

FRAGMENTACIÓN Y BIODIVERSIDAD DEL PAISAJE ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA VALLE BIOBÍO EN CONCEPCIÓN

Landscape fragmentation and biodiversity associated with the construction of the Valle Biobío highway in Concepción

Marta Gallardo | Doctora en Geografía | Departamento de Geografía, Universidad de Concepción, Chile | mgallardob@udec.cl

Isabel Contreras | Titulada en Geografía | Universidad de Concepción, Chile | isacontreras@udec.cl

RESUMEN: La fragmentación y la pérdida de hábitats, originadas por la acción del hombre, son una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad. Están asociadas a una disminución de tamaño de las cubiertas de usos de suelo, originando una reducción o un aislamiento de los fragmentos originales. En este trabajo se analizan los cambios en la estructura del paisaje desde el año 2006 al 2015, asociados a la construcción de la autopista valle Biobío en Concepción, específicamente entre la población San Jorge y El Pino. Para ello, se caracterizan los usos de suelos y se observan los cambios mediante la aplicación de métricas del paisaje, se realizan encuestas a la población determinando focos de biodiversidad y amenazas y se recopilan datos de flora y fauna en terreno.

Los efectos de fragmentación en el área de estudio están determinados principalmente por la actividad silvícola. La construcción de la autopista muestra un cambio incipiente en el proceso de fragmentación y genera un aumento de la superficie de uso urbano. Son precisamente las áreas a orillas de la vía las que son señaladas como focos o zonas de mayor biodiversidad por parte de los habitantes de las localidades, pero también como principales amenazas.

PALABRAS CLAVES: Fragmentación del paisaje – Cambios de usos del suelo – Biodiversidad – Infraestructuras viales – Concepción.

SUMMARY: Fragmentation and habitat loss caused by human action are one of the main consequences of biodiversity loss. They are associated with a decrease in the size of land covers, causing a reduction or an isolation of the original patches. This work analyzes landscape structure changes between years 2006, related with the construction of the Valle Biobío highway between the population of San Jorge and El Pino, in Concepción, Chile. Land uses are characterized and changes are observed through the application of landscape metrics, population surveys are carried out to determinate hotspots in biodiversity and threats. Flora and fauna data are collected in field.

The effects of fragmentation in the study area are determined by silviculture activities. The construction of the highway shows an incipient change in the fragmentation process, causing an increase of the urban land use surface. Areas along the road are designated as foci biodiversity areas by the inhabitants but also as major threats.

KEY WORDS: Landscape fragmentation – Land use changes – Biodiversity – Road infrastructure – Concepción.

INTRODUCCIÓN

Los cambios socioeconómicos ocurridos durante las últimas décadas del siglo XX han producido numerosos cambios ambientales a diferentes escalas espacio-temporales que han modificado la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y han afectado a la biodiversidad. Las transformaciones más importantes en el paisaje han ocurrido como consecuencia de la utilización de los hábitats naturales para el aprovechamiento de la humanidad (Vallecillo Rodríguez, 2009). Hoy en día la magnitud del cambio compromete cada vez más a la conservación de los organismos, los ecosistemas e incluso la totalidad del denominado sistema global (Gallardo y Martínez-Vega, 2017). Un factor de transformación especialmente importante es la fragmentación del territorio, definida como la división de hábitats en porciones más pequeñas. Este proceso está considerado como una de las principales amenazas para la conservación de los organismos y los ecosistemas por el incremento del riesgo de extinción de las poblaciones de los hábitats originales (Forman y Godron, 1981).

De forma general, los procesos que se ven más afectados por los efectos de la fragmentación del paisaje son aquellos que dependen de vectores de transmisión en el paisaje, como son la dispersión de semillas, la polinización de las plantas, las relaciones de predador-presa, la dispersión de parásitos y epidemias. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la fragmentación opera a diferentes escalas para distintas especies y distintos hábitats: un paisaje fragmentado para una especie puede no serlo para otra con mayores capacidades de dispersión o requerimientos de hábitats menos exigentes. (Castro, Molina, y García, 2002; Valdés, 2011). Los valores de fragmentación elevados suelen registrarse en los alrededores de los grandes centros urbanos y a lo largo de importantes corredores de transporte (AEMA, 2003).

La implantación de las infraestructuras induce a su vez cambios en el territorio, tanto estructurales (urbanización) como funcionales (incremento del volumen de tráfico) que multiplican el efecto fragmentador de aquéllas. (MARM, 2010). La barrera que estos ejes lineales constituyen para los desplazamientos de fauna silvestre, y, en general el proceso de fragmentación de hábitats, se ha revelado como uno de los factores que supone mayor amenaza a la conservación de la biodiversidad biológica en el mundo (Peris Martínez, 2014). El peso de las consecuencias de estas infraestructuras dependerá de la cantidad de pérdida de área (y por tanto de biodiversidad) y la variación de la forma de los fragmentos (Martín Ramos, 2006). Además, el mantenimiento y explotación de éstas origina una contaminación química y acústica en el paisaje colindante. Los efectos más comunes son la pérdida de hábitat, perturbaciones en los procesos ecológicos, la alteración de la dinámica hidrológica, mortalidad de individuos, efecto barrera y efecto de dispersión de especies o la aparición de nuevos hábitats (Martín Ramos, 2006).

Esto conlleva a un aumento en la probabilidad de que algunos organismos salgan del hábitat en que se refugian, lo que implica mayores dificultades para conseguir alimento, mayor susceptibilidad a la depredación, aumento del riesgo de propagación de enfermedades, entre otros problemas. Todo esto se traduce en una mayor tasa de mortalidad y en una menor tasa de reproducción de las poblaciones locales (Bennett y Saunders, 2016).

La pérdida del hábitat y la rapidez con que van cambiando los paisajes constituyen en la actualidad las amenazas más graves que enfrenta la conservación de la diversidad biológica, no sólo en Chile sino en todo el mundo (Pérez Zúñiga, 2005). En Chile, el estado que presenta la diversidad biológica, no deja de ser preocupante. Además del alto número de animales silvestres con algún grado de amenaza, los bosques nativos han sido sometidos a un acelerado deterioro a lo largo de la historia, teniendo a mediados del siglo XIX una mayor intensidad, especialmente en los últimos 50 años, que resulta en una reducción drástica en el área de distribución de diversos animales (Ríos Barrios, 2009). Según Ormazábal et al, (2013) en el país, la fragmentación está asociada a dos grandes causas, la primera es ser un país semiárido y la segunda al desarrollo de inadecuadas

prácticas agrícolas desde el siglo XVII, tiempo en que comienza la Colonia. El estudio de la dinámica de los usos del suelo y la fragmentación de infraestructuras viales, genera un campo de investigación aún poco desarrollado en América Latina.

Este artículo analiza los cambios y las posibles consecuencias en la estructura del paisaje en el área cercana a la construcción de la autopista Valle Biobío, tramo población San Jorge a El Pino, en la comuna de Concepción. Es un área de biodiversidad importante, con la presencia del río Andalién y la laguna Pineda, los cuales son centros de conectividad ecológica, refugio y zona de reproducciones en su mayoría de aves. La revisión y catastro de los procesos ecológicos del sector conllevará la obtención de información valiosa de los procesos, ya sean de fragmentación paisajística como los relacionados con la riqueza y diversidad de especies que viven y subsisten en el área. Para ello se realiza una caracterización los usos de suelo para los años 2006, 2010 y 2015 con el fin de observar los cambios producidos durante estos periodos y se aplican una serie de métricas de paisaje para ver observar su dinámica. Se registran igualmente las áreas de mayor diversidad y las áreas con amenazas teniendo en cuenta la opinión de la población.

DATOS Y METODOLOGÍA

Para la obtención de datos de cambios de usos del suelo se trabaja con imágenes satelitales Google Earth Pro de los años 2006, 2010 y 2015. Se decide trabajar con este tipo de imágenes por su disponibilidad gratuita y presentar un mayor detalle que las imágenes Landsat. Se trabaja a escala 1:25.000.

Se capturan las tres imágenes en forma simultánea. Se toman 16 puntos de control para georreferenciar las imágenes y 12 puntos de unión con un RMS de 0,68 y con una georreferencia de segundo orden en base al método de Araujo et al. (2013). La imagen extraída tiene un área de 2.900 hectáreas. Se selecciona este tamaño al abarcar una sección que incluye la construcción de la autopista valle Biobío y los dos cuerpos de agua a estudiar, la laguna Pineda y el río Andalién, además de los dos poblados más cercanos a estos cuerpos de agua (San Jorge y El Pino).

Para determinar los usos de suelo se realiza una clasificación supervisada utilizando el Programa ENVI mediante el proceso de clasificación en específico "*Maximum Likelihood Classification*". Se verifican los polígonos creados y se eliminan aquellos con tamaño muy reducido pasando un filtro "*Majority*" de 9x9. Para la creación de los productos cartográficos se utiliza el programa ArcGis 10.3. Se compara el resultado con los mapas de usos de suelo de la comuna en CONAF (1998) y Rojas Quezada et al., (2010) y se validaron con datos extraídos en terreno.

Las clases temáticas se escogen en base a la clasificación propuesta por Rojas Quezada et al., (2010). En la tabla 1 se detalla la propuesta de clasificación de usos de suelo. En el caso del bosque nativo y plantaciones (forestales) se unen solo en una tipología de bosque, esto debido a que las áreas de bosque nativo son casi inexistentes en el sector. Se incorpora la arena como clase temática basado en su importante presencia vinculado con el río Andalién en el área de estudio.

Tabla 1: Propuesta clasificación de usos de suelo. Elaboración propia en base a Rojas Quezada et al. (2010)

Clases	Descripción
Cuerpo de Agua	Ríos, lagos y lagunas.
Zonas Urbanas	Áreas construidas y ocupadas por instalaciones viales
Praderas	Formación vegetal donde la cobertura del tipo herbáceas supera el 25% y los tipos árboles y arbustos una cobertura es < al 25%. Se incluyen los terrenos donde se practican periodos rotativos de cultivos y producción de empastadas
Suelo Descubierto	Áreas no cultivadas, sin construir, zona de talaje, áreas quemadas, escasa presencia de vegetación y áreas erosionadas.
Bosque	Ecosistema cuyo estrato arbóreo está constituido por especies nativas principalmente de Tipos Forestales y Bosque cuyo estrato arbóreo está dominado por especies exóticas plantadas.
Arena	Sedimento del tipo arena.

La evaluación del estado del paisaje parte de un análisis de métricas del paisaje, utilizando el Programa FRAGSTATS 4.2 (McGarigal y Marks, 1994). Basado en Aguilera (2010) se eligen siete métricas para el análisis de fragmentación: a) riqueza de manchas; b) número de manchas; c) proporción superficial de clases; d) tamaño medio de teselas; e) índice de forma; y f) distancia media de la mancha más próxima. El resultado de los productos anteriores, serán asociados a las infraestructuras de transporte, las cuales se consideran barreras totales, es decir cada tesela atravesada por una nueva infraestructura queda rota en nuevos fragmentos que serán considerados como islas. (Martín Ramos, 2006).

A la hora de recoger información sobre el estado actual de la biodiversidad del área de estudio, se llevan a cabo encuestas a la población, así como un muestreo mediante la realización de transectos en terreno. Se realizaron dos cuestionarios, el primero para obtener una descripción demográfica y de actividades económicas en el área de estudio y el segundo sobre la apreciación del carácter ecológico y ambiental del área de estudio, producto del emplazamiento y construcción de la nueva autopista valle Biobío. Los miembros de la muestra son elegidos al azar. Se encuesta a 10 personas por población, dedicándose un día para cada una. Aunque la muestra es pequeña, sirve para formarse un panorama de las opiniones de la población local. Se recoge información sobre el sector donde viven y su ocupación, y acerca de la valoración ecológica y la riqueza de biodiversidad del área de estudio, indicando las áreas biológicamente más ricas y aquellas más amenazadas, a través georreferenciación de puntos indicado por los encuestados en el mapa. Junto con esto, se pregunta por el conocimiento que tienen de la flora y fauna de sector y la opinión acerca del emplazamiento de la autopista Valle Biobío. Todo esto a través de preguntas del tipo cerradas. Por último, se genera una pregunta de tipo abierta sobre las actividades que ellos creen que generan mayor deterioro en las áreas biológicamente más ricas.

En cuanto a la metodología de muestreo de fauna y flora, el área de muestra comprende una ruta de 4 kilómetros por la autopista Valle Biobío, la cual comienza en Población San Jorge y termina en El Pino. Esta ruta es realizada a pie. Se divide en cuatro zonas de observación: a) población San Jorge; b) Laguna Pineda; c) río Andalién; y d) población El Pino. En cada estación se estima un tiempo de 20 minutos por observación, se anota por cada estación las especies de flora y de fauna diferenciando entre reptiles y anfibios, aves, insectos y mamíferos observados. A su vez, se registra de forma fotográfica todas las especies y hábitat recopilados. La información se recoge mediante la utilización de fichas técnicas, donde se detalla el lugar donde se registra dicha especie.

Bajo estas premisas, los resultados se analizan con el fin de ver el grado de fragmentación del área de estudio vinculado a la implementación de infraestructura vial y al cambio en los usos de suelo y la influencia que tendrá en las zonas de riqueza en biodiversidad.

ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realiza en el tramo de la autopista Valle Biobío que comprende las poblaciones de San Jorge y El Pino, en la comuna de Concepción, Región del Biobío, (Figura 1). Ambos poblados rodean la laguna Pineda, un humedal de tipo lacustre y atractivo en términos paisajísticos, aunque de acceso restringido. Su forma de herradura es testigo de ser un antiguo meandro del río Andalién que quedó aislado por la construcción de la carretera (EULA, 2011). También destaca el río Andalién, el cual rodea la franja de autopista entre las dos poblaciones; este es considerado como el río de mayor importancia en el interfluvio Itata-Biobío (DGA, 2004).

El emplazamiento de la autopista Valle Biobío, en su trazado general, atraviesa la provincia de Concepción, en sus comunas de Concepción y Florida, la provincia de Biobío en sus comunas de Yumbel y Cabrero, y la provincia de Ñuble en su comuna de Yungay. La autopista comenzó a construirse en el año 2011 y la longitud total del proyecto alcanza aproximadamente 103 km, la cual comprende la R-146, R-050 Y R-097, y se pretende una ampliación de 58 km a doble calzada (Sacyr, 2012). Específicamente en el área de investigación, el tramo abarca 5 km, en las cuales existirá una ampliación de las calzadas de 7 m cada una.

La construcción de la autopista y su ampliación conllevará un aumento en el flujo y velocidad de vehículos motorizados, la construcción de puentes y estructuras viales (pasarela peatonal, plaza de peajes e iluminación de interacciones), etc., lo que traerá cambios en la estructura del paisaje.

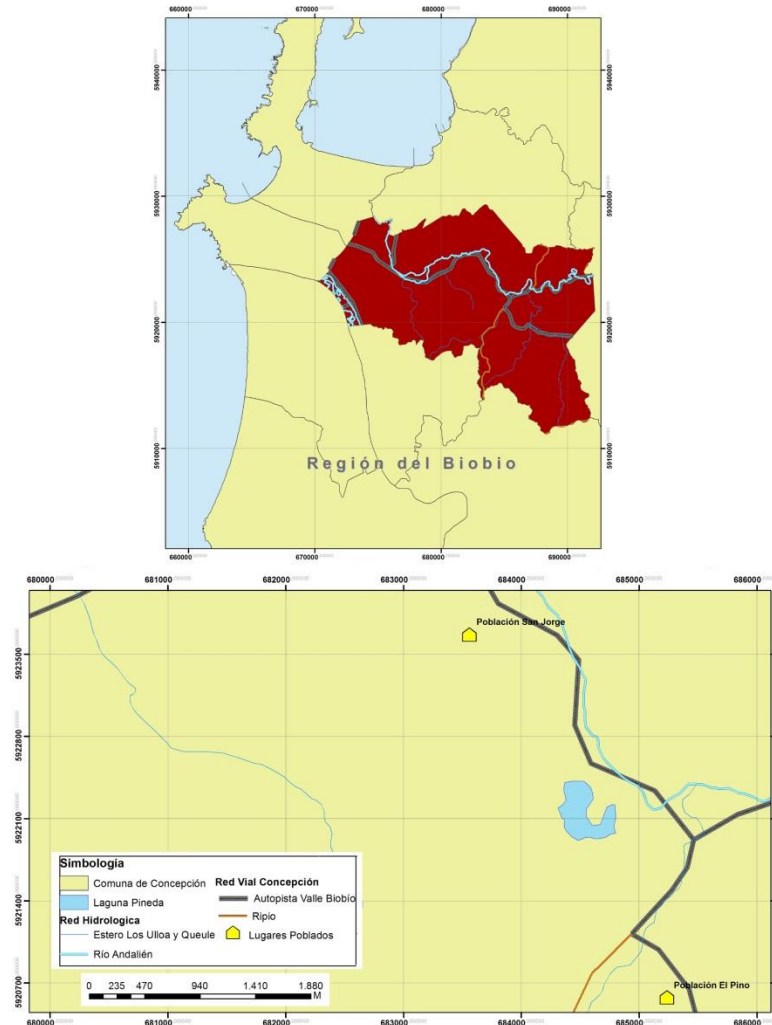


Figura 1: Localización del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Cambios de usos del suelo registrados en el periodo 2006 - 2015

La caracterización de usos del suelo para el año 2006 nos otorga una predominancia del bosque con 2.450 ha. El segundo uso con más ocupación son las praderas con 133 ha. La existencia de praderas está relacionada con la tala de plantaciones de tipo forestal de especies de Pino (*Pinus radiata*) y Eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*) que se explotan en la zona. Estos se localizan en su mayoría cerca de pequeños senderos forestales y zonas de transición entre el bosque y la carretera, acumulándose en su mayoría a las orillas de esta y de los poblados más importantes, San Jorge y El Pino. El caso del uso urbano guarda el tercer lugar en cantidad de superficie con 34 ha. Esta comprende poblados y carreteras. En este año la población en San Jorge y El Pino era incipiente y la carretera aún era de doble vía y no comenzaba su construcción ni su cambio a autopista. En 2010

En este año 2012, la superficie de bosques sigue apareciendo como la que ocupa la mayor superficie, con 2.294 ha. Esta cifra es menor que en el año 2006, pero su diferencia no es muy significativa. En las praderas se observa una superficie de 108,3 ha, si bien es menor que en el año

2006 no difieren de forma. En el caso de las zonas urbanas, estas presentan una superficie de 40,6 ha; si bien es mayor que en el año 2006 la diferencia entre uno y otro no es cuantiosa. Por último, la arena aumenta de formas significativa con 15,4 ha, principalmente por la presencia de sistemas de conexión de alta tensión, la cual divide de forma diagonal el bosque, desde la laguna Pineda hasta Palomares. Se destaca también este uso al igual que en el 2006 en las orillas del río Andalién.

En cuanto a la caracterización de los usos de suelo en el año 2015, el bosque sigue siendo el uso con mayor superficie llegando a 2.659 ha, siendo superior a la de años anteriores. Se percibe, por tanto, mayor presencia de la actividad forestal reemplazando la superficie de praderas y de suelo descubierto, por lo que se registra una disminución significativa de la superficie de praderas, con 38,2 ha, la cual mantiene su distribución cercana al cuerpo de agua y a la carretera. El cambio más significativo es el de uso urbano con 93,1 ha, el cual ha tenido una expansión en su superficie. Esto se debe principalmente a un crecimiento importante de los poblados cercanos, pero sin duda, a la implementación de la autopista valle Biobío que se comenzó a construir el año 2011. Por otro lado, los cuerpos de agua se mantienen con una superficie casi similar a la de los otros años con la diferencia que las zonas de arenas asociadas al río Andalién son casi inexistentes.

En resumen, el uso de suelo con mayor superficie durante con los tres años de estudio es el bosque. Las plantaciones forestales son uno de los elementos más importantes del área de estudio, y determinan gran parte de la dinámica de usos de suelo. En el caso de las praderas, estas se asocian de forma directa con el uso de bosques, ya que aumentan de forma considerable dependiendo de los ciclos de tala y siembra. En cuanto a las zonas urbanas se puede observar que en los dos primeros años no existe un cambio importante en su superficie y es en último año de estudio donde se aprecia un crecimiento de la superficie en los poblados y de la autopista. Los suelos arenales y descubiertos se asocian principalmente a zonas de transición, a orillas de caminos forestales y a la autopista; también cabe mencionar su presencia en los dos últimos años, 2010 y 2015, unido a las torres de alta tensión desde la laguna Pineda hasta Palomares. Los cuerpos de agua se mantuvieron con una superficie constante durante los tres años de estudio, siendo el único parche el de la laguna Pineda. El río Andalién, otro cuerpo de agua importante en el área de estudio, al tener una superficie pequeña no se plasmó en la caracterización de usos. Por lo tanto, durante los últimos 15 años los usos del suelo analizados están relacionados con un aumento del suelo urbano y con ganancias y pérdidas intermitentes en los usos de bosque y praderas (figura 2).

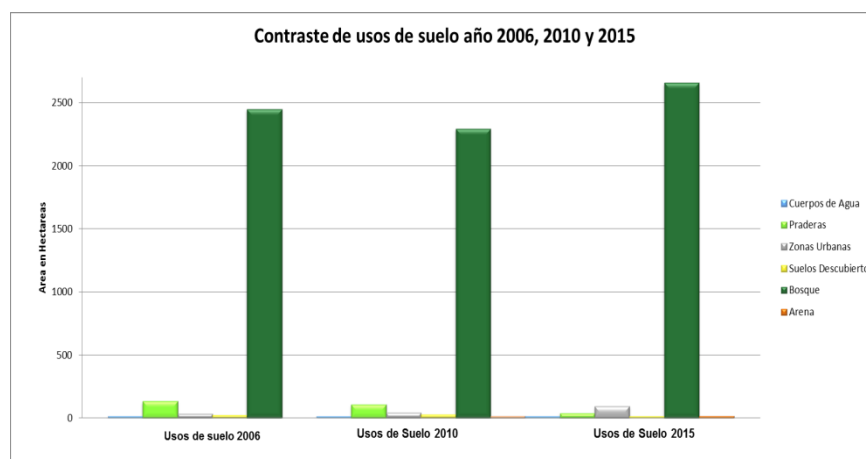


Figura 2: Ocupación de los usos del suelo en los año 2006, 2010 y 2015, en hectáreas. Elaboración propia.

La figura 3 muestra las tres cartografías de usos de suelo correspondientes con los años 2006, 2010 y 2015. Se observa que el uso del suelo urbano se localiza cercano a la carretera y después autopista Valle Biobío. Lo mismo ocurre con las arenas. Se constata que la aparición de zonas de pradera se produce en zonas que antes eran bosque, y viceversa. Por último, se observa que la laguna Pineda no registra cambios, ni en tamaño ni en su forma.

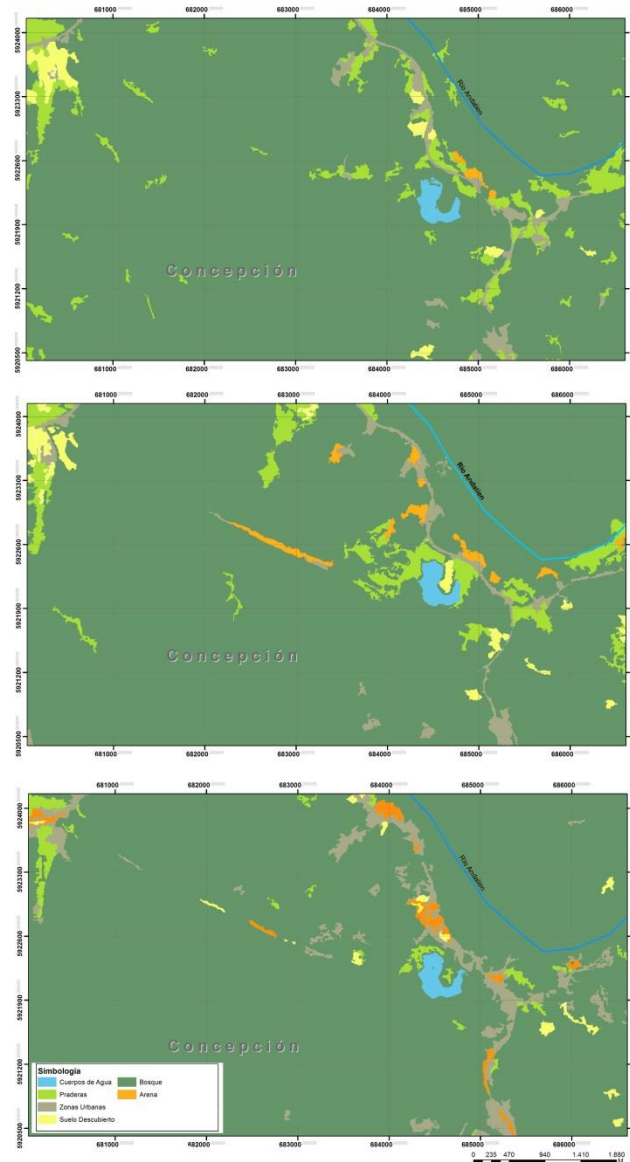


Figura 3: Localización de los usos de suelo los años 2006 (arriba), 2010 (centro) y 2015 (abajo). Elaboración propia.

Cambios en las métricas del paisaje

Los resultados obtenidos de la aplicación de las métricas de paisaje en los tres años de estudio pueden observarse en la tabla 2. Se muestran de forma conjunta para que puedan observarse de forma comparativa.

Tabla 2. Métricas del paisaje, resultado del año 2006 (primera fila), 2010 (segunda fila) y 2015 (tercera fila). PLAND: Proporción superficial de clases; NP: Número de manchas; AREA_MN: Tamaño medio de las teselas; SHAPE_MN: Índice de forma; ENN_MN: Distancia media a la mancha más próxima. Elaboración Propia.

Usos	PLAND	NP	AREA_MN	SHAPE_MN	ENN_MN
Clase 1.	0,4392	1	13,141	2,3554	N/A
Cuerpos de Agua	0,4420	1	13,2271	1,9231	N/A
	0,4626	1	13,8752	2,3570	N/A
	5,8036	98	1,7720	2,3206	109,9973
Clase 2. Praderas	4,6293	18	7,6959	3,61558	211,4056
	1,4433	23	1,8823	2,4745	304,4539
	1,7333	22	2,3575	2,4703	136,4339
Clase 3. Zonas Urbanas	1,9293	27	2,1382	2,447	309,1705
	3,9614	45	2,6405	2,7953	145,979
	1,116	15	2,018	1,5507	198,6213
Clase 4. Suelo Descubierto	1,332	23	1,7329	1,9535	304,4651
	0,5922	19	0,9349	1,7722	326,2234
	90,8252	40	67,9411	1,3932	8,0313
Clase 5. Bosque	90,8546	33	82,3855	1,8045	15,4855
	92,8304	77	36,1621	1,3032	11,2108
	0,1870	4	1,3987	1,7260	419,3955
Clase 6. Arena	0,8128	19	1,2801	1,8232	247,9595
	0,7102	14	1,5215	2,3841	297,0449

En cuanto a la proporción superficial de clases (PLAND), el uso con mayor dominancia porcentualmente en los tres años de estudio en comparación con los demás, es la clasificación de bosques, con un 90-92%, lo cual indica que acapara gran cantidad de la superficie del área de estudio. En el caso de las zonas urbanas hay un crecimiento, del 1 a casi 4%, mientras que en los suelos descubiertos se produce un descenso del 1% al 0.6%. Los cuerpos de agua abarcan solo con 0,4% del área y finalmente la arena con un 0,1%.

En el caso de la cuantificación de fragmentos en el área de estudio (Número de manchas, NP), se observa que el uso del suelo más dividido son las praderas seguido por los bosques, dilucidando una fuerte presencia de la actividad forestal y los ciclos de tala y forestación. La presencia de fragmentos disminuye con el tiempo en el caso de las praderas, y aumenta en el caso del bosque. Las zonas urbanas aumentan su fragmentación desde el 2006, relacionado también con el aumento de su superficie. La arena aumenta vinculada, como se mencionó anteriormente, con la implementación de sistemas interconectado de antenas de alta tensión.

Al analizar el tamaño medio de las teselas (AREA_MN), se observa que existen fragmentos que de forma individual tienen una superficie pequeña, como por ejemplo la arena con 1,3 ha de promedio de cada fragmento, la cual puede ser relacionada con un NP bajo y un PLAND bajo, concluyendo que, al no tener gran presencia ni utilizar grandes superficies, sus fragmentos son más pequeños. Sin embargo, distinto es el caso de las praderas, las cuales tienen un alto NP, si bien el PLAND es discreto y tienen un área promedio de cada fragmento de 1,8 ha (excepto en el año 2010), lo que nos indica que este uso del suelo contiene una gran cantidad de fragmentos de superficie pequeña. Los bosques tienen un área promedio por fragmento de 67,9 ha en el primer año de estudio, a 36,2 ha en el último, lo cual se relaciona con su gran superficie en el área de estudio, aunque cabe destacar que tiene un número de fragmentos importantes. Para el caso de las zonas urbanas, el área de cada fragmento se mantiene en las 2 ha, siguiendo constante durante los 10 años, pero el número de estos fragmentos ha aumentado, así como también el porcentaje de la superficie total. Finalmente, el cuerpo de agua no registra cambios significativos manteniendo su área promedio de 13 ha.

En el caso de la forma (Índice de forma, SHAPE), entre las más irregulares se encuentra la clasificación de usos urbanos, praderas y cuerpos de agua, en torno a 2. Aquellos de forma más

regular son la arena, el suelo descubierto y finalmente el bosque. En general este índice se mantiene constante en prácticamente todos los usos del suelo durante los 10 años.

El cuanto al aislamiento de cada fragmento (Distancia media a la mancha más próxima, ENN_MN), destaca el aumento del uso urbano entre 2006 y 2010 y su posterior disminución en 2010, relacionado con la aparición de pequeños caseríos aun aislados del conjunto de casas y su posterior crecimiento en torno a la población y a la autopista. Las praderas aumentan en la distancia de sus fragmentos también, relacionado con la disminución porcentual de su superficie, del número de fragmentos y del promedio del área de los fragmentos, denotando un proceso de fragmentación asociado de forma directa con el cambio de usos a zonas de plantaciones bosques forestales. En el caso del bosque, este al tener un gran porcentaje de superficie en el área de estudio, con fragmentos de gran envergadura, la distancia entre unos y otro es pequeña, entre 8 y 15 de distancia euclidiana. Finalmente, la arena al igual que los suelos descubiertos, se encuentran muy aislados, ya que también su presencia en el área de estudio es mínima para este año.

Caracterización de flora y fauna en terreno y resultados de la encuesta a la población local.

Basado en los datos obtenidos en base a la encuesta de población y el terreno realizado, se puede decir que en la población de San Jorge registra en su mayoría flora introducida como son el aromo (*Acacia melanoxylon*), el pino (*Pinus radiata*) y el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), siendo las especies de origen nativo escasas en el sector, encontrándose parches aislados de álamos chilenos (*Populus nigra*), canelos (*Drimys winteri*) o raulí (*Nothofagus alpina*). También se observan huellas (*Corynabutilon vitifolium*), peumos (*Cryptocarya alba*), boldos (*Peumus boldus*), o maquis (*Aristotelia chilensis*), las cuales se ubican en pequeños vestigios de bosque en los alrededores de la población. En el caso de la población El Pino, si bien el aromo, el pino y el eucalipto son abundantes según los datos entregados por los pobladores, existe una presencia de mayor variedad de especies nativas que los nombrados por los habitantes de la población San Jorge, lo que denota una mayor heterogeneidad de familias de flora en esta área de estudio.

En el caso de la fauna, la presencia de aves es muy significativa, siendo las más reconocidas y visibles en ambas poblaciones las golondrinas (*Hirundo rustica*) y las tencas (*Mimus thenca*), aves que más mencionan sus habitantes. En el caso de los mamíferos son el conejo y las ratas las únicas especies que se repiten. Por el contrario, los insectos y peces no presentan datos entregados por la población. Cabe destacar la presencia de jotes y gaviotas en ambas poblaciones y muy abundantes debido a la cercanía del vertedero de Chaimávida.

En el caso del trabajo de campo, de las cuatro estaciones de observación, la que cuenta con mayor heterogeneidad es la laguna Pineda (Figura 4), la cual tiene una mayor cantidad de especies de flora de origen nativo, que si bien no es de gran abundancia, difiere de otras estaciones de observación como son la población El Pino y San Jorge, donde la cantidad de especies de observación se reduce y se concentra a especies introducidas. Estos resultados coinciden con los resultados entregados por los habitantes. En el caso del río de Andalién el panorama no es muy diferente, pero existen algunas especies de flora autóctona del lugar, es el caso del sauce llorón (*Salix babylonica*), común en las orillas de los ríos en Chile. Cabe destacar algunas especies de la laguna Pineda de origen acuático como la flor de loto (*Nelumbo nucifera*), la cual ocupa parte importante del área de la laguna. También se observaron la presencia de hogos barbuda (*Coprinus comatus*) y helechos comunes (*Pteridium aquilinum*).

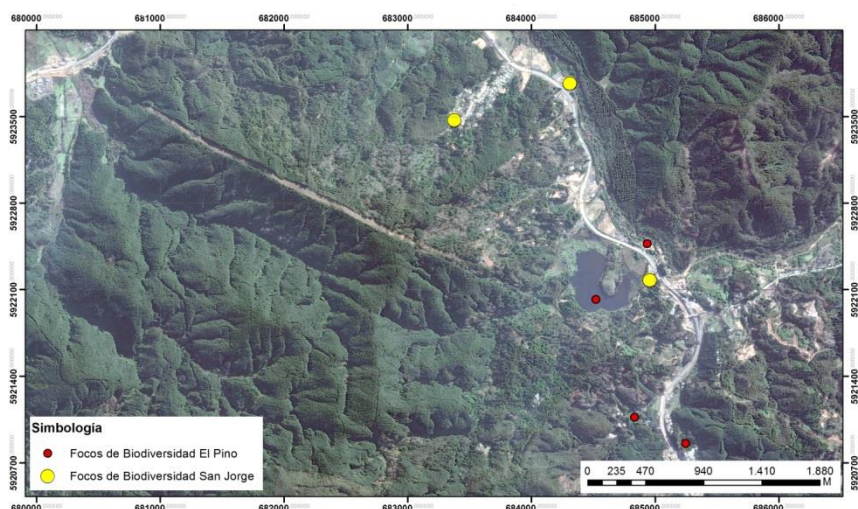


Figura 4. Localización de los focos de biodiversidad señalados por la población El Pino y señalados por la población San Jorge. Elaboración propia.

Por otro lado, en el caso de la fauna, es también la laguna Pineda se concentra la mayor diversidad de aves, siendo algunas como las gaviotas (*Larus dominicanus*) y los jotes de cabeza rojo (*Cathartes aura*) y negro (*Coragyps atratus*) los más abundantes, atraídos como se ha dicho previamente por el vertedero de Chaimávida. Además, existe una especie de ave la cual se encontró en las estaciones de observación del río Andalién y en la laguna Pineda: la especie es el ave churrete (*Cinclodes atacamensis*). También se observaron tordos (*Turdus*), chincol chilensis (*Zonotrichia capensis*) y chirihue (*Sicalis Luteola*), cachudito paralus (*Anairetes parulus*), gorriones (*Passer domesticus*) o cormoranes (*Phalacrocorax brasilianus*).

En cuanto a los insectos, estos se registraron en su mayoría en pequeños cuerpos de agua, ausentándose de los cuerpos de agua con mayor superficie, como el río Andalién, destacando avispones (*Vespa crabro*), matapijos (*Anisoptera*), insectos zapateros (*Gerris lacustris*) y moscas de humedad (*Psychodidae*). Se observaron peces, en particular gambusias (*Gambusia affinis*) en un pequeño cuerpo de agua cercano a la población San Jorge.

Finalmente, en el caso de los mamíferos estos solo se pudieron constatar a través de vestigios y heces de estas especies, las cuales fueron encontradas en las cercanías de la población San Jorge y solo en el caso del conejo común, estas se alejan de las zonas pobladas.

Por tanto, en las especies de flora, al igual que los datos entregados por la población, se observa una preponderancia del aramo, pero por sobre todo del pino y el eucaliptus. En lo que respecta a la fauna, esta es más diversa y con una fuerte influencia de aves, vinculados de forma directa con los cuerpos de agua, así como también los insectos y lógicamente los peces. En el caso de los mamíferos, los datos entregados por los habitantes no difieren de los encontrados en el ejercicio de observación.

Focos de biodiversidad y de amenazas a través de encuestas a la población local

Los habitantes de la población San Jorge identifican los focos o zonas con mayor biodiversidad con la cercanía a su población y están asociados a zonas que son utilizadas como visitas recurrentes de recreación y esparcimiento. Estos focos también están asociados a los dos cuerpos de agua importantes en el área de investigación, que son el río Andalién, frente a la población, y la laguna Pineda, específicamente a orillas en el sector Agua la Gloria. El tercer foco en común son los vestigios de bosques nativos que rodean la población.

En el caso de las zonas o focos más amenazados, se concentran en tres zonas: a) el río Andalién frente a la población, por la cercanía de este con la construcción de la autopista valle Biobío, la tala de bosques para la construcción de zonas descanso y la acumulación de material, según las opiniones de los habitantes de la población; b) los bosques nativos que rodean la población, los cuales según opiniones de los pobladores, han ido en descenso; y c) un pequeño cuerpo de agua entre la población San Jorge y la Laguna Pineda, la cual se encuentra a la orilla de la autopista y es hogar de gran cantidad de insectos y pequeños peces.

Los habitantes de la población El Pino señalan los focos o zonas de mayor biodiversidad asociados a la laguna Pineda y al río Andalién, pero en el área de Agua la Gloria. Sus habitantes lo asocian con lugares recreativos y de esparcimiento. Otros son un pequeño cuerpo de agua ubicado a los bosques cercanos de la población y fragmentos de bosques nativos en los alrededores del poblado.

En el caso de focos con amenazas, estos coinciden de forma mayoritaria con aquellas zonas con mayor biodiversidad: el río Andalién y la Laguna Pineda. Señalan que la degradación del río Andalién se debe a la acumulación de material en la orilla bajando el flujo de agua.

En resumen, los focos de biodiversidad están asociados en su mayoría a cuerpos de agua y a vestigios de bosque nativo que se encuentran en los alrededores de cada población, estos emplazados a la orilla de la autopista. Cabe mencionar que estos focos están asociados también a zona de recreación y paseo de los habitantes de las poblaciones aledañas. Junto con esto, cada población, tanto El Pino como San Jorge, tiene focos cercanos al poblado, pero también focos de biodiversidad en común, como son las orillas del río Andalién y la laguna Pineda.

En el caso de los focos de amenaza, estos no difieren mucho de los focos de biodiversidad. Sus habitantes reconocen como focos con mayor amenaza a lugares donde la presencia de fauna es más visible, como son la laguna Pineda y ciertos cuerpos de agua a las orillas de la autopista. Otro foco de amenaza es el río Andalién, asociado de forma directa con la autopista valle Biobío, ya que se encuentra en la orilla de este y de la laguna Pineda.

Opiniones y repercusiones de autopista valle Biobío.

El emplazamiento de la autopista valle Biobío se encuentran muy cercano a las poblaciones estudiadas. La autopista es la única vía de conexión de estas con los centros urbanos más cercanos, como puede ser la ciudad de Concepción. A pesar de que la construcción de la autopista generó ciertos conflictos debido a la envergadura del proyecto y que gran parte de los habitantes encuestados se declara en desacuerdo con su emplazamiento, en general sus habitantes sí piensan que les traerá beneficios relacionados con la conectividad y el tiempo de viaje hacia y desde los centros urbanos. De hecho, algunos de los problemas se relacionan con la localización de vías de acceso ya que por ejemplo para la población San Jorge se impedía el libre acceso desde el camino principal hacia la población, lo cual generó protestas y manifestaciones en 2015

Por otro lado, las repercusiones que puede traer consigo la autopista valle Biobío en cuanto a la biodiversidad de la zona, para los habitantes de la población San Jorge está relacionada con la pérdida de flora y fauna, esto producto de los cambios observados en los alrededores de la población y que se hacen latentes en los procesos de tala de bosques cercanos o en el relleno del cuerpo de agua. A pesar de esto, se declara que la autopista generará también factores favorables para la población como es una mayor conectividad y también mayor fluidez en el tránsito, que repercute en menor tiempo de viaje. En el caso de la población El Pino, como repercusión negativa destaca también la improductividad de los suelos, ya que para gran número de sus habitantes la tierra es su fuente de recursos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La fragmentación de los ecosistemas naturales está hoy en día correlacionada con la pérdida de biodiversidad. Se trata de un fenómeno complejo que altera el paisaje y que incrementa el riesgo de extinción de especies autóctonas. Está considerada como una de las principales amenazas para la conservación de los organismos y los ecosistemas. Los procesos de fragmentación están relacionados, por tanto, con la pérdida de hábitat. Estos afectan severamente a la dinámica de las poblaciones, la estructura de las comunidades y la continuidad de las interacciones en que participan las especies. Así, cuanto más pequeños sean los fragmentos, sea de bosque u otro ecosistema remanente, menor será la densidad de las poblaciones y mayor el riesgo de extinción de especies.

Como se ha visto, un factor de transformación importante es la fragmentación del territorio por infraestructuras de transporte. El caso presentado no es único en el país, ya en 2002, Smith y Armesto advierten por ejemplo que en Chile el impacto de la carretera costera sur, en los bosques de la quinta región, la cual es un hábitat exclusivo de una gran diversidad de plantas y animales, no se limita solamente a los efectos directos sobre el terreno en que se construirá, o sobre los cursos de agua que serán afectados. Las carreteras, dependiendo de sus características de diseño, duración, e intensidad de tráfico, pueden actuar como rutas de invasión de malezas y especies exóticas, funcionar como "barreras" permanentes alterando los patrones de dispersión o migración de animales. En este caso, el acceso de una vía de transporte a áreas costeras de la X Región trajo efectos irreversibles tales como la degradación de ecosistemas prístinos, fragmentación de bosques y graves pérdidas de recursos biológicos.

Estos datos deben ser tenidos en cuenta, ya que, en Chile, en el marco de implementación de infraestructuras de tipo viales, esta llega a un 86% en comparación a otras obras como la aeroportuaria, marítima o ferroviaria. Este fenómeno se inicia hace 16 años cuando comienza el Modelo de Concesiones en Chile, adjudicándose así desde el año 2001 al 2010 casi 163 kilómetros de autopistas urbanas. Este aumento de carreteras genera una nueva cultura de movilidad, con predominancia del uso del auto, y la modificación del paisaje urbano. En el caso de las vías interurbanas, estos proyectos viales han sido entregados en concesión desde el año 1994, adjudicándose cerca de 2.302 kilómetros, con una velocidad de 120 km/h (COPSA, 2012). Las obras de tipo vial son cada vez más avanzadas, ya que se ven como un factor fundamental para el progreso, crecimiento productivo y la adecuada calidad de vida de los habitantes de un país. Esto se relaciona al avance de la fragmentación natural en Chile y los efectos que puede traer consigo la implementación de una red de autopistas, ya sean de tipo urbanas o interurbanas.

Los resultados obtenidos en este trabajo están por tanto relacionados con otros estudios previos, donde en el área de estudio se observa un crecimiento en los procesos de fragmentación del paisaje en los últimos diez años, relacionados con el aumento de las zonas urbanas, la construcción de la autopista Biobío y de los procesos de tala y forestación, y un descenso de la biodiversidad de la zona, según información recogida cartográficamente, en base a trabajo de campo y a encuestas a la población. Hoy en día, existen numerosas métricas del paisaje, muchas de ellas de gran complejidad que podrían haber otorgado más información sobre la biodiversidad y fragmentación de la zona, pero sin embargo sólo podrían haber sido utilizadas en un trabajo de investigación de más tiempo debido precisamente a su complejidad en cuanto a la aplicación. Es por esto que se ha optado por la selección de unas métricas sencillas y de fácil interpretación, propuesta por Aguilera (2010).

Se ha observado que los cambios más significativos están asociados a los fragmentos de bosque y praderas. Durante el periodo de 10 años de estudio, la pérdida de superficie de praderas pasa de 133 ha a solo 38 ha, asociada al aumento de la superficie de bosques, que crece de 2.450 ha a 2.659 ha. Esta pérdida de superficie en las praderas está asociada también a una fragmentación

cada vez mayor de sus parches, los cuales, según avanzan los años, están cada vez más divididos y aislados. Sin embargo, el bosque aumenta su superficie notoriamente a través de los años, lo cual responde a la expansión de la actividad forestal.

Otro gran cambio a destacar es el aumento del uso urbano especialmente en los últimos 5 años, desde el 2010 al 2015. La fragmentación de las zonas urbanas es cada vez menor: aumenta el número de sus parches, pero estos cada vez tienen una superficie mayor y están más cercanos entre sí. Esto denota que las nuevas áreas urbanas se están construyendo próximas a las ya existentes y se están uniendo con ellas.

En tanto el cuerpo de agua, en este caso la laguna Pineda, se mantiene con una superficie constante durante los 10 años. Por otro lado, la arena ha aumentado su superficie y disminuido levemente el proceso de fragmentación, gracias a las zonas de transición entre los bosques y la autopista, así como también por la implantación del sistema interconectado de energía a través de antenas de alta tensión la cual acumula una gran cantidad de arena.

Son precisamente las áreas cercanas a la carretera las que los pobladores de San Jorge y El Pino señalan como focos de biodiversidad (y de amenaza) más importantes. Sin embargo, en relación con la opinión de las obras de ampliación de la carretera se logra dilucidar que existen dos fenómenos contrapuestos: a) por un lado, la población San Jorge denota como un problema evidente el cambio de uso de ciertos espacios, los cuales antes de la construcción de la autopista estaban destinados a zonas de recreación y esparcimientos, pero que ahora han sido transformados para la implementación de la autopista valle Biobío y utilizados como zonas de acopio de material y servicios como descansos, berma, pasos bajo sobre nivel y pasarelas, propios de la construcción de autopistas. Junto con esto la expansión de la actividad forestal reduce cada vez más en pequeños fragmentos el poco bosque nativo que queda en la población. Otra preocupación por parte de esta población, son los problemas de libre acceso hacia la localidad, debido a que en el proceso de construcción de la autopista, no se planteó un acceso directo hacia la población; b) Por otro lado, la población El Pino destaca que la autopista traerá consigo un avance en el tema de conectividad con los centros urbanos más cercanos, disminuyendo el tiempo de viaje, aun cuando este, en opiniones de los habitantes, utilice suelo fértiles y genere ciertos problemas para la fauna, ejemplificado en la gran cantidad de conejos muertos en la autopista.

En relación a las zonas que según la población tienen una mayor biodiversidad, se señalan en su mayoría cuerpos de agua cercanos como la laguna Pineda y el río Andalién, también aquellas zonas con vestigios de bosque nativos. Por otro lado, las zonas más amenazadas en su mayoría coinciden con las zonas con mayor biodiversidad, asociando que aquellas zonas con flora y fauna más heterogénea y abundante son aquellas que corren más peligro. Para la población San Jorge otra área de gran biodiversidad son las zonas de pequeñas vegas cercanas, las cuales han ido desapareciendo debido a la actividad forestal y la expansión urbana.

Como conclusión final podemos decir que uno de los factores de mayor importancia en el área de estudio vinculado con la fragmentación es la actividad de tipo forestal, la cual se relaciona con los procesos de cambio más notorios desde el 2006 al 2010. El proceso de plantación y tala, recurrente cada ciertos años, está ocasionado la desaparición de fragmentos de praderas existentes en el área de estudio, el cual es el hábitat de mamíferos como el conejo común. Esta especie no solo está viendo disminuida su hábitat, sino que, tal y como apunta la población encuestada, está sometida a una alta mortandad al intentar cruzar la carretera para llegar a la otra margen de esta. Otros animales que se ven afectados por los ciclos de tala y plantación son las aves, que se ven perdidas. Además, la actividad forestal casi no deja vestigios de bosques de tipo nativo y ha producido una pérdida de heterogeneidad de especies vegetales en gran parte del área de investigación. La construcción de la autopista valle Biobío trae consigo una transformación incipiente respecto a la fragmentación y el cambio de usos de suelo, afectando a zonas que son reconocidas como focos de

biodiversidad para las poblaciones cercanas. Solo hay foco que ha conseguido conservarse durante estos años, la laguna Pineda.

El mantenimiento y el cuidado de la biodiversidad sin embargo no deben hacerse centrándose únicamente en estudios de fragmentación del paisaje y en el crecimiento de las infraestructuras viales. Tal y como comentan De la Fuente et al., (2004) el ascenso asociado a la explotación extensiva e intensiva de los recursos naturales y la expansión urbanística en Chile ha generado también distintos efectos sobre el paisaje, como la degradación de la cubierta vegetal natural y de la calidad del suelo y, en algunos casos, del comportamiento hidrológico. Bajo esta premisa el mantenimiento de la calidad del paisaje, Bustamante y Grez (1995) comentan que comienza a plantearse en la sociedad como una prioridad en todas sus dimensiones y funciones, considerando factores ecológicos, sociales y económicos. Se hace necesario, por tanto, una gestión y planificación del territorio y de sus recursos naturales (Liu y Taylor, 2002).

Es por ello que estos resultados deberían tenerse en cuenta, al menos como apoyo en la toma de decisiones, pues existe en la zona una antropización del territorio que está produciendo una pérdida de biodiversidad creciente, en relación con la actividad forestal y la ampliación de la autopista. Se puede asumir que la ampliación de esta vía provocará aun mayor perturbación para las especies endémicas de la zona de estudio. Con el objeto de preservar lo existente, sería conveniente, tal y como plantean Castro et al., (2002) y Morera et al., (2007) la creación de corredores naturales, por los cuales las diferentes especies puedan transitar, así como la protección de los cuerpos de agua, tanto de la laguna Pineda como el río Andalién, y de la vegetación nativa.

Bibliografía

- AEMA. Agencia Europea de Medio Ambiente. (2003) Fragmentación del paisaje en Europa. Madrid: TAU Consultora Ambiental.
- AGUILERA, F. (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*. Vol. 30, No. 2, p 9-29.
- ARAUJO, R., VIEIRA DA SILVA, G., FREITAS, D., y DA FONTOURA, A. H. (2013) Georreferenciamiento de fotografías aéreas e análise da variação da linha de costa. En: Alcántara-Cario, J., Correa I.D., Isla, F., Alvarado, M., Klein, A.H.F. y Cabrera, J.A. (Eds.). *Metodologías en Teledetección Aplicada a la Prevención de Amenazas Naturales en el Litoral*. CYTED, p. 17.
- BENNET, B. y SAUNDERS, D. (2016). La fragmentación del hábitat y el paisaje. En: Sodhi, N.S y Ehrlich, P.R. (Eds.) *Conservation biology for all. Biología de la Conservación para Todos*. (p.88-104). Stanford, Stanford Woods Institute, p.88-104.
- BUSTAMANTE, R. y GREZ, A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, Vol. XI, No.2, p. 58-63.
- CASTRO, H., MOLINA, F. y GARCÍA, M. (2002). La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio. En: Castro, H. (Eds.). *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. Documento técnico. Integra Territorial. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, p. 27-99.
http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/integra_territorial/integ2.pdf
- DE LA FUENTE, G. J., ATAURI MEZQUIDA, J.A. y DE LUCIO FERNÁNDEZ, J.V. (2004). El aprecio por el paisaje y su utilidad en la conservación de los paisajes de Chile Central. *Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, Vol. 13, No.2, p. 82-89.
<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=148>
- FORMAN, R.T.T. y GODRON, M. (1981). Patches and Structural Components for a Landscape Ecology. *BioScience*, Vol. 31, No. 10, p. 733-740.
- GALLARDO, M. y MARTÍNEZ-VEGA, J. (2017). Future Land Use Change Dynamics in Natural Protected Areas - Madrid Region, Case Study. En: *Proceedings of the 3rd International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management*, SCITEPRESS, p. 370 - 377. <http://dx.doi.org/10.5220/0006387903700377>
- DGA. Dirección Nacional de Aguas (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Informe Cuenca del río Itata. Cade-Idepe consultores y Ministerio de Obras Públicas, p. 117, http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_ltata.pdf
- EULA. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. (2011). Diagnóstico y propuesta para la conservación y uso sustentable de los humedales lacustres y urbanos principales de la región del Biobío. Propuesta Metodológica para el Manejo y Gestión para Humedales de la Región del Biobío. Informe final. Concepción: Universidad de Concepción, p. 140.
<http://www.arquitectosdeconcepcion.cl/wp-content/uploads/2015/03/EULA-2011-DIAGNOSTICO-CONSERVACION-HUMEDALES.pdf>

- LIU, J y TAYLOR. W. (2002). Integrating landscape ecology into natural resources management. Cambridge: Cambridge University Press, p. 480.
- MARM. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte. O.A. Parques Nacionales. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, p. 133 pp.
- MARTIN RAMOS, B. (2006). Estudio sobre la fragmentación de los hábitats de la red natura 2000 afectados por el PEIT (Plan estratégico de infraestructuras y transporte). Trabajo de Fin de Grado. Madrid: ETSI Montes, Universidad Politécnica de Madrid, p.222. <http://oa.upm.es/1209>
- MCGARIGAL, K y MARKS, B.J. (1994). Fragstats. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0. Massachusetts, EE.UU: Departamento de Recursos Conservación Natural de la Universidad de Massachusetts, p. 141. <http://www.umass.edu/landeco/pubs/mcgarigal.marks.1995.pdf>
- MORERA, C, PINTÓ, J. y ROMERO, M. (2007). Paisaje, procesos de fragmentación y redes ecológicas: aproximación conceptual. En Chassot, O. y Morera, C. Corredores Biológicos: Acercamiento conceptual y experiencia en América, p. 11-47. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- ORMAZÁBAL, Y., ÁVILA, C., MENA, C., MORALES, Y. y BUSTOS, O. (2013). Caracterización y cuantificación de fragmentos de bosque nativo, en un sector del secano interior de la región del Maule, Chile. Ciencia Forestal, Vol. 23, No.3, p. 449-460. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509810556>.
- PÉREZ ZÚÑIGA, A. M. (2005). Efecto de la fragmentación y aislamiento de la alfalfa sobre la abundancia y distribución de cochinéidos y sus presas, los áfidos. Tesis de Pregrado. Universidad de Chile, p. 51, <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/131069>
- PERIS MARTÍNEZ, M.B. (2014). Fragmentación de hábitats por infraestructuras lineales de transporte en España. Revista digital de Medio Ambiente Ojeando la agenda, Vol. 29, p. 12-14.
- RIOS BARRIOS, L.J. (2009). Análisis de los problemas que amenazan la conservación del Puma concolor (Linnaeus, 1771) en la Araucanía. Tesis de grado. Universidad de Chile, p. 62, http://mascn.forestaluchile.cl/wp-content/uploads/2013/08/Proyecto_Leonardo-Rios.pdf
- ROJAS QUEZADA, C., OPAZO, S.A. y VIVANCO RUMINOT, M.F. (2010). Escenarios de usos y coberturas de suelo en el área metropolitana de Concepción. Latin American Remote Sensing Week. Regional ISPRS Conference. Santiago de Chile.
- SACYR (2012). Situación general y alcances del proyecto. Valle del Biobío. <http://vallesdelbiobio.cl/> Accedido 3 de febrero del 2016.
- SMITH, C. y ARMESTO, R. (2002). Importancia biológica de los bosques costeros de la décima región: el impacto de la carretera costera sur. Ambiente y Desarrollo, Vol. 18, No.1, p. 6-14. <http://ocw.pucv.cl/cursos-1/bio195/recursos-complementarios/bosques-costeros-x-region>
- VALDÉS, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente, Vol. 20, No. 2-3, p. 11-20.

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/19>

- VALLECILLO RODRÍGUEZ, S. (2009). Los cambios en el paisaje y su efecto sobre la distribución de las especies: modelización y aplicación a la conservación de aves de hábitats abiertos en paisajes mediterráneos. Tesis Doctoral. Centro Forestal Tecnológico de Cataluña. Universidad de Lleida, p. 61.

<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/8354/Tsvr1de1.pdf?sequence=1>