
- Zabala, C. S. (2021). *Las comunidades criptógamas como potenciales indicadoras de recuperación post-fuego en el pedemonte mendocino*. [Tesina de grado, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias].

8. ANEXOS

ANEXO 1: Esquema de la vegetación de Villavicencio por Ambrosetti (1983)

Tabla 62: Esquema de la vegetación de Villavicencio (desde 730 a 3200 msnm). Recorte realizado del documento "Esquema de la vegetación desde Mendoza a las Cuevas por Villavicencio y Paso de Uspallata". Fuente: (Ambrosetti, J. A. et al., 1983).

Localización Geográfica		Vegetación	Fisonomía	Ambiente Físico
Campos de Salas (por debajo de los 700 msnm)		Comunidades halófilas de <i>Atriplex</i> , <i>Suaeda</i> , <i>Allenrolfea</i> , <i>Prosopis</i> , etc.	Vegetación esteparia de arbustos.	Playa con suelos franco-arcillosos a arcillosos impermeables, salinos.
Entre 700 y 750 msnm		Ecotono		
Pampa Rodeo Grande - Canota - Salagasta	Entre 750 y 1100 msnm	Piso de <i>Larrea cuneifolia</i>	Vegetación esteparia de arbustos, con dos estratos, rica en cactáceas.	Piedemonte oriental de la Precordillera. a) Parte distal. Interfluvios con litosoles poco permeables: empedrado de guijarros en una matriz de elementos finos.
	Entre 750 y 950 msnm	Asociación riparia de los ríos temporarios con <i>Bulnesia retama</i> .	Matorral marginal	Márgenes y embanques de ríos espasmódicos de aluvión lineal y violento. Litosol aluvial.
	Entre 750 y 1500 msnm	Asociación de los álveos o lechos de ríos temporarios con <i>Argemone subfusiformis</i> y <i>Petunia axillaris</i>	Vegetación herbácea rala	Lecho de los ríos espasmódicos. Litosoles de arenas, gravas y bloques de diversos tamaños dispuestos desordenadamente.
Entre 1100 y 1200 msnm		Ecotono		
Desde 1200 msnm hasta el pie de la Precordillera, internándose por sus quebradas y laderas, hasta 1800 msnm.		Piso de <i>Larrea divaricata</i> .	Vegetación esteparia de arbustos o matorral.	Piedemonte oriental de la Precordillera b) Parte proximal Interfluvios, márgenes y embanques de los ríos temporarios. Litosoles y suelos ligeramente empardecidos de las estaciones más altas, más frías y más húmedas del piedemonte.
Entrada a la quebrada de Villavicencio. Entre 1250 y 1300 msnm		Facies ricas en <i>Monttea aphylla</i> y <i>Acantholippia seriphioides</i> . Matorrales con predominio de <i>Prosopis flexuosa</i> , <i>Gochnatia glutinosa</i> , <i>Fabiana peckii</i> , <i>Schinus polygamus</i> , etc.	Matorral	Pie de la Precordillera Interfluvios y márgenes de los ríos temporarios. Litosoles y suelos similares a los anteriores, con matriz de elementos finos y mayor cantidad de materia orgánica.

Quebrada de Villavicencio. Primeros tramos (Entre 1300 msnm y 1500 msnm)		Ecotono: jarillal de <i>Larrea divaricata</i> y comunidades del piso inferior de la vertiente oriental. Al principio, comunidad de <i>Dipyrena glaberrima</i> , <i>Menodora decemfida</i> y <i>Artemisia mendozana</i> . En las solanas: pastizal de <i>Stipa eriontachya</i> inducido por el fuego. En las umbrías: áreas con <i>Artemisia mendozana</i> y <i>Menodora decemfida</i> por acción de agentes compensadores.	Mosaico de matorrales y pastizales	Vertiente oriental de la Precordillera. Laderas de solana y de umbría. Litosoles con clastos de diversos tamaños.
Caracoles de Villavicencio	Piso inferior	Comunidad de <i>Menodora decemfida</i> y <i>Dipyrena glaberrima</i> en solanas.	Matorral o vegetación esteparia de arbustos	Vertiente oriental de la precordillera En las solanas, litosoles esqueléticos y rocas aflorantes, diaclasadas, laderas muy erosionadas
	Entre 1500 msnm y 2250 msnm	Comunidad de <i>Colliguaja integerrima</i> y <i>Verbena scoparia</i> preferente en umbrías.	Matorral	Umbrías con mucha pendiente, suelos más profundos y con mayor cantidad de materia orgánica (pardos).
	Piso superior	Comunidad de <i>Adesmia uspallatensis</i> y <i>Mulinum spinosum</i> .	Vegetación esteparia de arbustos y sufrutices.	Vertiente oriental de la Precordillera. Laderas con afloramientos rocosos y litosoles de orientación general hacia el sur.
Proximidades de los Hornillos (Entre 2300 y 2750 msnm)		Ecotono		
Paramillos de Uspallata (Entre 2750 y 2800 msnm)		Piso de Los Paramillos Comunidades con predominio de <i>Stipa</i> . Comunidades de <i>Ephedra andina</i> y <i>Stipa scirpea</i> , de <i>Adesmia horrida</i> y <i>Verbena uniflora</i> (<i>Junellia uniflora</i>), de <i>Tetraglochin alatum</i> .	Estepa gramínea baja	Cumbres de la Precordillera. Cañadones y otras vías de drenaje menores y lomadas suaves cuyo conjunto recibe el nombre de "pampas" o "paramillos". Sedimentos cuaternarios alterados por la intensa actividad de animales cavadores.
Entre 2800 y 2750 msnm		Ecotono		

ANEXO 2: Registro fotográfico

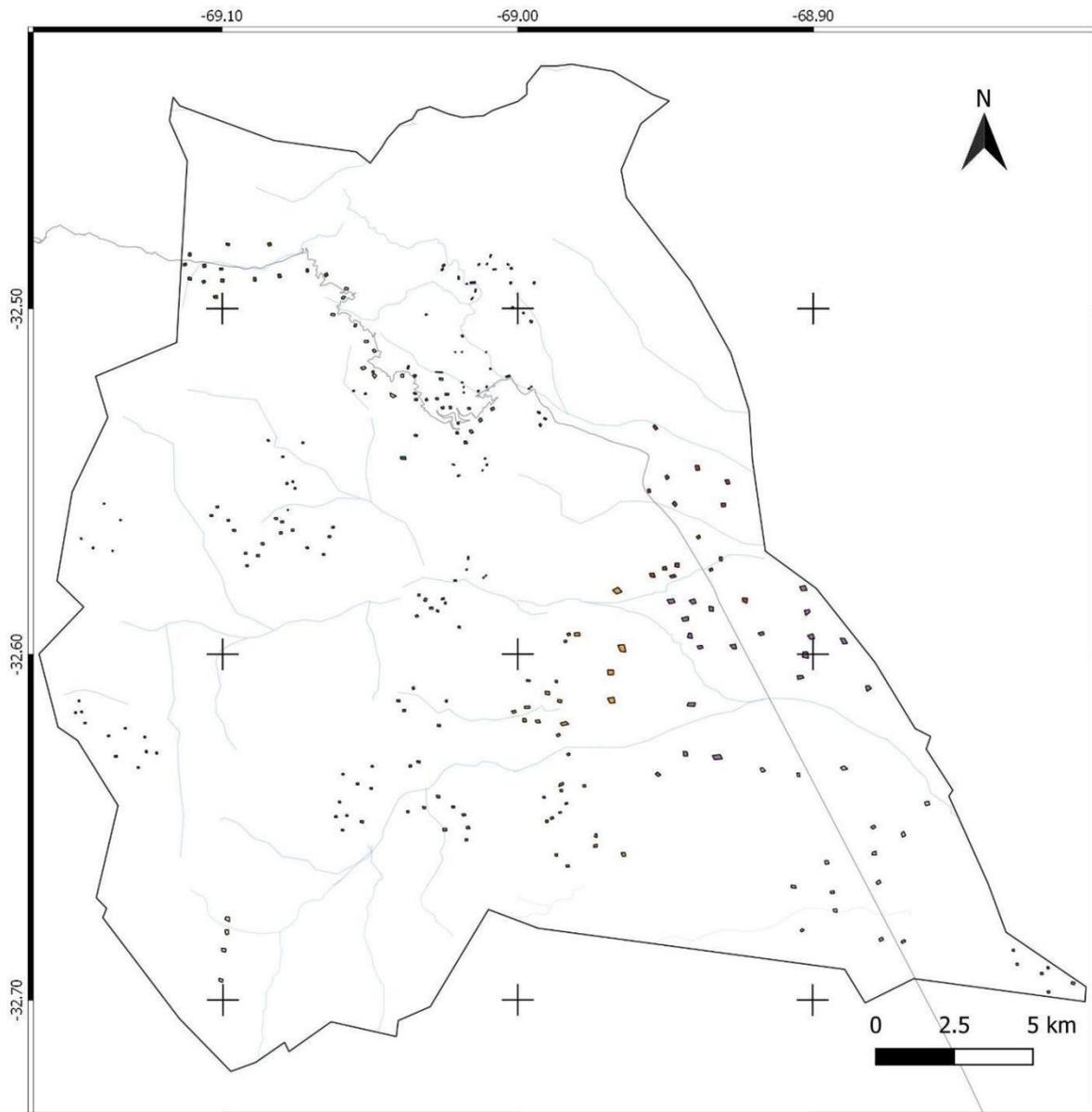
Tabla 63: Fotografías e imágenes de Google Earth para las clases de vegetación de la RNV definidas en este trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Clases	Fotografías	Imágenes de Google Earth
Arbustal Abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i> .	 <p>Foto: Luisina Torre (2022)</p>	
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	 <p>Foto: Luisina Torre (2022)</p>	
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	 <p>Foto: Cortesía de Leandro Mastrantonio (2022)</p>	

<p>Estepa arbustiva piso inferior</p>	 <p>Foto: Cortesía de Heber Sosa (2022)</p>  <p>Foto: Cortesía de Heber Sosa (2022)</p>	
<p>Estepa subarbustiva piso superior</p>	 <p>Foto: Luisina Torre (2021)</p>	
<p>Estepa subarbustiva ecotono</p>	 <p>Foto: Luisina Torre (2021)</p>	

<p>Pastizal natural de altura</p>	 <p>Foto: Luisina Torre (2022)</p>	
<p>Estepa arbustiva post-incendio</p>	 <p>Foto: Luisina Torre (2021)</p>	
<p>Matorral cerrado de rosa mosqueta</p>	 <p>Foto: Luisina Torre (2021)</p>	

ANEXO 3: Polígonos de entrenamiento



- | | |
|---|---|
| Polígonos de entrenamiento | Pastizal natural de altura |
| Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i> | Estepa arbustiva post-incendio |
| Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i> | Matorral cerrado de rosa mosqueta |
| Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i> | Ríos |
| Estepa arbustiva piso inferior | Ruta Provincial N°52 |
| Estepa subarbustiva piso superior | Límite de la RNV |
| Estepa subarbustiva ecotono | |

Figura 36: Polígonos de entrenamiento para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4: Matriz de confusión

Tabla 64: Coeficiente Kappa y Exactitud global para todas las clasificaciones de los años analizados.
Fuente: Elaboración propia.

	2000	2005	2014	2020
Kappa	0.93	0.92	0.96	0.90
Overall Accuracy	0.94	0.94	0.97	0.92

Tabla 65: Error del productor para cada una de las clases en los años analizados. Fuente: Elaboración propia.

Clases/ AccProd	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	87	84	95	81
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	100	91	96	99
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	91	98	91	80
Estepa arbustiva piso inferior	96	100	100	100
Estepa subarbustiva piso superior	94	91	90	91
Estepa subarbustiva ecotono	96	90	98	90
Pastizal natural de altura	92	90	98	83
Estepa arbustiva post-incendio	97	100	100	99
Matorral cerrado de rosa mosqueta	90	100	100	100

Tabla 66: Error del usuario para cada una de las clases en los años analizados. Fuente: Elaboración propia.

Clases/ AccUser	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	97	86	100	100
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	92	89	95	90
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	100	100	94	97
Estepa arbustiva piso inferior	91	97	96	97
Estepa subarbustiva piso superior	91	85	100	81
Estepa subarbustiva ecotono	92	89	98	81
Pastizal natural de altura	94	100	98	100
Estepa arbustiva post-incendio	95	95	96	80
Matorral cerrado de rosa mosqueta	100	100	100	100

ANEXO 5: Métricas a nivel de clase**Métricas para toda el área de la RNV**

Tabla 67: Área Total de las Clases (CA/TA), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	6246	4808	4684	5553
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	7924	8465	6961	6538
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	8028	8872	7085	7303
Estepa arbustiva piso inferior	13480	11891	14265	13331
Estepa subarbustiva piso superior	5106	5181	6363	3580
Estepa subarbustiva ecotono	11079	9468	10071	12055
Pastizal natural de altura	9398	9776	8984	9112
Estepa arbustiva post-incendio	448	1791	2577	2454
Matorral cerrado de rosa mosqueta	648	2105	1367	2424

Tabla 68: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	694	1180	669	882
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	925	1431	1745	1377
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	415	2303	1264	1454
Estepa arbustiva piso inferior	1040	1502	1442	2132
Estepa subarbustiva piso superior	748	1196	1655	1209
Estepa subarbustiva ecotono	1242	1653	1614	2191
Pastizal natural de altura	383	739	794	936
Estepa arbustiva post-incendio	626	705	1058	1117
Matorral cerrado de rosa mosqueta	694	1594	964	2029

Tabla 69: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	9.00	4.07	7.00	6.30
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	8.57	5.92	3.99	4.75
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	19.34	3.85	5.61	5.02
Estepa arbustiva piso inferior	12.96	7.92	9.89	6.25
Estepa subarbustiva piso superior	6.83	4.33	3.84	2.96
Estepa subarbustiva ecotono	8.92	5.73	6.24	5.50
Pastizal natural de altura	24.54	13.23	11.32	9.74
Estepa arbustiva post-incendio	0.72	2.54	2.44	2.20
Matorral cerrado de rosa mosqueta	0.93	1.32	1.42	1.19

Tabla 70: Índice de Forma de los parches de cada clase (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1.14	1.19	1.21	1.17
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	1.23	1.21	1.25	1.17
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	1.20	1.18	1.15	1.20
Estepa arbustiva piso inferior	1.21	1.21	1.24	1.18
Estepa subarbustiva piso superior	1.37	1.28	1.25	1.30
Estepa subarbustiva ecotono	1.24	1.18	1.22	1.19
Pastizal natural de altura	1.22	1.17	1.25	1.14
Estepa arbustiva post-incendio	1.16	1.19	1.20	1.22
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.22	1.24	1.28	1.22

Tabla 71: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano de los parches de cada clase, en metros, durante el período 2000-2020, en la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	123.42	85.36	154.54	99.82
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	97.08	84.68	86.37	100.22
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	111.04	83.67	114.52	96.29
Estepa arbustiva piso inferior	97.10	90.71	99.84	87.89
Estepa subarbustiva piso superior	102.77	86.90	93.20	96.86
Estepa subarbustiva ecotono	120.06	100.73	110.60	109.37
Pastizal natural de altura	139.32	94.62	110.85	111.11
Estepa arbustiva post-incendio	167.87	152.62	120.89	103.15
Matorral cerrado de rosa mosqueta	151.30	113.24	120.94	108.73

Métricas para el Monte de la RNV

Tabla 72: Área Total de las Clases (CA/TA), durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	3976.07	3553.56	3208.13	3932.91
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2122.08	2119.03	2076.58	1433.88
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	2431.28	1515.84	1346.85	1468.53
Estepa arbustiva piso inferior	25.45	1.80	143.00	92.34
Estepa subarbustiva piso superior				
Estepa subarbustiva ecotono			0.18	0.09
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	53.24	1373.11	1834.38	1669.14
Matorral cerrado de rosa mosqueta	3.78	48.56	2.70	27.27

Tabla 73: Área Total de las Clases (CA/TA), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	2255.01	1244.42	1457.83	1614.51
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	5796.07	6342.51	4880.45	5104.35
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	3833.26	4240.21	4958.42	4540.86
Estepa arbustiva piso inferior	49.10	14.48	240.12	224.01
Estepa subarbustiva piso superior	0.09		2.61	0.36
Estepa subarbustiva ecotono	2.34	2.97	3.87	5.04
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	337.25	368.46	722.26	746.10
Matorral cerrado de rosa mosqueta	3.69	63.67	11.24	42.93

Tabla 74: Número de Parches por clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	216	281	208	277
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	321	991	855	597
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	79	285	197	169
Estepa arbustiva piso inferior	65	10	168	275
Estepa subarbustiva piso superior				
Estepa subarbustiva ecotono			2	1
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	145	481	366	420
Matorral cerrado de rosa mosqueta	5	61	5	89

Tabla 75: Número de Parches por clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	453	901	435	638
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	589	441	900	789
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	183	429	528	651
Estepa arbustiva piso inferior	146	70	362	597
Estepa subarbustiva piso superior	1		20	1
Estepa subarbustiva ecotono	2	2	6	9
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	332	257	623	654
Matorral cerrado de rosa mosqueta	9	77	36	106

Tabla 76: Tamaño Medio de los Parches (AREA_MN), en hectáreas, por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	18.41	12.65	15.42	14.20
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	6.61	2.14	2.43	2.40
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	30.78	5.32	6.84	8.69
Estepa arbustiva piso inferior	0.39	0.18	0.85	0.34
Estepa subarbustiva piso superior				
Estepa subarbustiva ecotono			0.09	0.09
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	0.37	2.85	5.01	3.97
Matorral cerrado de rosa mosqueta	0.76	0.80	0.54	0.31

Tabla 77: Tamaño Medio de los Parches por clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	4.98	1.38	3.35	2.53
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	9.84	14.38	5.42	6.47
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	20.95	9.88	9.39	6.98
Estepa arbustiva piso inferior	0.34	0.21	0.66	0.38
Estepa subarbustiva piso superior	0.09		0.13	0.36
Estepa subarbustiva ecotono	1.17	1.48	0.64	0.56
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	1.02	1.43	1.16	1.14
Matorral cerrado de rosa mosqueta	0.41	0.83	0.31	0.41

Tabla 78: Índice de Forma (SHAPE_MN) por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1.15	1.22	1.25	1.21
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	1.25	1.21	1.26	1.20
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	1.26	1.19	1.17	1.21
Estepa arbustiva piso inferior	1.18	1.02	1.25	1.15
Estepa subarbustiva piso superior				
Estepa subarbustiva ecotono			1.00	1.00
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	1.15	1.18	1.19	1.24
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.15	1.21	1.26	1.06

Tabla 79: Índice de Forma (SHAPE_MN) por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1.16	1.20	1.25	1.19
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	1.22	1.24	1.25	1.16
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	1.23	1.18	1.20	1.21
Estepa arbustiva piso inferior	1.16	1.07	1.23	1.16
Estepa subarbustiva piso superior	1.00		1.06	1.00
Estepa subarbustiva ecotono	1.10	1.08	1.03	1.03
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	1.21	1.24	1.24	1.25
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.05	1.29	1.13	1.14

Tabla 80: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros, por clase, durante el período 2000-2020, en la zona este del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	114.86	85.74	131.84	98.83
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	114.90	89.57	90.58	110.04
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	129.43	90.06	125.47	133.92
Estepa arbustiva piso inferior	157.04	406.02	223.19	111.36
Estepa subarbustiva piso superior				
Estepa subarbustiva ecotono			182.42	N/A
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	191.56	109.15	128.37	96.89
Matorral cerrado de rosa mosqueta	636.68	307.74	1211.97	243.37

Tabla 81: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), en metros, por clase, durante el período 2000-2020, en la zona oeste del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	99.78	87.85	123.84	92.69
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	88.15	73.39	82.29	94.06
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	126.55	88.40	88.93	98.89
Estepa arbustiva piso inferior	169.83	359.12	124.29	102.88
Estepa subarbustiva piso superior	N/A		273.20	N/A
Estepa subarbustiva ecotono	89.97	152.91	2383.44	563.05
Pastizal Natural de altura				
Estepa arbustiva post-incendio	137.78	144.29	113.47	107.31
Matorral cerrado de rosa mosqueta	657.16	141.44	444.52	257.06

Métricas para el Cardonal de la RNV

Tabla 82: Área Total de las Clases, durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>				0.09
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	0.27			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	480.25	1108.62	122.04	357.48
Estepa arbustiva piso inferior	4418.01	3259.57	3861.95	3923.82
Estepa subarbustiva piso superior	1322.21	1521.32	2021.81	1050.48
Estepa subarbustiva ecotono	1967.31	1656.67	1518.27	1979.91
Pastizal Natural de altura	128.07	88.85	275.38	156.60
Estepa arbustiva post-incendio	22.57	30.85	0.99	7.11
Matorral cerrado de rosa mosqueta	456.77	1129.57	995.03	1331.64

Tabla 83: Área Total de las Clases, durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. El cambio se calculó para el año 2000 y 2020. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	3.42		1.44	3.96
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	470.18	937.11	152.80	263.16
Estepa arbustiva piso inferior	3481.80	2883.91	3785.41	3287.97
Estepa subarbustiva piso superior	1595.34	1648.04	1824.58	1242.72
Estepa subarbustiva ecotono	1676.28	1290.46	1265.55	1837.17
Pastizal Natural de altura	67.00	42.72	143.71	48.69
Estepa arbustiva post-incendio	6.21	17.00	6.12	12.06
Matorral cerrado de rosa mosqueta	133.37	614.34	253.97	736.20

Tabla 84: Área Total de las Clases, durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	0.09		1.26	1.71
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	2.34			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	812.01	1069.41	504.53	672.48
Estepa arbustiva piso inferior	6233.15	5730.33	6233.15	5803.02
Estepa subarbustiva piso superior	2187.11	2010.65	2513.21	1286.19
Estepa subarbustiva ecotono	3896.30	3432.69	2929.60	4413.51
Pastizal Natural de altura	33.01	22.12	216.02	37.62
Estepa arbustiva post-incendio	28.69	0.54	13.04	19.35
Matorral cerrado de rosa mosqueta	50.09	248.94	103.87	286.20

Tabla 85: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>				1
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	3			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	87	699	154	229
Estepa arbustiva piso inferior	248	532	455	573
Estepa subarbustiva piso superior	200	297	709	257
Estepa subarbustiva ecotono	226	236	180	397
Pastizal Natural de altura	92	194	142	162
Estepa arbustiva post-incendio	66	53	8	39
Matorral cerrado de rosa mosqueta	323	559	414	679

Tabla 86: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	27		11	9
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	58	490	236	292
Estepa arbustiva piso inferior	252	382	223	383
Estepa subarbustiva piso superior	186	275	437	298
Estepa subarbustiva ecotono	245	225	217	419
Pastizal Natural de altura	57	55	114	86
Estepa arbustiva post-incendio	22	19	27	47
Matorral cerrado de rosa mosqueta	230	568	346	692

Tabla 87: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1		7	5
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	16			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	36	455	267	270
Estepa arbustiva piso inferior	424	538	424	541
Estepa subarbustiva piso superior	370	639	519	673
Estepa subarbustiva ecotono	366	378	448	521
Pastizal Natural de altura	79	100	207	175
Estepa arbustiva post-incendio	120	5	73	72
Matorral cerrado de rosa mosqueta	131	367	181	510

Tabla 88: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>				0.09
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	0.09			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	5.52	1.59	0.79	1.56
Estepa arbustiva piso inferior	17.81	6.13	8.49	6.85
Estepa subarbustiva piso superior	6.61	5.12	2.85	4.09
Estepa subarbustiva ecotono	8.70	7.02	8.43	4.99
Pastizal Natural de altura	1.39	0.46	1.94	0.97
Estepa arbustiva post-incendio	0.34	0.58	0.12	0.18
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.41	2.02	2.40	1.96

Tabla 89: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	0.13		0.13	0.44
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	8.11	1.91	0.65	0.90
Estepa arbustiva piso inferior	13.82	7.55	16.97	8.58
Estepa subarbustiva piso superior	8.58	5.99	4.18	4.17
Estepa subarbustiva ecotono	6.84	5.74	5.83	4.38
Pastizal Natural de altura	1.18	0.78	1.26	0.57
Estepa arbustiva post-incendio	0.28	0.89	0.23	0.26
Matorral cerrado de rosa mosqueta	0.58	1.08	0.73	1.06

Tabla 90: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	0.09		0.18	0.34
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	0.15			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	22.56	2.35	1.89	2.49
Estepa arbustiva piso inferior	14.70	10.65	14.70	10.73
Estepa subarbustiva piso superior	5.91	3.15	4.84	1.91
Estepa subarbustiva ecotono	10.65	9.08	6.54	8.47
Pastizal Natural de altura	0.42	0.22	1.04	0.22
Estepa arbustiva post-incendio	0.24	0.11	0.18	0.27
Matorral cerrado de rosa mosqueta	0.38	0.68	0.57	0.56

Tabla 91: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>				1.00
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	1.00			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	1.33	1.20	1.27	1.32
Estepa arbustiva piso inferior	1.26	1.31	1.34	1.24
Estepa subarbustiva piso superior	1.30	1.23	1.22	1.31
Estepa subarbustiva ecotono	1.30	1.19	1.21	1.22
Pastizal Natural de altura	1.25	1.21	1.29	1.21
Estepa arbustiva post-incendio	1.12	1.21	1.04	1.09
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.26	1.26	1.36	1.24

Tabla 92: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1.03		1.00	1.21
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	1.42	1.21	1.23	1.31
Estepa arbustiva piso inferior	1.25	1.20	1.23	1.24
Estepa subarbustiva piso superior	1.44	1.25	1.23	1.34
Estepa subarbustiva ecotono	1.27	1.21	1.20	1.22
Pastizal Natural de altura	1.41	1.24	1.19	1.18
Estepa arbustiva post-incendio	1.13	1.19	1.11	1.12
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.19	1.25	1.24	1.24

Tabla 93: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1.00		1.07	1.23
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	1.07			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	1.42	1.18	1.23	1.30
Estepa arbustiva piso inferior	1.22	1.18	1.22	1.19
Estepa subarbustiva piso superior	1.40	1.33	1.33	1.28
Estepa subarbustiva ecotono	1.29	1.22	1.20	1.21
Pastizal Natural de altura	1.11	1.09	1.25	1.06
Estepa arbustiva post-incendio	1.08	1.00	1.07	1.08
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.17	1.19	1.20	1.18

Tabla 94: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona norte del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>				N/A
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	304.29			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	100.17	79.11	132.26	90.68
Estepa arbustiva piso inferior	84.66	76.78	83.79	73.86
Estepa subarbustiva piso superior	103.90	90.05	85.83	101.91
Estepa subarbustiva ecotono	129.34	113.73	120.97	123.86
Pastizal Natural de altura	149.15	92.30	104.28	108.49
Estepa arbustiva post-incendio	191.53	225.36	711.33	158.10
Matorral cerrado de rosa mosqueta	117.02	87.10	90.48	91.45

Tabla 95: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona centro del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	141.09		327.75	181.72
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	87.39	81.31	126.37	84.81
Estepa arbustiva piso inferior	91.39	87.50	83.16	80.95
Estepa subarbustiva piso superior	89.26	79.13	96.41	96.35
Estepa subarbustiva ecotono	126.12	101.15	129.81	103.46
Pastizal Natural de altura	136.90	223.66	159.23	204.17
Estepa arbustiva post-incendio	409.92	99.52	209.10	160.47
Matorral cerrado de rosa mosqueta	148.48	100.65	123.91	92.66

Tabla 96: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	N/A		1607.65	1926.22
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>	222.20			
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>	79.12	84.21	138.70	77.54
Estepa arbustiva piso inferior	84.36	79.67	84.36	82.04
Estepa subarbustiva piso superior	97.94	86.24	96.75	95.93
Estepa subarbustiva ecotono	120.31	101.84	110.55	106.49
Pastizal Natural de altura	221.70	178.73	153.54	191.95
Estepa arbustiva post-incendio	178.74	1472.83	186.72	153.14
Matorral cerrado de rosa mosqueta	194.80	141.32	153.59	113.81

Métricas para la Puna de la RNV

Tabla 97: Área Total de las Clases (CA/TA), en hectáreas, durante el período 2000-2020, en la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	0.36		5.67	
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>				
Estepa arbustiva piso inferior				0.18
Estepa subarbustiva piso superior	1.08	0.63		
Estepa subarbustiva ecotono	3533.06	3082.49	4347.32	3818.34
Pastizal Natural de altura	9155.55	9606.75	8337.15	8869.32
Estepa arbustiva post-incendio		0.09		
Matorral cerrado de rosa mosqueta	0.09	0.27		

Tabla 98: Número de Parches de cada clase (NP), durante el período 2000-2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	4		28	
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>				
Estepa arbustiva piso inferior				1
Estepa subarbustiva piso superior	6	2		
Estepa subarbustiva ecotono	474	890	837	911
Pastizal Natural de altura	197	458	402	589
Estepa arbustiva post-incendio		1		
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1	1		

Tabla 99: Tamaño Medio de los Parches de cada clase (AREA_MN), en hectáreas, durante el período 2000-2020, para la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	0.09		0.20	
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>				
Estepa arbustiva piso inferior				0.18
Estepa subarbustiva piso superior	0.18	0.31		
Estepa subarbustiva ecotono	7.45	3.46	5.19	4.19
Pastizal Natural de altura	46.47	20.98	20.74	15.06
Estepa arbustiva post-incendio		0.09		
Matorral cerrado de rosa mosqueta	0.09	0.27		

Tabla 100: Índice de Forma (SHAPE_MN), durante el período 2000-2020, en la Puna de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	1.00		1.08	
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>				
Estepa arbustiva piso inferior				1.00
Estepa subarbustiva piso superior	1.04	1.20		
Estepa subarbustiva ecotono	1.26	1.23	1.27	1.24
Pastizal Natural de altura	1.22	1.19	1.28	1.16
Estepa arbustiva post-incendio		1.00		
Matorral cerrado de rosa mosqueta	1.00	1.00		

Tabla 101: Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano (ENN_MN), durante el período 2000-2020, en la zona sur del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Clases	2000	2005	2014	2020
Arbustal abierto de <i>L. cuneifolia</i> acompañado de <i>B. retama</i>	4501.60		525.69	
Matorral abierto de <i>L. cuneifolia</i>				
Matorral cerrado de <i>L. divaricata</i>				
Estepa arbustiva piso inferior				N/A
Estepa subarbustiva piso superior	1652.36	10946.03		
Estepa subarbustiva ecotono	111.76	97.39	96.81	95.79
Pastizal Natural de altura	127.47	85.55	93.09	90.44
Estepa arbustiva post-incendio		N/A		
Matorral cerrado de rosa mosqueta	N/A	N/A		

ANEXO 6: Estadística

Estadística del Monte

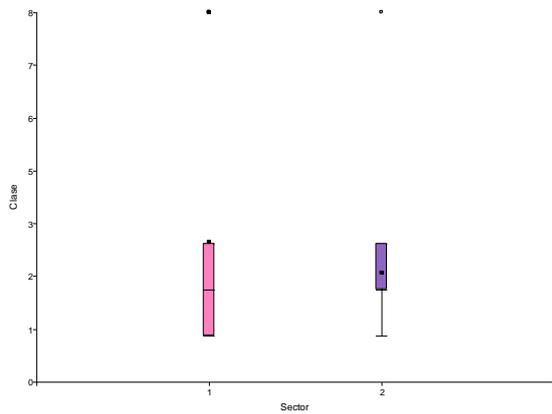


Figura 37: Gráfico de caja para la métrica “Clase” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

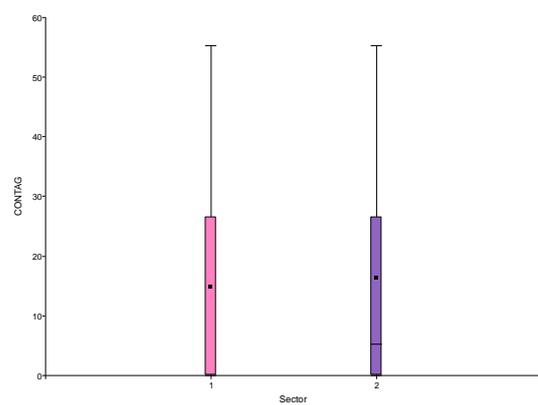


Figura 38: Gráfico de caja para la métrica “CONTAG” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

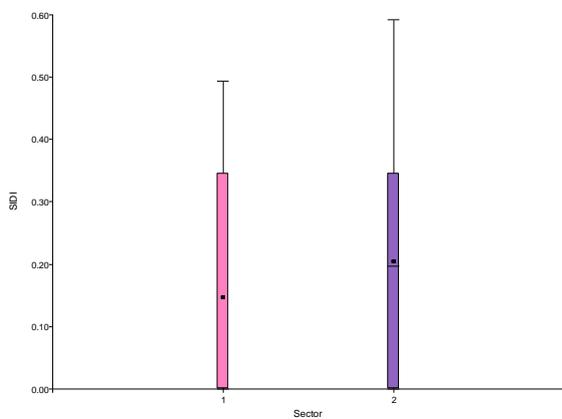


Figura 39: Gráfico de caja para la métrica “SIDI” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

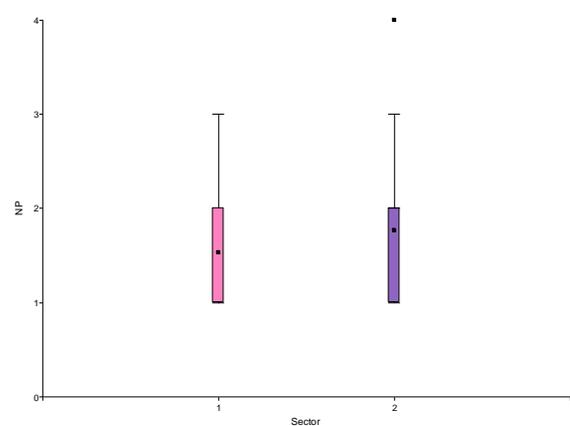


Figura 40: Gráfico de caja para la métrica “NP” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

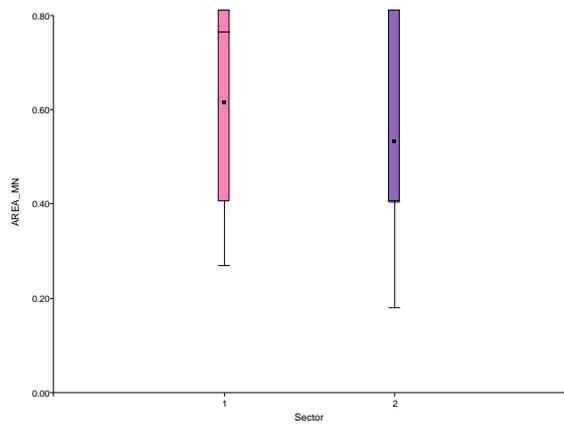


Figura 41: Gráfico de caja para la métrica “AREA_MN” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

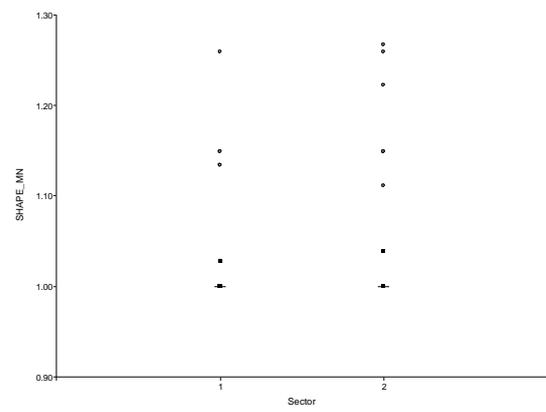


Figura 42: Gráfico de caja para la métrica “SHAPE_MN” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

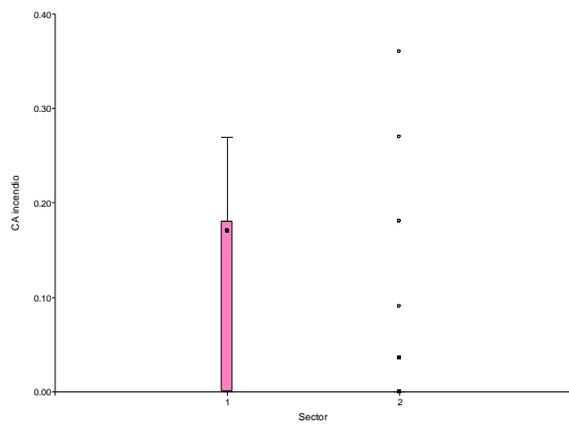


Figura 43: Gráfico de caja para la métrica “CA incendio” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

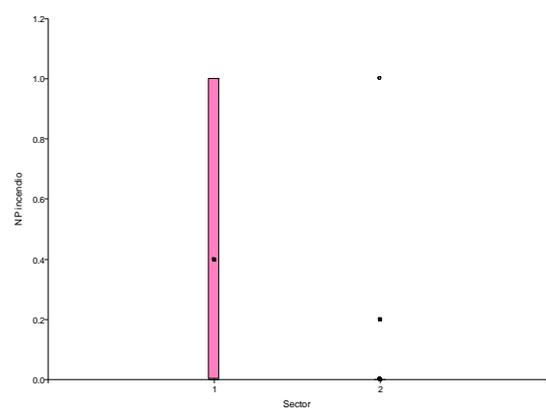


Figura 44: Gráfico de caja para la métrica “NP incendio” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

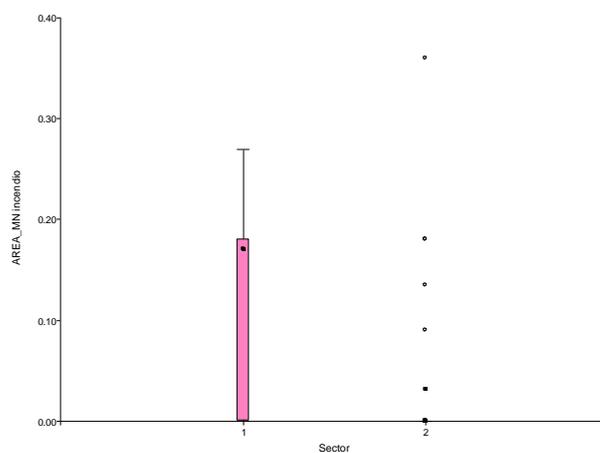


Figura 45: Gráfico de caja para la métrica “AREA_MN incendio” en la zona este (sector 1) y oeste (sector 2) del Monte de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

Estadística del Cardonal

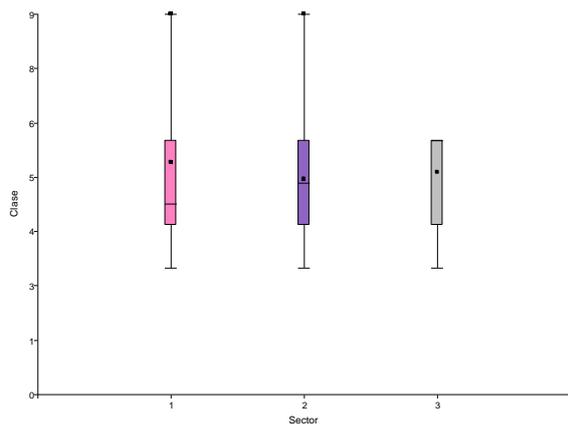


Figura 46: Gráfico de caja para la métrica “Clase” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

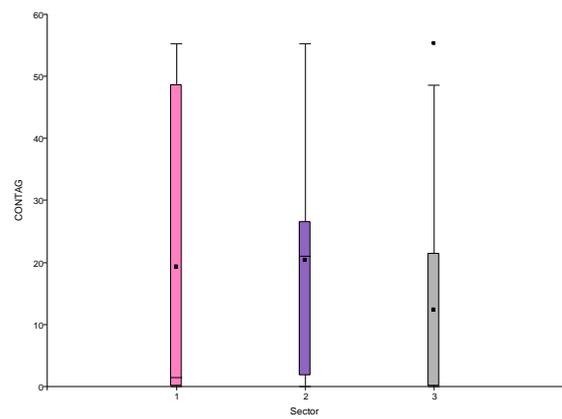


Figura 47: Gráfico de caja para la métrica “CONTAG” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

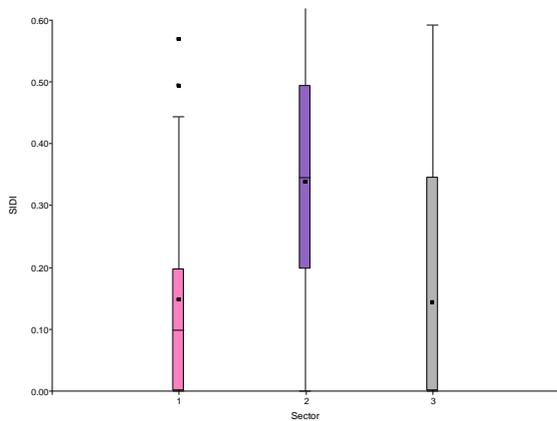


Figura 48: Gráfico de caja para la métrica “SIDI” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

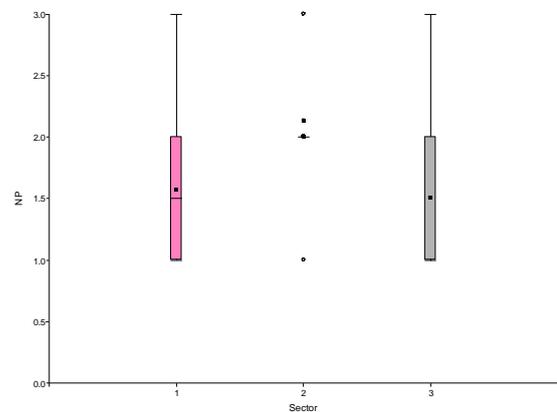


Figura 49: Gráfico de caja para la métrica “NP” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

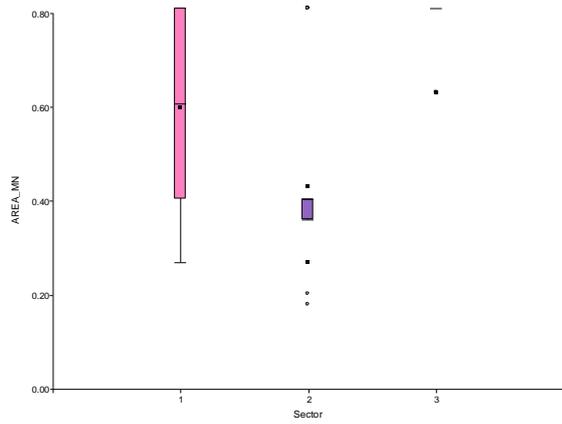


Figura 50: Gráfico de caja para la métrica “AREA_MN” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

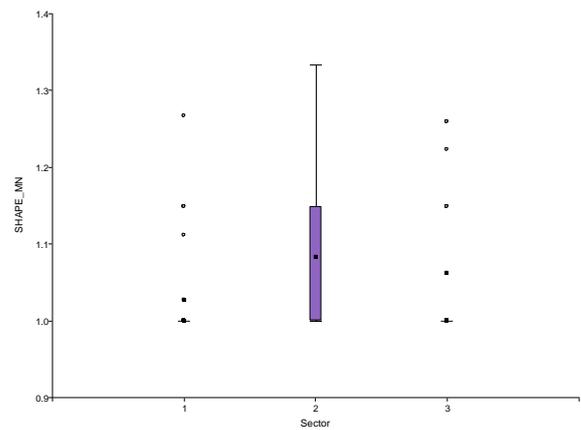


Figura 51: Gráfico de caja para la métrica “SHAPE_MN” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

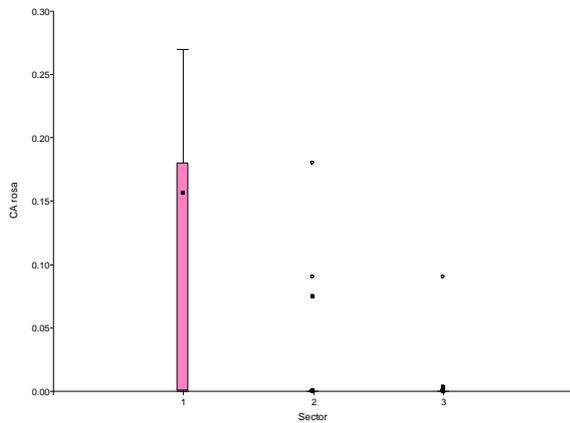


Figura 52: Gráfico de caja para la métrica “CA rosa” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.

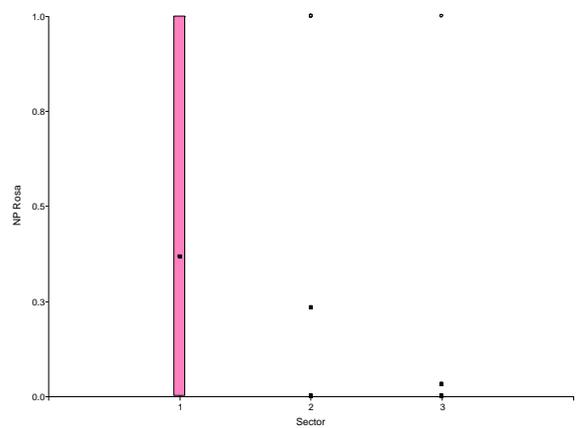


Figura 53: Gráfico de caja para la métrica “NP rosa” en la zona norte (sector 1), centro (sector 2) y sur (sector 3) del Cardonal de la RNV. Fuente: Elaboración propia.