



Pontificia Universidad Católica de Chile  
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal  
Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente

# Factibilidad de conexión de fragmentos de interés de conservación a través de corredores biológicos en un área rural de Chile central

Proyecto de título presentado como parte de los requisitos  
para optar al título de Ingeniero Forestal

## **Residente**

Benjamin Matías Veliz Villalobos

## **Profesor(a) guía**

Pablo Becerra Osses

## **Profesor(a) Informante**

Andrés Meza

Segundo semestre 2019

## Agradecimientos

He recorrido muchos Caminos, bosques, montañas y el océano. Mucho anduve solo, tocando armónica y mirando los árboles, pero cuando me di cuenta encontré compañeros, amigas, amigos, familia y mucho más...

Quiero comenzar por agradecer mis profesores guía Pablo Becerra y Andrés Meza por hacer posible esta investigación y entregarme los conocimientos necesarios para llevar a buen puerto esta residencia. Agradezco a Barbara Arias por acompañarme en terreno y seguirme dentro de las quebradas más densas. Sin ella esto hubiera tardado más en salir.

Gracias especiales a Fiamma Solari y Catalina Trujillo, compañeras en mis aventuras, por haberme alegrado cada momento y compartir su luz conmigo, las quiero niñas. Extiendo estas palabras a mis camaradas residentes y les deseo éxito en su vida. Todas y todos me inspiran a seguir creciendo como profesional.

Un abrazo y todos los honores a las siguientes personas que me han enseñado mucho y con quienes compartí momentos especiales. Daniela Zach, capitana y gran ingeniera forestal. Manuel Apablaza, agrónomo, hermano grande, amigo. Benjamin López, genio, maestro, gran persona. Fernanda Barreau, bella, inspiradora, amiga. Estimados fue un honor servir a su lado, los llevo en mi corazón y nos veremos en futuras misiones.

A todas las personas de la facultad que me hicieron reír, llorar, amar o me dedicaron su sonrisa. Con quienes debatimos y con quienes fuimos a terreno. Agrónomos, profesores, gente amante de la naturaleza, en especial a mis hermanos forestales. Gracias por ser parte de esta etapa tan bonita en mi vida.

A toda mi familia, amigos y a todos mis animales, su amor ha sido motor de mi perseverancia, calor cuando ha hecho frío y abrigo cuando las fuerzas faltaron. A mi padre Mario y su camión, A mi mamá Leli, A mis mastines y a mi abuelita Lina por verme crecer. Los amo.

Gracias a todos.

Atte.

Benja Véliz ... Komander.

# Índice

|     |                                                                                 |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|----|
|     | Resumen                                                                         | 4  |
| 1   | Introducción                                                                    | 5  |
| 2   | Objetivo general                                                                | 7  |
| 2.1 | Objetivos específico                                                            | 7  |
| 3   | Metodología                                                                     | 7  |
| 3.1 | Descripción del área de estudio                                                 | 7  |
| 3.2 | Identificación de fragmentos                                                    | 9  |
| 3.3 | Caracterización de la diversidad y estructura vegetal de los fragmentos         | 10 |
| 3.4 | Análisis de conectividad                                                        | 10 |
| 4   | Resultados                                                                      | 11 |
| 4.1 | Identificación y caracterización de fragmentos de hábitat silvestre             | 11 |
| 4.2 | Riqueza y abundancia de especies leñosas                                        | 14 |
| 4.3 | Conectividad                                                                    | 19 |
| 5   | Propuesta de conectividad a través del establecimiento de corredores biológicos | 21 |
| 6   | Discusión                                                                       | 24 |
| 7   | Conclusión                                                                      | 27 |
| 8   | Bibliografía                                                                    | 28 |

## Resumen

La fragmentación de ecosistemas es un fenómeno que genera pérdida de hábitats, extinción de especies y deterioro ambiental. Esta es una realidad en la zona centro sur de Chile, en específico en amplias áreas rurales donde la presencia de tierras de cultivo y plantaciones forestales exóticas divide la vegetación nativa remanente. Dicho proceso se ve agravado por la sequía y los incendios forestales que han azotado la zona durante los últimos años y que actúan en contra de la recuperación natural de los ecosistemas. Fragmentos de bosque y matorrales pueden ser considerados de interés de conservación cuando poseen niveles importantes de diversidad de especies y biomasa nativa remanente. Con fines de conservación, es relevante generar conexión entre estos fragmentos, ya sea protegiendo áreas bien conservadas para destinarlas a corredores biológicos entre fragmentos, y/o restaurando áreas degradadas que puedan en el futuro actuar como corredores. En este estudio se realizó una caracterización del nivel de cobertura y diversidad de los fragmentos de vegetación nativa de la localidad de Rastrojos dentro de la Región del Maule, y se propone una red de áreas que pueden ser destinadas a corredor biológico entre los fragmentos identificados como de interés de conservación. Primero, a través de fotos aéreas, se clasificaron los fragmentos por clases de cobertura. Luego, se realizó un muestreo de la diversidad y estructura de estos fragmentos para identificar aquellos de interés de conservación. Los resultados indican que fragmentos de mayor cobertura presentan mayor riqueza de especies nativas leñosas arbóreas y arbustivas, y mayor densidad de individuos de estas especies. En base a la propuesta de corredores biológicos, en un escenario donde los caminos rurales no son considerados como barreras infranqueables para organismos, se podría generar una alta conectividad, con un alto porcentaje de fragmentos de interés de conservación que quedarían conectados a otros similares a través de zonas de vegetación nativa con baja cobertura que requeriría restauración. En un segundo escenario, que considera caminos como barreras y límites de hábitat, se genera una sectorización de la localidad, determinando sectores con alta conectividad y otros con escasa o nula conectividad. Los resultados de este estudio indican que pese a las importantes perturbaciones que han afectado al ecosistema local, especialmente un gran incendio hace 3 años, recuperar la conectividad de la vegetación nativa es factible, aunque solo para organismos cuyo movimiento no es afectado por caminos rurales.

## **1. Introducción**

La fragmentación del paisaje es un fenómeno de degradación ambiental considerado como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo (Santos & Tellería 2006. Fahrig 2003). Este proceso se define como la división de un hábitat continuo en parches de menor tamaño separados por una matriz de condiciones ambientales que difieren significativamente de las anteriores (Valdés 2011. Urrutia-Estrada et al. 2018. Saunders et al. 1991). Como consecuencia de la fragmentación, se produce una alteración de la estructura y composición de especies vegetales dentro de los fragmentos cambiando en consecuencia las condiciones de hábitat para otros seres vivos (Fahrig 2003. Kattan, Alvarez-Lopez, & Giraldo 1994, Santos & Tellería 2006).

En Chile el proceso de fragmentación afecta a la mayoría de los ecosistemas terrestres a lo largo de su geografía (MMA 2015, Urrutia-Estrada et al. 2018). Esto adquiere mayor relevancia en la zona centro-sur del país, ya que este territorio es considerado Hot spot de biodiversidad a nivel mundial debido a sus altos índices de endemismo en conjunto con una severa presión de degradación antrópica y, sin embargo, los esfuerzos por su conservación y su nivel de representación dentro del sistema de áreas protegidas del país son bajos con relación a otros ecosistemas. (Kalin et al. 2006, Miranda et al. 2016). Desde los inicios de la ocupación humana del territorio chileno, ha existido una tendencia hacia la fragmentación del paisaje, aumentando el número de parches y disminuyendo el área de éstos (Hernández et al. 2016). El cambio en el uso del suelo por presión agrícola o industrial forestal ha sido el motor de este proceso de degradación ambiental durante la mayor parte de la historia del país (Aguayo et al. 2009).

Por otro lado, los efectos del cambio climático han generado una disminución en las precipitaciones en esta región, que se ha traducido en un estado de sequía durante los últimos diez años (Bosier et al. 2016). Esto ha generado un efecto en la productividad de la vegetación, por ejemplo, en los matorrales esclerófilos que dominan el paisaje de la región climática mediterránea (Lozano-Parra et al. 2018, Garreaud et al. 2017). Adicionalmente, en los últimos años se ha producido un incremento en la ocurrencia de incendios forestales, y algunos estudios ya han encontrado un relación positiva entre este fenómeno y el paisaje de origen antrópico. Por ejemplo, se ha observado que en áreas rurales dominadas por vegetación nativa se producen menos focos de incendio comparado a zonas cubiertas por cultivos y plantaciones forestales, probablemente debido a la mayor temperatura media en este último tipo de paisajes (Gómez et al. 2018. Kalajzic 2018). Durante los meses de verano del año 2017 ocurrieron severos incendios forestales afectando una superficie total de 518.174 ha

entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía (CONAF 2017). El 54,06% de esta superficie pertenece a la región del Maule, la cual concentró algunos de los focos más grandes (Acuña & Hernández 2018). Esto, sumado a una larga data de incendios en la región, han empeorado el estado de conservación de la vegetación nativa remanente inmersa dentro de un paisaje fragmentado por plantaciones forestales exóticas y cultivos agrícolas. (Acuña & Hernández 2018, Castro 2018, CONAF 2017, MMA 2015).

Este conjunto de procesos y factores de degradación ha llevado a la transformación del paisaje, generalmente de manera paulatina tanto temporal como espacialmente. Por ejemplo, en zonas de bosque templado del sur de Chile las formaciones boscosas se han visto degradadas en su estructura transformándose paulatinamente en matorrales abiertos y posteriormente en praderas en un lapso de aproximado de 22 años (Echeverría et al. 2012). Similarmente, en la zona mediterránea en Chile central, los bosques esclerófilos se han degradado y reducido su cobertura de manera continua durante las últimas décadas (Hernández et al. 2016). Sin embargo, estos procesos no necesariamente son unidireccionales, ya que, un porcentaje de los ecosistemas degradados se recupera naturalmente con el pasar del tiempo cuando las condiciones de perturbación se ven disminuidas (Echeverría et al. 2012, Hernández et al. 2016). Por ejemplo, Vergara & Ibarra (2019), muestran que dentro de la cuenca del lago Villarrica en la zona sur de Chile, los fragmentos de bosques aumentan su tamaño y dominancia en el paisaje a medida que se alejan de centros urbanos.

Diversos estudios sugieren que aumentar la conectividad entre los ecosistemas naturales puede desacelerar los procesos de pérdida de biodiversidad y así favorecer su conservación (Bennet 2004, Bennett & Mulongoy 2006, Valdez 2011). Esta herramienta consiste en establecer conexión entre dos o más fragmentos separados a través de una zona con atributos mínimos para la supervivencia poblacional de las especies presentes en los ellos (Bennett & Mulongoy 2006). El diseño de corredores biológicos se establece en base a la superficie, forma y distancia entre fragmentos (Bizama et al. 2011, Colorado & Vasquez & Mazo 2017). Otra aproximación para el diseño de corredores es enfocar la conexión en base a especies objetivo, de manera de generar las condiciones ideales necesarias para su desplazamiento (en el caso de fauna) o dispersión de propágulos (en el caso de flora). En este trabajo se presenta una aproximación metodológica para establecer la factibilidad de conectar fragmentos de hábitat de interés de conservación a través de corredores biológicos, así como una propuesta teórica de distribución de corredores en una localidad de Chile central. El estudio fue desarrollado en la Localidad de Rastrojos, ubicada en la Región del Maule, debido a poseer un paisaje fragmentado y haber sido impactada por recientes incendios forestales.

## **2. Objetivo general**

- Evaluar la factibilidad de conexión de fragmentos de interés de conservación a través de corredores biológicos en un área rural de Chile central.

### **2.1. Objetivos específicos**

- Identificar fragmentos de hábitat con vegetación silvestre de diferente nivel de cobertura leñosa en la localidad de Rastrojos, Región del Maule.
- Caracterizar la composición y estructura general de fragmentos de hábitat silvestre con diferente nivel de cobertura leñosa en ellos, mediante su prospección en terreno.
- Analizar cuál es la conectividad actual y potencial entre fragmentos de hábitat silvestre de diferente nivel de cobertura leñosa.
- Proponer una red de corredores biológicos entre fragmentos de hábitat de interés de conservación.

## **3. Metodología**

### **3.1 Descripción del área de estudio**

La localidad de Rastrojos se ubica en la comuna de San Javier, limitando con la comuna de Empedrado al oeste. Su superficie es de 1.799,4 ha y su centro comunitario se encuentran en las coordenadas 35°34'58,26" S y 79°6'52,02" O, con una elevación de 196 msnm (Fig. 1).

La localidad de Rastrojos se encuentra inmersa dentro de una zona rural que posee tanto campos agrícolas de pequeños propietarios como también áreas de bosque nativo (Fig. 1). El área de

estudios incluyó una superficie mayor a la de la localidad de Rastrojos de manera de considerar en el análisis sectores con fragmentos de bosque nativo con los cuales también se pudiesen conectar aquellos presentes en el interior de Rastrojos. El área total de estudios se definió con un buffer de 6 km alrededor de la localidad de Rastrojos, pero excluyendo áreas separadas por carreteras de alto tránsito (Fig. 1). Con esta ampliación el área de estudios alcanzó las 9.885 ha.

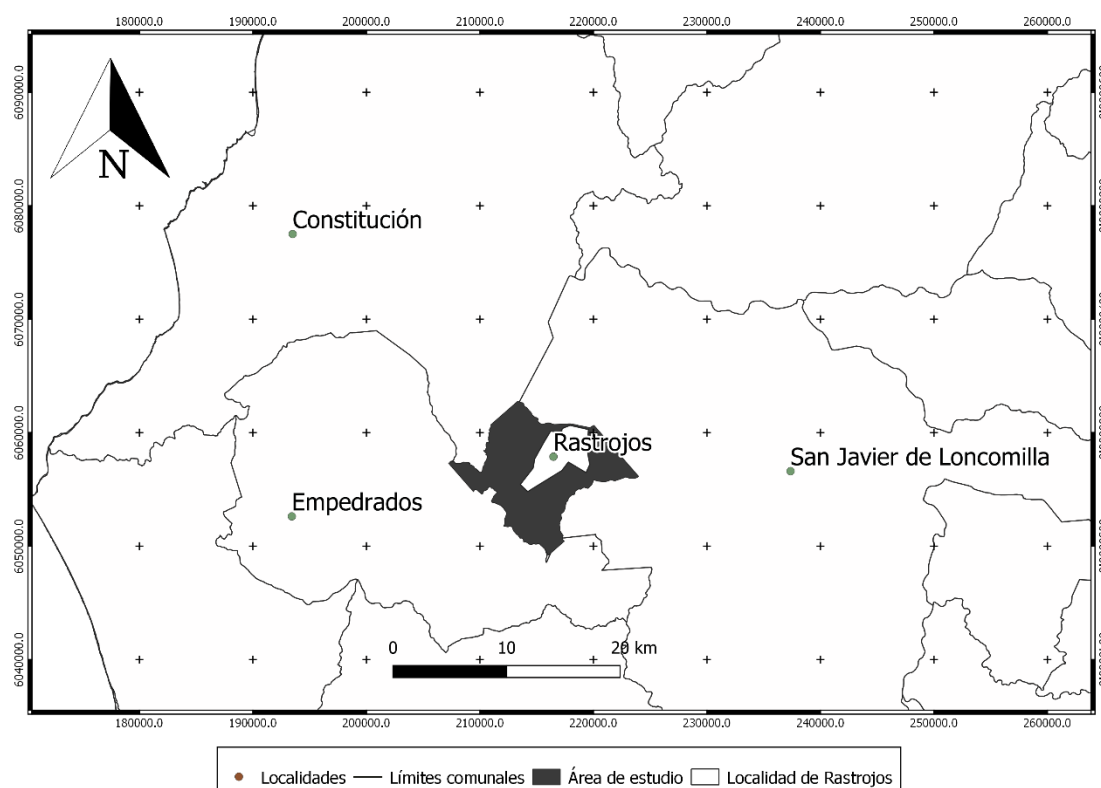


Figura 1: Localidad de Rastrojos y Área de estudio.

El paisaje dentro de la localidad de Rastrojos se encuentra dominado por plantaciones forestales exóticas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* cuya superficie total se estimó en 521,94 ha. Además, dentro del área de estudios se presentan zonas con cobertura de matorrales abiertos y praderas alcanzando 650,14 ha. La explotación histórica de los suelos ha dejado numerosos signos de erosión avanzada como cárcavas y agrietamientos severos en la zona, los cuales son parte característica del paisaje (Castro 2018). Estudios en la región, estiman que para la comuna de San Javier un 47,4 % de su superficie presenta algún nivel de erosión evidente y un 63,4 % posee un riesgo de erosión actual entre moderada a muy severa (CIREN 2010)



Las formaciones vegetales nativas presentes en el área de estudio según la clasificación de Luebert, & Pliscoff 2016 corresponden a las de “Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* y *Lithrea caustica*” y de “Bosque Caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus glauca* y *Azara petiolaris*” siendo la primera la de mayor dominio en superficie. Rastrojos está inmerso en la zona del secano interior e hidrológicamente ubicado en la cuenca del río Purapel. La precipitaciones promedio de esta zona alcanzan los 821 mm anuales, siendo los meses entre mayo a agosto los más lluviosos (Agromet. 2019)

### **3.2 Identificación de fragmentos**

Para construir la estructura espacial de la localidad se utilizó el software *Qgis*, con las imágenes de *Google Satellite* y capas vectoriales de utilidad. La proyección está constituida por Imágenes 2019 *CNES/Airbus* y *Landsat/Copernicus* dependiendo de la altura de observación. La máxima resolución alcanzada fue de 30 x 30 cm, sin embargo, para este nivel solo están disponibles fotografías hasta el año 2018.

Usando la imagen satelital y orientado por la información del Catastro de uso de suelo y recursos vegetacionales de CONAF (2018) se realizó una digitalización detallada de los usos de suelo del área de estudio con el objetivo de diferenciar coberturas de suelo. Este paso fue necesario debido a inconsistencias entre la información de capas base con fragmentos de bosque que ya no están presentes en imágenes actuales.

Para diferenciar coberturas vegetales y posteriormente digitalizarlas se usaron los siguientes criterios: Primero se generó una capa base de hábitat con vegetación silvestre (no plantada, ya sea nativa o dominada por especies exóticas), es decir, excluyendo cultivos agrícolas, caminos, edificaciones y plantaciones forestales de cualquier tipo. Segundo, dentro de los límites de áreas con vegetación silvestre se generó una capa con una cobertura que coincida con el rango entre 10 y 30 % de vegetación leñosa. Como criterio de fotointerpretación se consideró una superficie mínima de 0.5 ha, y para determinar la conectividad y así considerar como el mismo fragmento a dos sectores con vegetación leñosa se consideró una distancia máxima de 20 metros. Luego se repitió esta operación considerando coberturas dentro de los rangos 30 a 50 %, 50 a 75 % y sobre el 75 % con los mismos criterios anteriores. De esta manera se logró construir una cartografía presentando la

superposición de las capas de cada clase de cobertura, permitiendo visualizar fragmentos de interés para su prospección en terreno. La clase de cobertura que definió fragmentos considerados como de interés de conservación se estableció en función de la diversidad de especies y tamaño de especies arbóreas. Para esto se desarrolló una campaña de terreno en la cual se muestreó la composición de especies leñosas y tamaño de los individuos de ésta. Los fragmentos de interés de conservación fueron aquellos con un nivel de cobertura leñosa en que se observó un nivel de diversidad y tamaño de individuos significativamente superior a las áreas sin cobertura leñosa y con diferencias menores a las áreas con mayor cobertura leñosa. La mayoría de los fragmentos fueron corroborados en una visita de campo con el fin de verificar su nivel de cobertura y correspondencia a un hábitat silvestre.

### **3.3 Caracterización de la diversidad y estructura vegetal de los fragmentos**

Este análisis buscó establecer la correlación entre cobertura leñosa y riqueza de especies arbóreas y arbustivas. Para caracterizar los fragmentos de vegetación identificados, se realizó un muestreo dirigido hacia las diferentes clases de cobertura determinada con el análisis de imágenes. Para esto se levantaron transectos de 50 metros de longitud y 2 metros hacia cada lado de la línea central del transecto (parcela rectangular de 200 m<sup>2</sup>). Cada transecto se ubicó en un área representativa del fragmento, y el punto inicial del mismo se eligió aleatoriamente. La dirección del transecto fue ubicada en el mismo sentido que el lado más largo del fragmento.

En cada transecto se registró para cada uno de los individuos presente en el interior de la parcela, su especie, rango de altura (<2m, 2-4m, > 4m de alto) y DAP para los individuos leñosos mayores a 2m de altura. Además, se midió la altura del individuo más alto de cada parcela. Se muestreó un total de 10 parcelas por cada clase de cobertura de fragmento, generando un total de 50 parcelas. Solo se consideraron especies vegetales nativas de forma de vida Arbórea y arbustiva, por lo tanto, otros elementos como suculentas, lianas y herbáceas no fueron consideradas en el muestreo.

### **3.4 Análisis de conectividad**

Primero, se generó una cartografía de distribución actual de los fragmentos correspondientes a cada clase de cobertura y el nivel de conexión que poseen con fragmentos de clase de cobertura igual y diferente. Posteriormente, en base a esta cartografía, se diseñaron corredores que pudiesen conectar fragmentos de interés de conservación que actualmente se encuentren rodeados por áreas de menor clase de cobertura, con otros de igual o mayor clase de cobertura. La distribución de los corredores

se estableció de tal manera de evitar todo tipo de ambiente no silvestre, asumiendo que este tipo de áreas no podría ser destinada a corredor por presentar otro objetivo de uso.

Estos análisis se desarrollaron considerando dos escenarios: uno donde los caminos de vehículos rurales secundarios dentro de la localidad son considerados como barreras infranqueables para organismos, y otro ignorando este supuesto, es decir, asumiendo que fragmentos a ambos lados de un camino pueden ser considerados conectados. En ambos casos, el análisis se realizó solo para los fragmentos de interés de conservación presentes en el interior de la localidad de Rastrojos, pero considerando los del área buffer que pueden ser útiles para conectar fragmentos aislados dentro de la localidad. Estas dos alternativas se plantearon con el fin de analizar potencialidades de conexión para una amplia gama de especies de flora y fauna que pueden ser beneficiados por la presencia de un corredor biológico. Por ejemplo, dentro de la fauna terrestre existen distintas capacidades de desplazamiento y habilidad para superar obstáculos. Probablemente para medianos y pequeños mamíferos es posible franquear una barrera como un camino, sin embargo, esto se dificulta para insectos terrestres, pequeños reptiles, anfibios, entre otros. Las aves pueden verse beneficiadas del aumento en cobertura, independiente de la presencia de caminos debido a su capacidad de movilidad natural.

#### **4. Resultados**

##### **4.1 Identificación y caracterización de fragmentos de hábitat silvestre.**

Mediante la fotointerpretación detallada del área de estudio se generó un mapa con las zonas de vegetación silvestre actual clasificadas por nivel de cobertura para la totalidad del área de estudio (Fig. 2).

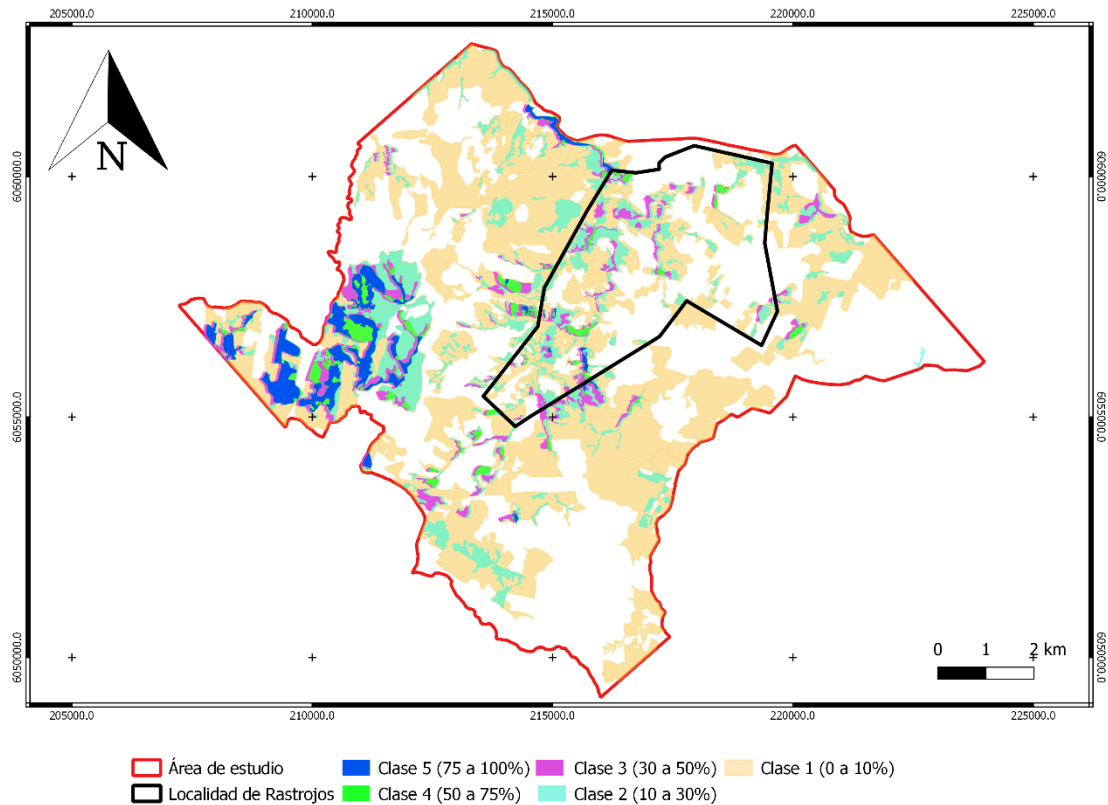
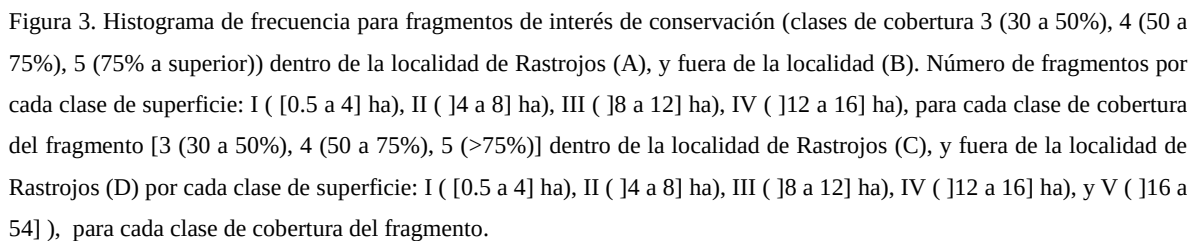


Figura 2: Fragmentos de vegetación nativa en el área de estudio clasificados por clase de cobertura [ 1 (0 a 10 %), 2 (10 a 30%), 3 (30 a 50%), 4 (50 a 75%), 5 (75% a superior).].

En la actualidad existen fragmentos de vegetación de todas las clases de coberturas dentro de la localidad, sin embargo, son escasos aquellos de las clases 4 y 5 (50 a 75 % y 75 % <). Los fragmentos de clase 3 (30 a 50 %) alcanzan los 27 dentro de la localidad de Rastrojos y 33 fuera de ella. La superficie promedio de dichos fragmentos es de 3,17 ha dentro de la localidad mientras que fuera es de 5,4 ha. En la clase 4 (50 a 75 %) el número de fragmentos es 8 dentro y 20 fuera de Rastrojos. La superficie alcanza las 2,46 ha dentro y 4,44 fuera. Finalmente, los fragmentos de clase 5 (75 % <) son 4 dentro y 12 fuera de la localidad, con una superficie promedio de 1,48 ha y 16,15 ha respectivamente (Fig. 3 C y D). Aquellos casos donde los fragmentos no correspondieron con vegetación nativa, es decir, la cobertura existente era aportada por especies exóticas invasoras fueron descartados del análisis.



13

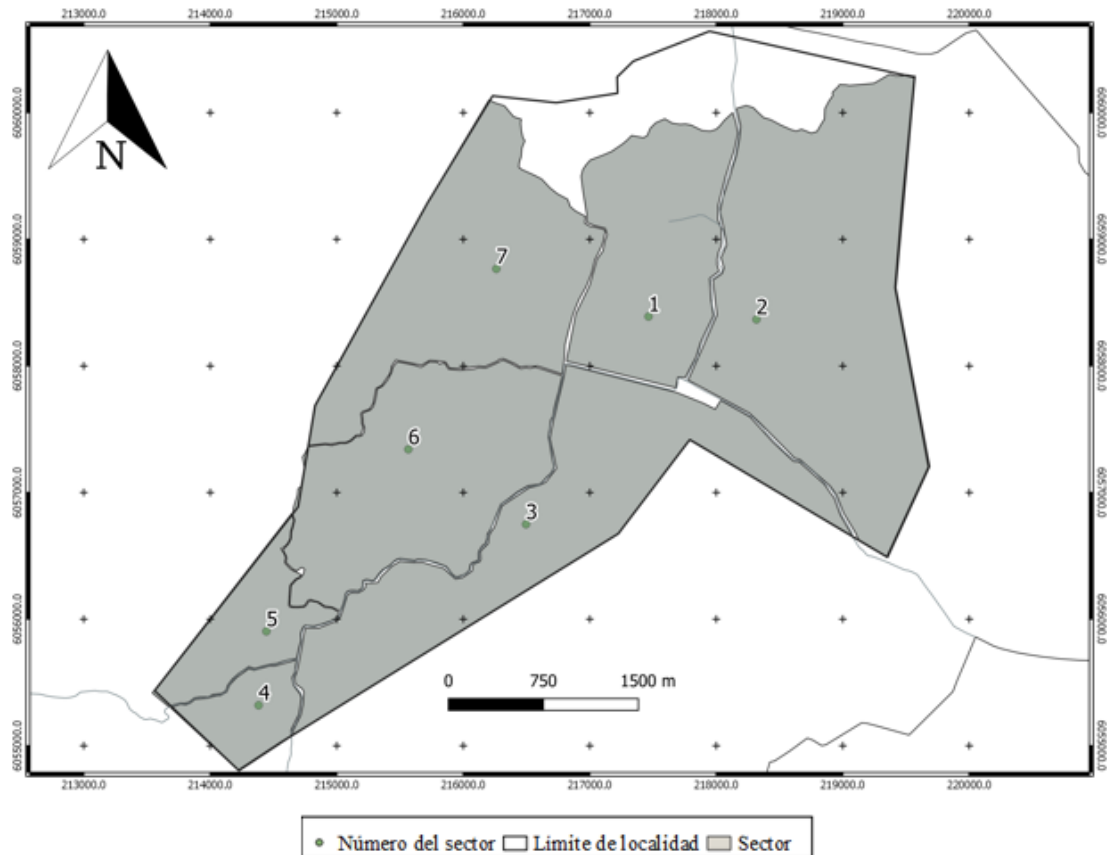


Figura 4: Sectores de conectividad separados por caminos rurales de vehículos dentro de la Localidad de Rastrojos.

## 4.2 Riqueza y abundancia de especies leñosas

Se logró reconocer 43 especies nativas de forma de vida arbórea y arbustiva en el área de estudio. Estas representan a 39 géneros pertenecientes a 25 familias florísticas. Las familias con mayor representación fueron *Asteraceae* (5 sp), *Fabaceae* (4 sp) y *Myrtaceae* (5 sp), seguidas por *Salicaceae*, *Anarcardiaceae*, *Elaeocarpaceae* y *Nothofagaceae*, con dos especies cada una. El resto de las familias solo cuentan con una especie en la zona. Los géneros con mayor presencia fueron *Baccharis* (4 sp), *Azara* (2 sp), *Luma* (2 sp) y *Nothofagus* (2 sp). En total se observaron 27 especies de forma de vida arbórea y 16 de arbustiva (Tabla 1).

La riqueza de especies aumentó a medida que la cobertura del fragmento es mayor (Fig. 3). En general las zonas más densas correspondieron a hábitats ribereños, vegas o quebradas cuyas condiciones de humedad permiten la subsistencia de vegetación hidrófila.

En cuanto a la relación entre riqueza de especies y clase de cobertura de hábitat por clase de altura de los individuos, se observó, primero, una mayor riqueza de especies en la clase de altura menor a 2m que en las otras. Además, en individuos de las tres clases de altura se observó una correlación positiva entre riqueza de especies y clase de cobertura de hábitat (Fig. 4).

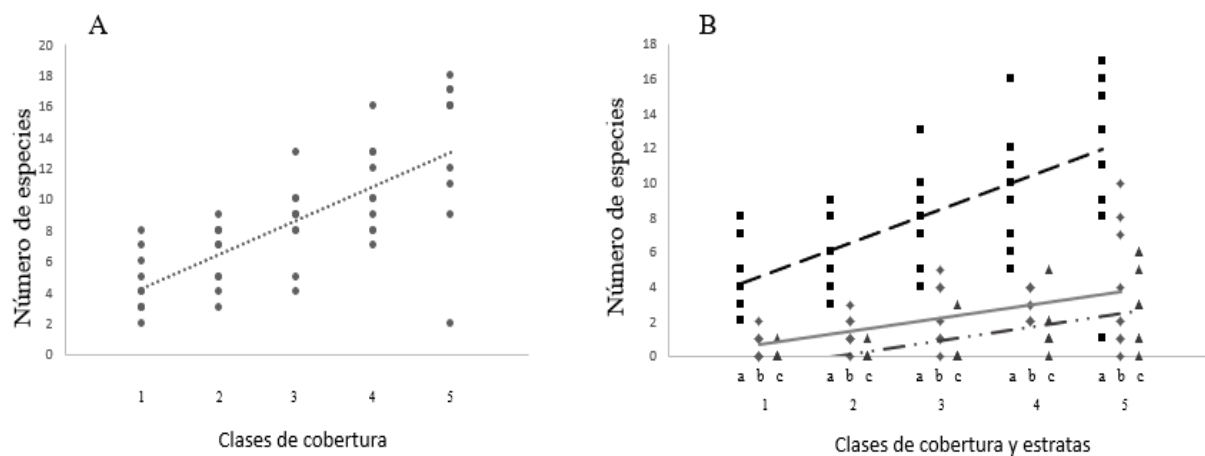


Figura 5. Riqueza expresada como el número de especies de cada fragmento en las clases de cobertura, 1 (0 a 10 %), 2 (10 a 30%), 3 (30 a 50%), 4 (50 a 75%), 5 (75% a superior). (A) Riqueza total, [ ● Riqueza del fragmento, --- línea de tendencia] (B) Riqueza de especies por estrata de altura (“Menor a 2 m” (a), “2 a 4 m” (b), y “mayor a 4 m” (c)) en los fragmentos por cada clase de cobertura. [■ Riqueza de especies en estrata “a”, ◇ Riqueza de especies en estrata “b”, ▲ Riqueza de especies en estrata “c”. -- línea de tendencia estrata “a” — línea de tendencia estrata “b”. ··· línea de tendencia estrata “c”]

Por otro lado, la abundancia de individuos por parcela se correlacionó positivamente con la clase de cobertura del hábitat de manera general (Fig. 5A). Además, al considerar los individuos por clase de altura, se observó mayor densidad en la clase de individuos de menor altura (< 2m) que en las otras.

Además, la densidad de todas las clases se correlacionó positivamente con la clase de cobertura del hábitat (Fig 5B).

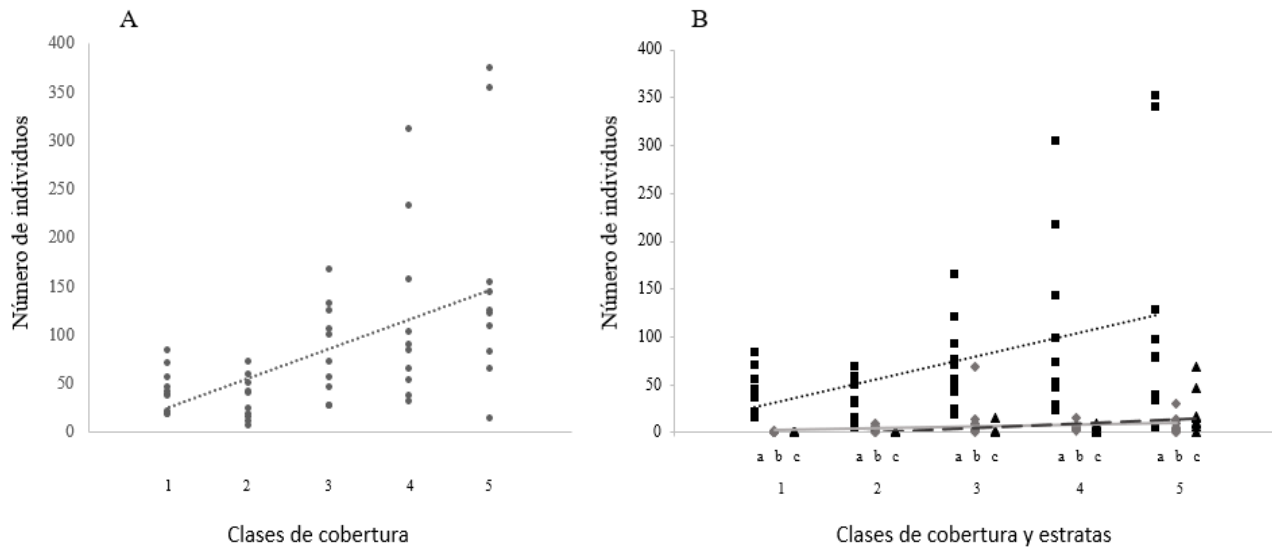


Figura 6. Abundancia (N° de individuos por parcela) por cada fragmento muestreado en las clases de cobertura (1:0 a 10 %, 2: 10 a 30%, 3: 30 a 50%, 4: 50 a 75%, 5: 75% a superior) [● Riqueza del fragmento, ... línea de tendencia], total por fragmento (A), y separadamente por estratas de altura (B) (“Menor a 2 m” (a), “2 a 4 m” (b), y “mayor a 4 m” (c) [■ N° de individuos en estrata “a”, ◇ N° de individuos en estrata “b”, ▲ N° de individuos en estrata “c”. ...línea de tendencia estrata “a”, — línea de tendencia estrata “b”, -- línea de tendencia estrata “c”].



Tabla 1. Especies encontradas en el muestreo de la zona. Promedio de individuos (n = 10) por clase de cobertura (C %); y estratas (E m). 1 (0 a 10 %), 2 (10 a 30%), 3 (30 a 50%), 4 (50 a 75%), 5 (75% a superior) Estratas: “Menor a 2 m”, “2 a 4 m”, y “mayor a 4 m”.

| Promedio de individuos |                                    |                |                |        |       |     |         |       |     |         |       |     |         |       |     |      |       |     |
|------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|--------|-------|-----|---------|-------|-----|---------|-------|-----|---------|-------|-----|------|-------|-----|
| Especie                | Familia                            | Forma de vida  | C (%)<br>E (m) | 0 a 10 |       |     | 10 a 30 |       |     | 30 a 50 |       |     | 50 a 75 |       |     | 75 + |       |     |
|                        |                                    |                |                | < 2    | 2 a 4 | 4 < | < 2     | 2 a 4 | 4 < | < 2     | 2 a 4 | 4 < | < 2     | 2 a 4 | 4 < | < 2  | 2 a 4 | 4 < |
| 1                      | <i>Acacia caven</i>                | Fabaceae       | Arbórea        | 4,2    | 0,2   | -   | 2,6     | 2,2   | -   | 2,6     | 2,3   | -   | 0,8     | 0,4   | 0,1 | 0,9  | 0,3   | 0,1 |
| 2                      | <i>Aextoxicon punctatum</i>        | Aextoxicaceae  | Arbórea        | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | 0,5  | -     | -   |
| 3                      | <i>Aristotelia chilensis</i>       | Elaeocarpaceae | Arbórea        | -      | -     | -   | -       | -     | -   | 0,8     | -     | -   | 3,7     | 0,2   | -   | 11,3 | 0,3   | 0,1 |
| 4                      | <i>Astragalus sp</i>               | Fabaceae       | Arbustiva      | -      | -     | -   | -       | -     | -   | 1,6     | -     | -   | 1,6     | -     | -   | -    | -     | -   |
| 5                      | <i>Azara dentata</i>               | Salicaceae     | Arbustiva      | 0,1    | -     | -   | -       | -     | -   | 0,4     | -     | -   | 2,3     | 0,1   | -   | 0,2  | 0,1   | -   |
| 6                      | <i>Azara integrifolia</i>          | Salicaceae     | Arbustiva      | -      | -     | -   | 0,9     | -     | -   | 3,3     | 0,2   | -   | 7,1     | 0,1   | -   | 12   | 0,2   | 0,3 |
| 7                      | <i>Baccharis linearis</i>          | Asteraceae     | Arbustiva      | 23,6   | -     | -   | 8,2     | 0,1   | -   | 12,3    | 0,2   | -   | 3       | -     | -   | 2,3  | 0,2   | -   |
| 8                      | <i>Baccharis marginalis</i>        | Asteraceae     | Arbustiva      | -      | -     | -   | -       | -     | -   | 0,1     | -     | -   | -       | -     | -   | -    | -     | -   |
| 9                      | <i>Baccharis neaei</i>             | Asteraceae     | Arbustiva      | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | 0,1  | -     | -   |
| 10                     | <i>Baccharis vernalis</i>          | Asteraceae     | Arbustiva      | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | 0,4     | -     | -   | -    | -     | -   |
| 11                     | <i>Berberis chilensis</i>          | Berberidaceae  | Arbustiva      | 3,5    | -     | -   | 2,2     | -     | -   | 0,8     | -     | -   | 3,9     | -     | -   | 0,1  | -     | -   |
| 12                     | <i>Blepharocalyx cruckshanksii</i> | Myrtaceae      | Arbórea        | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | -    | -     | 0,2 |
| 13                     | <i>Chusquea quila</i>              | Poaceae        | Arbustiva      | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | 0,1     | -     | -   | 1,7  | 0,1   | -   |
| 14                     | <i>Citronella mucronata</i>        | Icacinaceae    | Arbórea        | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | 0,3     | -     | -   | -    | -     | -   |
| 15                     | <i>Colliguaja dombeyana</i>        | Euphorbiaceae  | Arbustiva      | -      | -     | -   | -       | -     | -   | 0,7     | -     | -   | 4,6     | -     | -   | 0,1  | 0,1   | 0,6 |
| 16                     | <i>Crinodendron patagua</i>        | Elaeocarpaceae | Arbórea        | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | 0,3     | -     | 0,2 | 0,1  | -     | -   |
| 17                     | <i>Cryptocarya alba</i>            | Lauraceae      | Arbórea        | -      | -     | -   | -       | -     | -   | 0,1     | 0,1   | -   | 0,4     | 0,1   | -   | 0,7  | 0,2   | 0,5 |
| 18                     | <i>Drimys winteri</i>              | Winteraceae    | Arbórea        | -      | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | -       | -     | -   | 5,8  | 0,3   | 2   |
| 19                     | <i>Escallonia pulverulenta</i>     | Escalloniaceae | Arbórea        | 0,3    | -     | -   | 2,5     | 0,5   | -   | 2,8     | 0,4   | -   | 8,1     | 0,4   | -   | 4,1  | 0,6   | 0,2 |

|    |                               |               |           |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |     |     |      |     |     |
|----|-------------------------------|---------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| 20 | <i>Fuchsia magellanica</i>    | Onagraceae    | Arbustiva | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | 0,2  | 0,1 | -   |
| 21 | <i>Gaultheria mucronata</i>   | Ericaceae     | Arbustiva | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | 1,7  | -   | -   |
| 22 | <i>Gevuina avellana</i>       | Proteaceae    | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | 0,9  | -   | -   |
| 23 | <i>Kageneckia oblonga</i>     | Rosaceae      | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 0,2  | -   | -   | -    | -   | -   | 0,1  | -   | -   |
| 24 | <i>Lithraea caustica</i>      | Anacardiaceae | Arbórea   | 0,1 | -   | 0,1 | 4,4 | 0,9 | 0,1 | 3,4  | 0,9 | -   | 4,6  | 0,8 | 0,4 | 3,4  | 0,4 | 0,1 |
| 25 | <i>Lomatia hirsuta</i>        | Proteaceae    | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | 0,2 | -   | 0,1  | -   | -   | 4,5  | -   | -   |
| 26 | <i>Luma apiculata</i>         | Myrtaceae     | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | 0,4  | -   | -   | 3,5  | 0,2 | 0,9 |
| 27 | <i>Luma chequen</i>           | Myrtaceae     | Arborea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 4    | 0,7 | 1,3 | 0,7  | -   | -   | 2,7  | 0,4 | 5   |
| 28 | <i>Maitenus boaria</i>        | Celastraceae  | Arbórea   | 0,9 | 0,1 | -   | 0,8 | 0,2 | -   | 0,9  | 0,1 | -   | 0,4  | -   | 0,1 | 0,3  | 0,1 | -   |
| 29 | <i>Myrceugenia exsucca</i>    | Myrtaceae     | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 1,4  | -   | 0,1 | 0,6  | -   | -   | 0,4  | 0,2 | -   |
| 30 | <i>Nothofagus glauca</i>      | Nothofagaceae | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | 6,7  | 1,1 | 3   | 9,6  | 0,6 | 7,9 |
| 31 | <i>Nothofagus obliqua</i>     | Nothofagaceae | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | 1,4  | 0,3 | 1   |
| 32 | <i>Persea lingue</i>          | Lauraceae     | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | 2,8  | -   | 0,1 |
| 33 | <i>Peumus boldus</i>          | Monimiaceae   | Arbórea   | 0,3 | 0,1 | -   | 0,7 | 0,2 | -   | 2,5  | 0,2 | -   | 0,5  | 0,2 | 0,2 | 0,5  | 0,8 | 0,7 |
| 34 | <i>Pitavia punctata</i>       | Rutaceae      | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | 0,2 |
| 35 | <i>Podanthus ovatifolius</i>  | Asteraceae    | Arbustiva | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | 1,1  | 0,1 | -   |
| 36 | <i>Psoralea glandulosa</i>    | Fabaceae      | Arbórea   | 1   | 0,1 | -   | 0,2 | -   | -   | 10,5 | 0,5 | -   | 15,4 | 1,6 | -   | 29,6 | 2,4 | -   |
| 37 | <i>Rhaphithamnus spinosus</i> | Verbenaceae   | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | -   | -   | 0,7  | 0,1 | -   |
| 38 | <i>Ribes punctatum</i>        | Saxifragaceae | Arbustiva | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | 2,9  | -   | -   | 8,5  | -   | -   |
| 39 | <i>Rosa moschata</i>          | Rosaceae      | Arbustiva | 2,4 | -   | -   | 2,4 | -   | -   | 6,7  | 0,1 | -   | 4,8  | 0,2 | -   | 0,5  | 0,2 | -   |
| 40 | <i>Schinus polygamus</i>      | Anacardiaceae | Arbórea   | 0,1 | 0,1 | -   | 1,2 | -   | -   | 1    | -   | -   | 0,3  | 0,2 | -   | 1    | -   | -   |
| 41 | <i>Sophora macrocarpa</i>     | Fabaceae      | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 2    | 0,2 | -   | -    | -   | -   | 4,8  | 0,1 | -   |
| 42 | <i>Trevoa quinquenervia</i>   | Rhamnaceae    | Arbórea   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -    | 0,1 | -   | -    | -   | -   |
| 43 | <i>Ugni molinae</i>           | Myrtaceae     | Arbustiva | -   | -   | -   | 2,8 | -   | -   | 0,1  | -   | -   | 24,9 | -   | -   | 7,1  | -   | -   |

Al promediar el DAP de los individuos observados en cada fragmento de cada clase de cobertura de hábitat, se observó que el DAP promedio de sólo los individuos mayores a 4 m de alto se correlacionó positivamente con la clase de cobertura de hábitat.

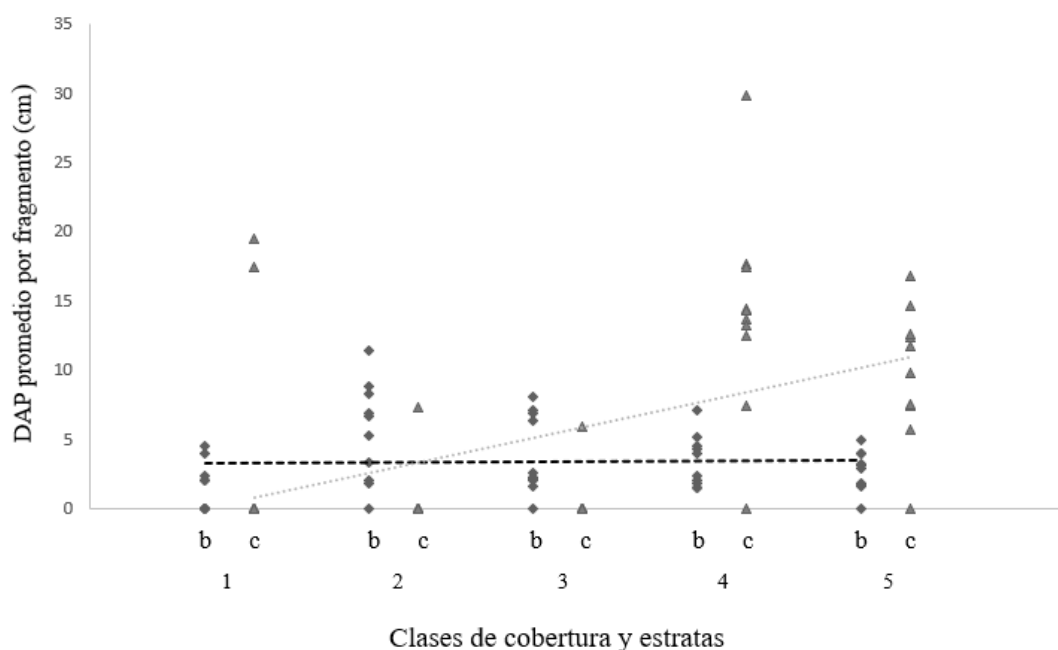


Figura 7: DAP promedio de cada fragmento en las estratas “2 a 4 m” (a), y “mayor a 4 m” (b) en cada clase de cobertura (1: 0 a 10 %, 2: 10 a 30%, 3: 30 a 50%, 4: 50 a 75%, 5: 75% a superior). [ ◆ DAP promedio de fragmento en estrata “a”, ▲ DAP promedio de fragmento en estrata “b”. — Línea tendencia estrata “a”, -- línea tendencia estrata “b”]

### 4.3 Conectividad actual

Al no considerar los caminos como barreras de conectividad entre fragmentos, actualmente sólo un 50 % de los fragmentos de la clase 5 de cobertura están conectados con otro fragmento de clase 5 a través de fragmentos de alto nivel de cobertura (clase 3 o 4). Esto indica que el resto de los otros fragmentos clase 5 (50% de ellos) se encuentran rodeados de hábitats de baja cobertura leñosa (clases 1 o 2). Bajo el mismo escenario, aquellos fragmentos con clase 4 de cobertura presentan un

37 % de conectividad directa con fragmentos clase 5, es decir, forman parte de una zona con vegetación nativa continua. No se observa ningún fragmento clase 4 que se comuniquen con uno clase 5 a través de zonas clase 3, pero existe un 25 % de conectividad entre fragmentos clase 4 a través de zonas de clase 3 o 5. En cuanto a la clase 3 de cobertura, un 22,2 % está directamente conectado con fragmentos de clase 4 y un 7 % a fragmentos de clase 5. La comunicación entre zonas de clase 3 a través de clase 4 o 5 alcanza solo el 15% de la totalidad de fragmentos de esta clase. Finalmente, la conectividad entre fragmentos clase 3 con aquellos de clase 4 a través de 5 y 5 a través de 4 es del orden de 3,7 % y 8,7 % respectivamente (Tabla 2).

En el escenario considerando los caminos como barreras de conectividad, los sectores con mayores porcentajes en las distintas combinaciones de fragmentos y clases de cobertura fueron el sector 6 y 3. Los sectores 1 y 7 tuvieron porcentajes menores mientras que el resto no tuvo combinaciones posibles que analizar (Tabla 2).

Tabla 2: Condiciones de conectividad actual en dos escenarios para los fragmentos de vegetación nativa dentro de la localidad de Rastrojos. Cada porcentaje está calculado en base al total de fragmentos de cada clase de cobertura presentes en el área de estudio o sector indicado.

| Conectividad                      |                          |       |                             |                          |             |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------|--------------------------|-------|-----------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Clases de cobertura en fragmentos |                          |       | Escenario 1:<br>sin caminos | Escenario 2: con caminos |             |             |             |             |             |             |
| Clase                             | Conectado<br>a través de | Clase | % (n° fg)                   | Sector<br>1              | Sector<br>2 | Sector<br>3 | Sector<br>4 | Sector<br>5 | Sector<br>6 | Sector<br>7 |
| 5                                 | 3 o 4                    | 5     | 50 (2)                      | -                        | -           | -           | -           | -           | 66.6(2)     | -           |
| 4                                 | 3                        | 5     | -                           | -                        | -           | -           | -           | -           | -           | -           |
| 4                                 | 3 o 5                    | 4     | 25 (2)                      | -                        | -           | -           | -           | -           | -           | -           |
| 3                                 | 4                        | 5     | 8.7(2)                      | -                        | -           | 33.3(1)     | -           | -           | 16.6(1)     | -           |
| 3                                 | 5                        | 4     | 3.7(1)                      | -                        | -           | -           | -           | -           | 16.6(1)     | -           |
| 3                                 | 4 o 5                    | 3     | 14.8(4)                     | 28.5(2)                  | -           | -           | -           | -           | 33.3(2)     | -           |
| 4                                 | Directa                  | 5     | 37.5(3)                     | -                        | -           | 100(2)      | -           | -           | 50 (1)      | -           |
| 3                                 | Directa                  | 5     | 7.4 (2)                     | -                        | -           | -           | -           | -           | 33.3(2)     | -           |
| 3                                 | Directa                  | 4     | 22.2(6)                     | 28.5(2)                  | -           | 33.3(1)     | -           | -           | 33.3(2)     | 16.6(1)     |

#### **4.4. Propuesta de conectividad a través del establecimiento de corredores biológicos**

La propuesta de conexión de fragmentos de hábitat de interés de conservación (clases 3, 4 y 5) se realizó sólo ubicando los corredores en áreas de hábitat silvestre (clases 1 a 5). Los corredores son áreas que se destinarían a unir fragmentos, las cuales pueden o no tener en la actualidad niveles de cobertura de clases 3, 4 ó 5. En el caso de áreas con clases de cobertura 1 ó 2, corresponderían a zonas donde se requeriría desarrollar restauración ecológica para incrementar su nivel de cobertura. No obstante, para la ubicación espacial específica de los corredores se privilegió emplear zonas que en la actualidad ya cuentan con niveles de cobertura de clases 3,4 ó 5.

Si no se consideran los caminos como barreras de movimiento y de esta manera se asume que no representan límites de hábitats, el 100% de los fragmentos de hábitat de clases de cobertura 3,4 ó 5 podrían llegar a quedar conectados con otros fragmentos de clase igual o superior 5 a través de corredores, excepto el caso de fragmentos de clase 4 con fragmentos clase 5, en cuyo caso sólo en el 62,5% de los fragmentos podría llegar a ocurrir (Tabla 3). Por el contrario, al considerar los caminos como barreras, es posible apreciar que la conectividad entre fragmentos se concentra en los sectores 6 y 3 siendo menor en el resto. En ambos sectores se ubican casi la totalidad de fragmentos clase 5 y 4 por lo que existen más combinaciones posibles de conectividad entre distintas clases de cobertura. El resto de los sectores al poseer menos fragmentos ven limitadas las posibilidades de reconectar zonas de clase altas de cobertura, sin embargo, si existe buena conectividad entre sus fragmentos de clase 3 (Tabla 3).

Tabla 3: Niveles de conectividad alcanzables a través de hábitats silvestres entre fragmentos al interior de la localidad de rastros. Se presentan distintas combinaciones de fragmentos en dos escenarios. Cada porcentaje está calculado en base al total de fragmentos de la clase X presentes en el área de estudio o sector indicado.

| Conectividad potencial            |                   |                          |          |                          |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Clases de cobertura en fragmentos |                   | Escenario 1: sin caminos |          | Escenario 2: con caminos |          |          |          |          |          |
| Clase                             | Clase             | % (n° fg)                | Sector 1 | Sector 2                 | Sector 3 | Sector 4 | Sector 5 | Sector 6 | Sector 7 |
| 5                                 | 5                 | 100                      | -        | -                        | -        | -        | -        | 100(3)   | -        |
| 4                                 | 5                 | 62.5 (5)                 | -        | -                        | 100(2)   | -        | -        | 100(2)   | -        |
| 4                                 | Conectado         | 100                      | -        | -                        | 100(2)   | -        | -        | 100(2)   | -        |
| 4                                 | a través de       | 100                      | 100(1)   | -                        | 100(1)   | -        | 100(1)   | 100(2)   | 100(1)   |
| 3                                 | hábitat silvestre | 100                      | -        | -                        | 100(3)   | -        | -        | 100(7)   | -        |
| 3                                 | 4                 | 100                      | 71.4(5)  | -                        | 100(3)   | -        | 100(1)   | 100(7)   | 85.7(6)  |
| 3                                 | 3                 | 100                      | 100(7)   | 100(2)                   | 100(3)   | 100(2)   | -        | 100(7)   | 100(7)   |

Mediante el análisis de datos de la caracterización de fragmentos y tomando en cuenta los sectores con mayor oportunidad de reconectar vegetación, se presenta una propuesta de red de corredores biológicos entre parches de interés de conservación.

Resultó posible habilitar una serie de corredores dentro de sectores independientes (Escenario de conectividad con caminos como barrera). Para encontrar paso entre dichos sectores aislados es necesario considerar zonas de vegetación nativa fuera de los límites de Rastrojos. Es importante señalar que las “fronteras” de esta localidad han sido establecidas según el conocimiento comunitario, por tanto, no existe ningún impedimento natural para recuperar la continuidad de vegetación entre dentro y fuera de estos límites humanos. Considerando lo anterior, podemos destacar un territorio aledaño conocido como Los Almendros. Esta zona corresponde a un sistema de quebradas contiguo a Rastrojos y en ella existen manchones de bosque que podrían actuar como fuente de diversidad para corredores. Usando estas quebradas se puede favorecer la comunicación de la vegetación entre dentro y fuera de la localidad (Fig. 8).

Existe una zona donde los fragmentos de los sectores 6 y 3 se encuentran bastante cercanos al camino y generan un área que tiene el potencial de ser recuperado para permitir cierta conectividad. Si bien el camino es una barrera a la comunicación de los distintos hábitats, la proximidad entre las

zonas de vegetación densa de ambos sectores aledaños permitiría las interacciones de flora y fauna (observación de terreno). Es por este motivo que dentro de la propuesta se incluye esta zona como único corredor que no considera la condición de caminos como barrera.

La zona Noroeste, más cercana al río Purapel, cuenta con una mayor posibilidad de conexión entre sus fragmentos y además es aledaña a otros sectores de los cuales solo está separada por caminos no pavimentados con poco tránsito de vehículos. Predominan en este sector parches de cobertura de clases 3 y 4, y se mantiene continuidad de vegetación nativa en la ribera del estero Rastrojos.

Por otro lado, hacia la zona Suroeste se encuentran sectores que coinciden con la cuenca de Empedrados, localidad aledaña. En estas laderas y quebradas es posible encontrar mayor concentración de parches con una cobertura sobre el 75% (clase 5), correspondientes a bosques secundarios de *Nothofagus glauca*. No obstante, pese a la abundancia y riqueza de estas zonas, su posibilidad de conexión se ve mermada por amplias plantaciones forestales exóticas y caminos de alto tránsito.

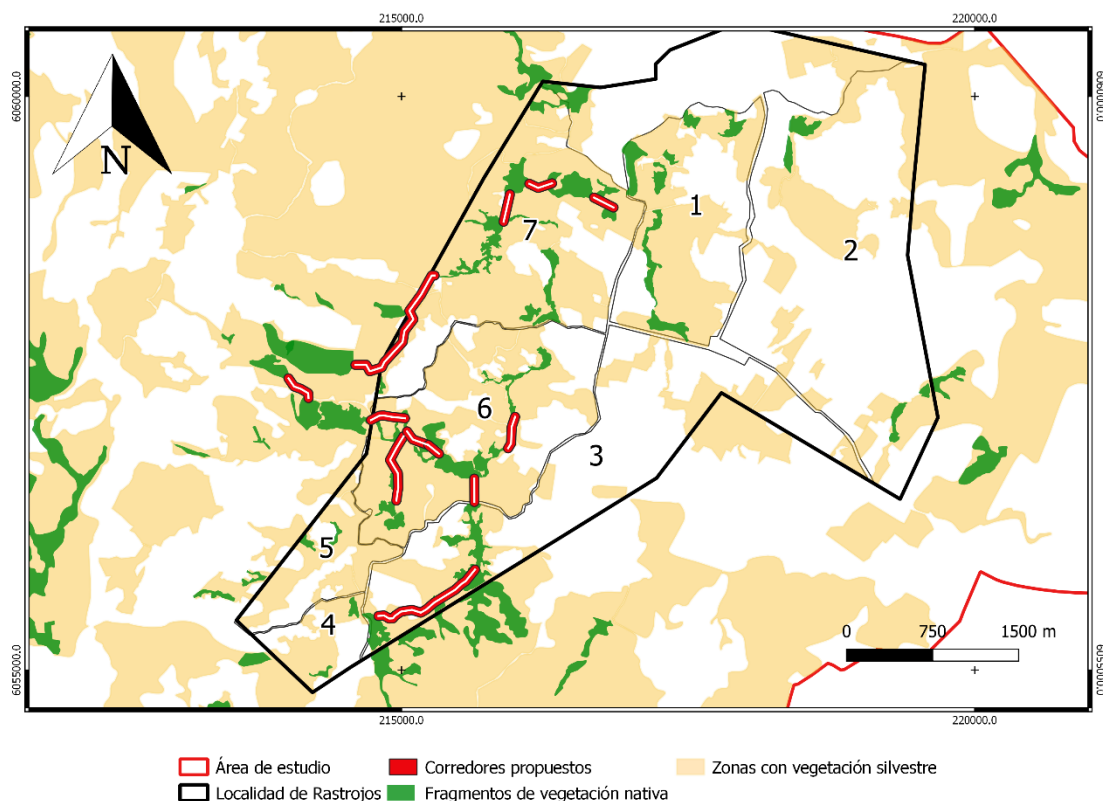


Figura 8: Cartografía de corredores biológicos potenciales entre fragmentos de las clases de cobertura 3, 4 y 5. Cada corredores cuenta con un número de identificación y el largo total.

## 5. Discusión

Los resultados indican que existe un potencial de comunicación entre distintos fragmentos a lo largo de toda la localidad de Rastrojos. Sin embargo, bajo el escenario que consideran los caminos rurales internos del área de estudio como barreras y límites de hábitat, tal como sería especialmente para una gran diversidad de especies de fauna menor, existen muchas zonas que quedan aisladas y no podrían llegar a tener comunicación con otros fragmentos. Además, en este caso sectores completos de la localidad de Rastrojos quedan sin representación dentro del análisis al carecer totalmente de fragmentos, mientras que otros poseen una alta concentración de estos de hábitat.

En cambio, en el escenario en que los caminos no son barreras de movimiento y no representan límites de hábitat para fauna y flora, las oportunidades de reducir la fragmentación se enriquecen. En este caso, es posible encontrar zonas aptas para establecer corredores entre casi la totalidad de los fragmentos de interés de conservación en el área estudio. En ambos escenarios unir total o parcialmente los pocos fragmentos de clases 4 y 5 supondría un beneficio para su conservación y permitiría generar una zona núcleo de biodiversidad dentro de la localidad.

En cualquiera de los dos escenarios analizados, los resultados sugieren que es factible conectar zonas de alta diversidad sin pasar sobre obstáculos de origen antrópico. Sin embargo, existen zonas donde es posible establecer un corredor, correspondientes a hábitats como praderas y matorrales abiertos (Clases de cobertura baja), las cuales mantienen actividades o usos que pueden restringir el desarrollo de vegetación, tales como pastoreo de animales domésticos y la quema de basura (observación personal). Por ello, es importante en estos corredores la exclusión total o parcial para ayudar a su recuperación natural, de lo contrario cualquier esfuerzo de mejora podría verse reducido e inutilizado (Echeverría et al. 2014)

Algunos elementos de la geomorfología natural del área de estudios pueden ser favorables para recuperar comunicación entre espacios silvestres. Por ejemplo: el estero Rastrojos y otros pequeños cursos de agua son corredores naturales. Enriquecer estas zonas resultaría una opción eficiente de manejo, siempre y cuando se controlen amenazas como la invasión de árboles exóticos y ganadería (Romero et al. 2014). Condiciones menos favorables podrían ser abordadas con forestaciones usando diversas técnicas de restauración ecológica. Tal sería el caso de sitios con erosión avanzada y cárcavas, que pueden ser intervenidas mediante el establecimiento de vegetación natural en conjunto con obras de control mecánico para así avanzar en la estabilización de los suelos. Dentro de las necesidades urgentes reconocidas por la comunidad está la escasez hídrica. El desarrollo de



bosques como corredores podría mejorar la producción o calidad del agua mitigando este fenómeno (Little & Lara, 2010, Jullian et al. 2018).

Los escasos fragmentos dentro de la localidad hacen que existan limitadas opciones para el establecimiento de corredores entre ellos. Al explorar los alrededores de la localidad fue posible encontrar áreas con bosque nativo que podrían actuar como fuentes de biodiversidad para los fragmentos dentro de la localidad pensando únicamente en la proximidad entre estos. Sin embargo, estas zonas están rodeadas por plantaciones forestales que actúan como barrera al establecimiento de corredores y abundante regeneración de natural de *Pinus radiata* que complicaría aún más el proceso. Además, las condiciones escarpadas del terreno también pueden ser considerado un elemento en contra de buscar restablecer conectividad con fragmentos fuera de la localidad de Rastrojos. Estos factores influyeron al momento de proponer reconstituir la conectividad entre fragmentos dentro de la localidad usando corredores biológicos y condicionan la propuesta de estos fuera de la Rastrojos.

El enfoque metodológico que desarrolló este estudio estuvo orientado a levantar información inexistente de una zona rural que presenta condiciones similares a muchas otras localidades en el centro sur de Chile, generalmente dominadas por campos agrícolas, plantaciones forestales y vegetación nativa remanente. En un comienzo la identificación de fragmentos mediante fotointerpretación tuvo un rol exploratorio del área de estudio, y pese a la buena resolución de las imágenes satelitales, dejó dudas acerca de la real condición de los hábitat observados debido a existir cierto desfase temporal entre la imagen y el presente. Esto hace que la verificación en terreno de la información sea necesaria para sostener la validez de este método e introducir las correcciones necesarias a los resultados. En este estudio, la realidad en terreno fue lo bastante próxima a la imagen como orientar correctamente el muestreo de los fragmentos para cada clase de cobertura, sin embargo, esto podría no necesariamente repetirse en otras áreas de estudio. De manera similar, la clasificación de las coberturas en base a rangos porcentuales para diferenciar un hábitat de otro es un proceso que depende en gran medida del criterio de los observadores. Al recorrer la localidad de Rastrojos se logró observar que las clases de coberturas correspondieron a las condiciones de hábitat real, obteniendo resultados positivos de la identificación previa de los fragmentos.

Analizar todas las combinaciones de conexión entre distintas clases de cobertura en fragmentos permitió llegar a resultados de conectividad positiva para el área de estudio. Sin embargo, esto cambio bastante al sectorizar la localidad debido principalmente a la falta de fragmentos de buen nivel de cobertura y riqueza de especies en algunas zonas. Una ventaja de este método fue que rápidamente se logró aislar aquellos sectores con mayores porcentajes de conectividad y observarlos

como zonas núcleo de biodiversidad haciendo deseable el establecimiento de corredores entre estos fragmentos y otros fuera del sector.

Considerar solo las especies de flora nativa leñosa de forma de vida arbórea y arbustiva permite caracterizar de forma eficiente la estructura de la vegetación local, no obstante, se reconoce que otros elementos como herbáceas, suculentas, lianas y otros también tienen un rol importante dentro de la ecología de un hábitat (Sepúlveda, Peñailillo & Boshier, 2019). Se logró observar en terreno algunos de estos elementos florísticos pero su presencia fue menor en relación con las formas de vida incluidas en el análisis. Es por esto por lo que se considera posible ampliar la caracterización de flora nativa a otras formas de vida en futuros estudios relacionados.

Diversas metodologías de corredores biológicos son aplicadas como una herramienta de conservación a escala de paisajes (Colorado & Vasquez & Mazo 2017. Murrieta E. 2006. Wangchuk, S. 2007.). Por lo general en esta clase de estudios se consideran tamaños de fragmentos muy superiores a los detectados en la Localidad de Rastrojos, haciendo que aquellas metodologías no sean efectivas a escala local por dejar fuera fragmentos que pueden albergar abundante diversidad persistente como es el caso de aquellos prospectados en este trabajo. En parte, este sesgo se debe a que muchos estudios inician desde la base de un objeto de conservación y modelan condiciones de hábitat respecto al mismo, proceso que demanda mayores niveles de superficie dependiendo de las necesidades de cada especie (ej. Beier P. 1993). Si bien estos estudios son propuestas válidas de metodologías para el diseño y ejecución de corredores, se considera que la metodología desarrollada en este trabajo permite su replicación en pequeñas localidades donde el interés de conservación está en resguardar la existencia de la limitada biodiversidad persistente en fragmentos, usando la caracterización de la estructura y composición de hábitat como principales indicadores.

Las dimensiones de los corredores propuestos fueron de 10 metros hacia cada lado del eje central del mismo. El largo de estas áreas dependerá de la distancia entre fragmentos, pero considerando la prospección en terreno ninguno debería sobrepasar 1,5 km. Si bien estas dimensiones pueden ser no suficientes para eludir un efecto borde típico de ambientes fragmentados, es posible constituir un primer eje de recuperación de la masa boscosa para posteriormente densificar y expandir hacia los costados (Peña et al. 2005). Por otro lado, dicha medida puede ser suficiente para la movilidad de fauna pequeña, tales como invertebrados que sustenten cadenas tróficas (Bonacic et al. 2016).

Varios corredores ubicados en áreas silvestres, pero de clases de cobertura baja (1 y 2), deberían ser restauradas ecológicamente para que así el corredor llegue a niveles de cobertura de clases 3, 4 e idealmente 5, las cuales, según nuestros resultados, pueden sostener mayor diversidad de especies.

La reforestación para obtener estos niveles de cobertura debería llegar aproximadamente entre los 700 y 1000 individuos / ha. En cuanto a la selección de especies, se considera poco adecuado utilizar especies nativas de la zona central de Chile que no estén naturalmente presentes en Rastrojos, evitando así alteraciones en la riqueza originaria del lugar. Se recomienda aprovechar aquellas especies presentes en la mayoría de los fragmentos muestreados, tales como: *Escallonia pulverulenta*, *Schinus polygamus*, o *Lithrea caustica* para sitios abiertos, y *Psoralea glandulosa*, *Aristotelia chilensis* o *Azara integrifolia* en lugares más húmedos. Para el caso de otras especies abundantes como *Nothofagus glauca* o *Lomatia hirsuta*, se recomienda su uso solo en zonas altas de la localidad donde se encuentran naturalmente presentes.

Es importante considerar el control de especies exóticas en zonas silvestres como estrategia de manejo. *Acacia dealbata* y *Pinus radiata*, ambas especies observadas en el área de estudio invadiendo áreas de hábitat silvestre, pueden afectar la regeneración natural del bosque (Fuentes-Ramírez et al, 2010). Si bien la erradicación completa resulta ser una tarea compleja, mantener bajo control estas especies mientras el bosque nativo logra establecerse y ganar altura puede ser una opción durante una fase inicial de manejo, especialmente en los corredores.

El manejo del territorio a largo plazo y la gestión predial están en manos de la población local, por lo tanto, su colaboración en cualquier iniciativa es primordial. El nivel de atomización predial podría ser un obstáculo importante al momento de establecer un corredor que intervenga más de una propiedad. Iniciativas similares llevadas a cabo por CONAF durante los últimos años en la Región de O'Higgins han buscado ordenar espacialmente las actividades productivas de pequeños propietarios permitiendo dejar zonas de conservación dentro de sus predios que funcionen como corredores de flora y fauna (CONAF. 2019) Una organización así podría ser desarrollada en esta zona.

Cualquier trabajo debe ser progresivo comenzando desde la educación ambiental de modo de generar conciencia de los beneficios de la biodiversidad para Rastrojos y el medio ambiente en general. En la actualidad diversas iniciativas se llevan a cabo en la escuela rural de la localidad que apuntan a este objetivo.

## **6. Conclusiones**

Pese a la fragmentación general actual del paisaje de la localidad de estudio, en fragmentos remanentes de mayor cobertura leñosa aún se presenta abundante diversidad de especies leñosas. Los resultados de este estudio indican que pese a las importantes perturbaciones que han afectado al

ecosistema local, especialmente un gran incendio hace 3 años, recuperar la conectividad de la vegetación nativa es factible. Sin embargo, los niveles de conectividad dependen fuertemente si se consideran o no los caminos rurales internos como barreras y límites de hábitat. Cuando los caminos no son representan barreras a la movilidad de organismos, casi el 100% de los fragmentos de hábitat podrían conectarse a través de corredores biológicos, ya sea instalados en áreas con alta cobertura leñosa actual o restaurando hábitats. En cambio, cuando los caminos representan barreras de movimiento, el porcentaje de fragmentos que pueden llegar a conectarse con otros se reduce fuertemente.

La habilitación de corredores biológicos con especies leñosas nativas actuaría en beneficio del ecosistema al aumentar su complejidad local, trayendo consigo mejoras asociadas al incremento de cobertura, aumento de superficie en los hábitats y mejora en general de los servicios ecosistémicos en la localidad de Rastrojos.

### **Bibliografía**

Acuña M. P. & Hernández J. (2018). Informe cuantificación de incendios forestales históricos en la región del Maule. Proyecto PYT-2017-0733 CONAF-FIA Proyecto piloto de innovación territorial en restauración post-incendios para la región del Maule 2017-2020.

Agromet. (2019). Red Agroclimática Nacional. Ministerio de Agricultura. Datos climatológicos Estación J. Bouchon Comuna de San Javier. Web: <https://www.agromet.cl>. Visitada 12/01/2020

Aguayo M., Pauchard A., Azócar G. & Parra O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. Revista chilena de historia natural, 82(3), 361-374.

Bennet A. F. (2004). "Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre". UICN-Unión Mundial para la Naturaleza. San José, Costa Rica. 278pp.

Bennett G., & Mulongoy K. J. (2006). Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones. In *Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series* (Vol. 23, p. 100).

Bizama G., Torrejón F., Aguayo M., Muñoz M., Echeverría C., & Urrutia R., (2011). Pérdida y fragmentación del bosque nativo en la cuenca del río Aysén (Patagonia-Chile) durante el siglo XX. *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 125-138.

Beier P. (1993), Determining Minimum Habitat Areas and Habitat Corridors for Cougars. *Conservation Biology*, 7: 94-108.

Bonacic C., Leichtle J., Arcos N., Muñoz A. E., & Arellano E. (2016). Medidas de Manejo para Conservación y Fomento de la Biodiversidad Predial.

Bosier J.P., Rondanelli R., Garreaud R., Muñoz F., (2016). Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent mega-drought in central Chile. *Geophys. Res. Lett.*, 43.

Castro A. P. (2018). Erosión en Chile: una mirada histórica y geográfica para entender el proceso de la expansión forestal en las comunas de Constitución, Empedrado y Chanco: Región del Maule.

Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) (2010). Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región del Maule. Síntesis de Resultados. 46 p

Colorado G. J., Vásquez J. L., & Mazo I. N. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 22 3.

Corporación Nacional Forestal (CONAF) (2019). Informe técnico. Corredor de conservación. Área piloto estratégica Litueche – Pailimo. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV). Proyecto Manejo Sustentable de la Tierra.

Corporación Nacional Forestal (CONAF) (2018). Catastro Nacional de usos de la tierra y de las formaciones vegetales. Capa de información geográfica. Sistema de Información Territorial CONAF. Disponible en: <https://sit.conaf.cl>. Visitada: 06/01/2020.

Corporación Nacional Forestal (CONAF) (2017). Análisis de la Afectación y Severidad de los Incendios Forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile. Informe Técnico. 56 p. Santiago, Chile.

Echeverría C., Newton A., Nahuelhual L., Coomes D., & Rey-Benayas J.M., (2012). How landscapes change: integration of spatial patterns and human processes in temperate landscapes of southern Chile. *Appl. Geogr.* 32, 822e831

Echevarría D. C., Von Müller A. R., Hansen N. E., & Bava J. O. (2014). Efecto del ramoneo bovino en renovales de *Nothofagus antártica* en Chubut, Argentina, en relación con la carga ganadera y la altura de la plantas. *Bosque (Valdivia)*, 35(3), 353-368.

Fahrig L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 34: 487-515. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 34. 487-515.

Fuentes-Ramírez A., Pauchard A., Marticorena A., & Sánchez P. (2010). Relación entre la invasión de *Acacia dealbata* Link (Fabaceae: Mimosoideae) y la riqueza de especies vegetales en el centro-sur de Chile. *Gayana. Botánica*, 67(2), 188-197.

Bennett G. & Mulongoy K. J. (2006). Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 23, 100 pages.

Garreaud, R., Álvarez-Garretón C., Barichivich J., Boisier J.P., Christie D.A., Galleguillos M., LeQuesne C., McPhee J., & Zambrano-Bigiarini M. (2017). The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21

- Gómez-González S., González M., Paula S., Díaz-Hormazábal I., Lara A., & Delgado-Baquerizo M. (2018). Temperature and agriculture are largely associated with fire activity in Central Chile across different temporal periods. *Forest Ecology and Management*. 433. 535-543.
- Hernández-Moreno A., Miranda M., Arellano E., & Dobbs C. (2016). Landscape trajectories and their effect on fragmentation for a Mediterranean semi-arid ecosystem in Central Chile. *Journal of Arid Environments*. 127. 74-81.
- Jullian C., Nahuelhual L., Mazzorana B., & Aguayo M. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 39(2), 277-289.
- Kattan G., Alvarez-Lopez H., & Giraldo M. (1994). Forest Fragmentation and Bird Extinctions: San Antonio Eighty Years Later. *Conservation Biology*, 8(1), 138-146.
- Kalajic B.J. (2018). Documento de trabajo actividades de mejoramiento de hábitat para la fauna silvestre. Proyecto PYT-2017-0733 CONAF-FIA Proyecto piloto de innovación territorial en restauración post-incendios para la región del Maule 2017-2020.
- Kalin M., Marquet P., Marticorena C., Simonetti J., Cavieres L., & Squeo F. (2006). El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. *Diversidad de Ecosistemas, Ecosistemas Terrestres*. in *Diversidad de Chile: Patrimonios y Desafíos*. 94-97.
- Little C. & Lara A. (2010). Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 31(3), 175-178.
- Lozano-Parra J., Lozano-Fondón C., Pulido M., & García-Marín R. (2018). El papel del agua sobre la biomasa vegetal en la zona semiárida con clima mediterráneo de Chile 1. *Revista de geografía Norte Grande*, (71), 91-108.
- Luebert F., & Pliscoff P. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria.
- Ministerio del Medio Ambiente, 2015. Informe final diagnóstico estado y tendencias de la biodiversidad. Región del Maule. Proyecto n° 82692: "Planificación nacional de la biodiversidad para apoyar la implementación del Plan estratégico de la convención de diversidad biológica (CDB) 2011-2020"

Miranda A., Altamirano A., & Cayuela L., Lara A., & González M. (2016). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change*. 1-13. 10.1007/s10113-016-1010-7.

Murrieta E. A. (2006). Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis *Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 125 p

Peña-Becerril J. C., Monroy A. A., Álvarez-Sánchez F. J., & Orozco-Almanza M. S. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. 8. 91-98.

Santos T., Tellería J.L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 2006/2 3-12

Sepúlveda C. A., Peñailillo P., & Boshier D. H. (2019). Flora asociada y perspectivas de conservación para una población de *Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kosterm. (Lauraceae) en un sistema agrícola de Chile central. *Gayana. Botánica*, 76(1), 1-11.

Saunders, D.A., Hobbs, R.J., & Margules, C. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.

Romero, Fabián I, Cozano, Miguel A, Gangas, Rodrigo A, & Naulin, Paulette I (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 3-12.

Urrutia-Estrada J., Fuentes-Ramírez A., Correa-Araneda F., & Hauenstein E. (2018). Impactos De La Fragmentación Sobre La Composición Florística En Bosques Pantanosos Del Centro-Sur De Chile. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53(2), 1-10.

Valdez, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas* 20(3): 11-20.

Vergara, Gonzalo, & Tomás Ibarra, José. (2019). Paisajes en transición: gradientes urbano-rurales y antropización del bosque templado andino del sur de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, (73), 93-111.



Wangchuk, S. A. N. G. A. Y. (2007). Maintaining ecological resilience by linking protected areas through biological corridors in Bhutan. *Tropical Ecology*, 48(2), 177.