



Universidad de Concepción

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía

Departamento de Geografía

**Análisis de Impacto del Modelo Forestal en la
Fragmentación de la Agricultura Campesina:
Comuna de Yungay, Región de Ñuble, Chile.**

Memoria de Título

Sebastián Soto Luengo

Profesora Guía: Leticia Astudillo Reyes

Agradecimientos

Primero agradecer a mi familia que me apoyó en todo mi trayecto universitario. Desde lo lejos pude tener ese soporte que me permitiese continuar en Geografía y no bajar los brazos pese a los malos momentos e inseguridades. También a aquellos seres queridos que no están, aquellos que me vieron crecer y me enseñaron a ser mejor persona guiándome por el camino correcto, el camino de la bondad y superación.

Para aquellos amigos y amigas de la universidad que me aportaron con su conocimiento y amistad, les agradezco su tiempo y voluntad para verme surgir y continuar en la bella etapa que compartimos felizmente, con momentos imborrables en la memoria.

Agradecer de misma manera a las profesoras y profesores que estuvieron presente a lo largo de toda mi vida estudiantil. Aquellos y aquellas que otorgaron dedicación a mi aprendizaje creyendo en lo que podría llegar a lograr tanto académicamente como personal.

Índice

| | |
|--|----|
| Resumen | 1 |
| Abstract | 3 |
| I. Introducción | 5 |
| II. Objetivos e Hipótesis | 6 |
| 3.1 Objetivo General | 6 |
| 3.2 Objetivos Específicos | 6 |
| 3.2.1 Hipótesis | 6 |
| III. Problemática del Estudio..... | 7 |
| 4.1 Modelo Forestal en Chile..... | 8 |
| 4.2 Agricultura Familiar Campesina en Chile..... | 11 |
| 4.3 Cambios de Usos de Suelo..... | 15 |
| 4.4 Cambios de Usos de Suelo Agrícola a Forestal..... | 17 |
| 4.5 Fragmentación de hábitat..... | 18 |
| 4.6 Estructura y Comportamiento de la Fragmentación..... | 19 |
| 4.6.1 Parche..... | 19 |
| 4.6.2 Tamaño del Parche | 19 |
| 4.6.3 Borde..... | 20 |
| 4.6.4 Forma del parche | 21 |
| 4.6.5 Matriz | 22 |
| 4.7 Fragmentación en la Agricultura por Plantaciones Forestales..... | 23 |
| V. Estado del Arte | 25 |
| VI. Marco Metodológico..... | 27 |
| 6.1 Área de estudio..... | 27 |
| 6.2 Reconocimiento de usos de suelo y cobertura..... | 29 |
| 6.3 Evolución de los usos de suelo en la comuna de Yungay..... | 32 |
| 6.4 Cadena de Markov para la predicción de usos de suelo..... | 33 |
| 6.5 Fragmentación en la agricultura por plantaciones forestales..... | 35 |
| 6.5.1 Cuantificación de parches forestales..... | 35 |
| 6.5.2 Índices de fragmentación..... | 35 |
| VII. Resultados..... | 37 |
| 7.1 La expansión forestal en la comuna de Yungay, Región de Ñuble..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 7.2 Transición de Uso agrícola a Forestal..... | 40 |
| 7.3 Predicción crecimiento forestal año 2040 | 41 |
| 7.4 Fragmentación en la agricultura por plantaciones forestales. | 43 |
| 7.4.1 Parches Forestales | 43 |
| 7.4.2 Índices de Fragmentación..... | 45 |
| VIII. Discusión y Conclusión..... | 48 |
| IX. Bibliografía..... | 53 |

Índice de Figuras

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Gráfica de coberturas que modificaron el uso agrícola 1979-2009. | 17 |
| Figura 2 | Proceso de fragmentación del hábitat | 18 |
| Figura 3 | Tamaño de los parches de hábitats | 20 |
| Figura 4 | Tipos de bordes según conformación del núcleo. | 21 |
| Figura 5 | Tipos de formas de un parche | 22 |
| Figura 6 | Avance de la matriz en el tiempo | 22 |
| Figura 7 | Estructuras de evolución paisajísticas en los hábitats | 23 |
| Figura 8 | Área de estudio | 28 |
| Figura 9 | Tabla de superficie usos de suelo | 28 |
| Figura 10 | Imagen LANDSAT recortada para los límites de Yungay | 31 |
| Figura 11 | Comparación de imagen satelital (año 2020) con raster de usos de suelos | 32 |
| Figura 12 | Valores del índice de Patton según forma del parche | 36 |
| Figura 13 | Mapas de comparación y evolución en los usos de suelo en distintos años | 37 |
| Figura 14 | Variación de hectáreas de uso agrícola: años 1990, 2000, 2010 y 2020. | 38 |
| Figura 15 | Variación de hectáreas de uso forestal: años 1990, 2000, 2010 y 2020 | 39 |
| Figura 16 | variación entre uso de suelo agrícola y forestal a través de los años | 39 |
| Figura 17 | Mapa de transición agrícola-forestal 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020 | 40 |
| Figura 18 | Gráfico transición agrícola-forestal en hectáreas por periodo de tiempo | 41 |
| Figura 19 | Predicción de usos de suelo para el año 2040 | 42 |
| Figura 20 | Gráfico de líneas de variación agrícola-forestal hasta el año 2040 | 43 |
| Figura 21 | Imagen de parches forestales distribuidos en una matriz agrícola | 43 |
| Figura 22 | Cantidad de parches forestales por año y por superficie | 44 |
| Figura 23 | Gráfico de cantidad de parches por superficie y año | 45 |
| Figura 24 | Cantidad de parches agrícola por grupo de hectáreas | 46 |
| Figura 25 | Cantidades de parches agrícola según forma | 46 |
| Figura 26 | Mapa de distribución de parches agrícolas | 47 |

Resumen

La fragmentación en la agricultura a causa del modelo forestal es un fenómeno recurrente en los últimos años por el fomento intensivo que se le ha otorgado a esta actividad productiva. Las plantaciones forestales, si bien, tienen múltiples beneficios económicos que pueden aportar a una región, produce marginación y persecución a otros sectores, tales como el pequeño agricultor. Esta fragmentación contiene aristas negativas para la producción agrícola afectando considerablemente a los ciclos de cosechas y calidad de productos.

Estos parches forestales que crecen y se multiplican con los años se instauran y dominan cada vez más en la matriz agrícola, encerrando a los agricultores y forzando al abandono del terreno. El fin de este trabajo es precisamente concretar y cuantificar los cambios territoriales en la comuna los últimos 30 años en base a imágenes satelitales, facilitado por herramientas de análisis geográficos como lo son IDRISI, ArcGIS y Google Earth.

El proceso metodológico del presente trabajo consta de cuatro etapas para la obtención de datos que se complementen entre sí. En primer lugar, se busca la cuantificación y visualización de los usos de suelo de la comuna para los años 1990, 2000, 2010 y 2020 dando como resultado cartografías y una base de datos que permite calcular las dimensiones de los usos. La siguiente etapa es generar una matriz de transición para determinar en qué periodos se modificó más el área de estudio, complementando con cartografías que distinguen la transición por periodo e identificando las distribuciones de los parches. La tercera etapa busca proyectar los usos de suelo a futuro en un periodo de 20 años, aquel resultado entregará una imagen de la comuna en el año 2040 según los patrones anteriores de cambios de usos de suelo. La última etapa está destinada a la cuantificación de los parches según año de estudio. En esta etapa se contabilizarán los parches forestales y agrícolas complementando con índices de fragmentación.

Los resultados obtenidos dieron a conocer que el uso agrícola en la comuna ha disminuido de 35.299,15 hectáreas en 1990 a 24.212,27 hectáreas en el año 2020, evidenciando un decrecimiento del 31,5%. Por otra parte, el sector forestal contaba con 22.913,52 hectáreas en 1990, y para el año 2020 esta superficie aumentó a 33.785,02 hectáreas, con un aumento de 32,1%. Complementando lo anterior, el número de parches forestales varían de gran manera cada 10 años. En el año 1990 existían 112 parches, para el año 2000 aumentó a 241 parches; en año 2010 hubo 361 parches y ya para el año 2020 hubo 449

parches. En cuanto a los parches agrícolas, para el año 2020, se calculó la presencia 86 parches, de los cuales 45 están entre mediano a alto grado de fragilidad, y 41 parches están entre los valores de medio a bajo nivel de fragilidad ante la fragmentación.

Palabras claves: Modelo forestal, Agricultura, Cambios de Usos de Suelo, Fragmentación.

Impact Analysis of the Forest Model in the Fragmentation of Peasant Agriculture: Yungay Commune, Ñuble Region, Chile.

Abstract

Fragmentation in agriculture due to the forestry model is a recurring phenomenon in recent years due to the strong encouragement given to this productive activity. While forest plantations have multiple economic benefits that they can bring to a region, they lead to marginalization and persecution of other sectors such as small farmers. This fragmentation contains negative edges for agricultural production affecting considerably the crop cycles and product quality.

These patches of forest that grow and multiply over the years are increasingly established and dominant in the agricultural matrix, locking up farmers and forcing them to leave the land. The purpose of this work is precisely to concretize and quantify the territorial changes in the municipality over the last 30 years based on satellite images, facilitated by geographic analysis tools such as IDRISI, ArcGIS and Google Earth.

The methodological process of this paper consists of four stages for obtaining data that complement each other. First, the quantification and visualization of the land uses of the commune for the years 1990, 2000, 2010 and 2020 is sought, resulting in cartographies and a database that allows the calculation of the dimensions of the uses. The next step is to generate a transition matrix to determine in which periods the area of study was most modified, complementing with cartographies that distinguish the transition by period and identifying the distributions of the patches. The third stage seeks to project future land uses over a period of 20 years, that result will deliver an image of the commune in 2040 according to previous patterns of land use changes. The last stage is intended to quantify the patches according to the year of study. At this stage, forest and agricultural patches will be counted, supplemented by fragmentation indices.

The results showed that agriculture in the commune has increased from 35,299.15 hectares in 1990 to 24,212.27 hectares in 2020, showing a decrease of 31.5%. In addition, the forestry sector had 22,913.52 hectares in 1990, and by 2020 this area had increased to 33,785.02 hectares, an increase of 32.1%. Complementing the above, the number of forest patches

varies greatly every 10 years. In 1990 there were 112 patches, for the year 2000 it increased to 241 patches; in 2010 there were 361 patches and by 2020 there were 449 patches. Regarding agricultural patches, for the year 2020, the presence of 86 patches was calculated, of which 45 are between medium to high degree of fragility, and 41 patches are among the values of medium to low level of fragility in the face of fragmentation.

Keywords: Forest Model, Agriculture, Land Use Changes, Fragmentation

I. Introducción

Con la fragmentación y destrucción de un hábitat se produce un cambio progresivo en la configuración del paisaje y de sus habitantes. Como explica Fahrig (2003) el proceso de fragmentación genera una pérdida regional en la cantidad de hábitat, una disminución del tamaño medio de la matriz dominante y un aumento del número de los fragmentos resultantes.

El presente estudio da pie al análisis estructural e incidencia en la vida del sector campesino más que una cuestión ecológica con las variables flora y fauna. El término fragmentación se relaciona principalmente a bosques nativos o zonas con un alto nivel ecosistémico, donde este evento puede interferir en la reproducción y relaciones entre especies. Pero la realidad que presentan varias comunas del país es la interferencia en la vida agrícola con la expansión del modelo forestal; relacionándose indirectamente con la idea anterior.

La raíz de la investigación emerge con mayor fuerza desde la reforma agraria y posteriormente con los sucesos históricos luego de la dictadura militar de 1973. Las leyes y normativas propuestas en el DL 701 configuraron un nuevo territorio a miras de una nueva explotación territorial como eje principal las forestales, con fomentos imparables que se viven hasta el día de hoy. Los mayores afectados en toda esta modificación son los campesinos que se ven interferidos en su producción y modo de vida. CONAF en su informe “Plantaciones y Pobreza en Comunas Forestales” (2014) asegura que las plantaciones obligaron a los campesinos a vender o a plantar (directa o indirectamente). Entre esos motivos era la limitación por el riesgo de incendios, los fuertes pesticidas que mataban las cosechas y a las abejas. Ambas situaciones combinadas y simultáneas derivaron o en la venta de terrenos a forestales y la migración hacia el pueblo, o el cambio del uso de suelo para forestación, y tanto en la transformación de campesinos propietarios a asalariados.

En la investigación se llegará a resultados estadísticos a través de imágenes satelitales con el fin de cuantificar los cambios en la comuna de estudio. Esta metodología proporcionará un paso para la gestión a futuro de posibles cambios en la estructura rural, en mira a los campesinos que aún dependen de la tierra para vivir en un sistema cada vez más marginador y heterogéneo. No solo mostrará la realidad de una comuna en particular, sino que manifestará la realidad de muchas comunas que han sufrido esos cambios de cobertura y usos de suelo en patrones similares.

II. Objetivos e Hipótesis

3.1 Objetivo General

- Analizar el impacto del modelo forestal en la fragmentación y encierro de la Agricultura en la provincia de Diguillín, entre los años 1990 - 2020

3.2 Objetivos Específicos

- Describir los principales cambios de uso de suelo que presenta la comuna de Yungay en los años 1990, 2000, 2010 y 2020.
- Analizar las dinámicas de fragmentación y encierro y su incidencia sobre la actividad Agrícola.
- Realizar proyección a futuro sobre el avance de plantaciones forestales y su repercusión en las fragmentaciones territoriales en los próximos 10 años.

3.2.1 Hipótesis

El impacto de las dinámicas de fragmentación y encierro generadas por la actividad forestal por sobre la agricultura da como resultado una pérdida considerable de terreno trabajable para la cosecha y calidad de esta, fundamentales para el bienestar de familias campesinas.

III. Problemática del Estudio

Es relevante estudiar y considerar las modificaciones territoriales que ha sufrido la comuna de Yungay, ya que es reflejo de un patrón constante en casi todo Chile; las fragmentaciones de terreno agrícola por el creciente modelo forestal. A consecuencia de lo anterior, hay múltiples sucesos negativos para la agricultura que se intensifican con los años.

En la comuna de Yungay y en gran parte de Chile las disminuciones de terrenos ligados a la agricultura han estado asociadas a la expansión forestal con un fuerte incentivo comandado por el Estado en el DL 701, normativa promulgada en 1974 que va dirigida a fijar un régimen legal de los terrenos forestales o preferentemente aptos para la forestación, y establecer normas de fomento sobre la materia. Esto generó un acelerado proceso de desarrollo forestal que explica, en gran medida, la actual configuración del paisaje en algunas regiones del país (M. Aguayo et al., 2009).

Para la agricultura el crecimiento forestal implica ciertas dificultades que van ligadas a un alto uso que las plantaciones hacen de las fuentes de agua, especialmente en las napas subterráneas, lo que compite con el uso de las mismas por parte de las comunidades campesinas. Este factor es facilitado por algunos pequeños propietarios que, al vender su terreno a forestales buscando aprovechar al máximo su espacio, plantan árboles con mucha cercanía a las viviendas y cultivos (Cid-Aguayo, 2015).

Esta cercanía de las plantaciones forestales y las comunidades, han configurado una sensación de encierro (Cid-Aguayo, 2015) y adecúa el uso de los recursos productivos, afectando negativamente en la seguridad alimentaria de las familias (Rojas, 2014 en Alvarado & Delgadillo, 2017).

Es por ello que el modelo forestal ha influido en demasía en los cambios estructurales y económicos de la comuna, interfiriendo en la actividad agrícola y utilizando espacios que colindan con familias campesinas. Hermosilla et al. (2015) explica que los pequeños agricultores aún no han incorporado en forma significativa el componente forestal en sus sistemas productivos, poseen tierras altamente degradadas siendo un desafío el manejo integral de sus unidades productivas. Es fundamental estudiar los cambios de usos de suelo para justificar el avance descomunal de las forestales, opacando la diversidad de actividades económicas rurales, el deterioro de la tierra y el encierro de familias que se ven rodeadas de plantaciones y expuestas a una variedad de incidentes.

IV. Marco Teórico

4.1 Modelo Forestal en Chile.

En FRA (2000) las plantaciones forestales se definen como *aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación y estas pueden ser especies introducidas y autóctonas.*

En el ámbito histórico, la actividad forestal en Chile durante la colonia y el primer siglo de la República, según Frêne, C. y Núñez, M. (2010), estuvo orientada esencialmente hacia el aprovechamiento de la madera de los bosques naturales para la construcción y el abastecimiento de energía (leña y carbón).

Años más tarde en el proceso de administración del estado sobre los territorios del país, se entregó a privados nacionales y extranjeros títulos y concesiones de terrenos, en las cuales podían optar a grandes áreas de bosque nativo, áreas que fueron modificadas a tierras agrícolas, plantación forestal y algunas sirvieron de conservación del bosque (Klubock, 2014 en Torres-Salinas et al. 2016).

El impulso privado a las plantaciones forestales comenzó a mediados del siglo XIX, cuando personas como Salvador Izquierdo, Benjamín Matte y Arturo Junge, entre otros, por propia iniciativa trajeron semillas de especies exóticas de pino insigne (*Pinus radiata*), pino marítimo (*Pinus pinaster*), pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), acacias, eucaliptos de distintas especies y diversas variedades de álamo y establecieron plantaciones en diferentes sitios de la zona centro sur del país (Prado, 2019).

El gran incentivo que tuvieron los propietarios para comenzar a forestar fue la gran demanda que existía entonces por madera de pino Oregón y pino de Noruega (*Picea spp.*), ambas de reconocida eficacia en la construcción y especialmente en los encofrados de la minería (Hartwig, 1994 en Prado, 2019). Esto significó el nacimiento del desarrollo forestal en Chile, que en términos históricos ha tenido dos grandes períodos. Primero, desde 1931 hasta 1973 bajo la conducción del estado; y segundo, desde el año 1974 hasta la actualidad, bajo la conducción del mercado neoliberal (Klubock, 2014 en Torres-Salinas et al. 2016).

El Decreto Ley 4363 dictado en 1931, más conocido como la “Ley de Bosques”, tuvo como objetivos fundamentales normar el uso del fuego y proporcionar incentivos a la

reforestación, para evitar el déficit proyectado en la disponibilidad futura de madera (Frêne, C. y Núñez, M., 2010). Su promulgación refleja un cambio de actitud del Estado respecto a la necesidad de generar una riqueza forestal renovable (Hartwig, 1994 en Prado, 2019). Pablo Donoso y Luis Otero (2005) definen este proceso como Regularización, donde se intenta mitigar los daños ambientales provocados por la explotación de los recursos en años anteriores institucionalizando mecanismos políticos y legales, y se establecen regulaciones para controlar la tasa y los patrones de explotación forestal.

Entre 1931 y 1974 con un manejo forestal más legislado se forestaron alrededor de 300.000 hectáreas, principalmente con pino insigne. Estas plantaciones en su mayoría se establecieron en suelos degradados por el cultivo agrícola y constituyeron la base de la industria nacional de celulosa y papel (Prado, 2019).

Dentro de este periodo de tiempo, se concretaron varios hitos importantes para la prosperidad y mantenimiento de la actividad forestal como lo fue la creación de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Chile, la creación del Instituto Forestal (INFOR), programas masivos de forestación (Plan Colchagua), la construcción de plantas de celulosa y papel, la creación de la Corporación de Reforestación (COREF) y la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (Cabañas, 2011). También, se crearon empresas del Estado en el área forestal, como por ejemplo Forestal Arauco, Celulosa Arauco y Celulosa Constitución, todas iniciativas de CORFO (Otero, 2006 en Frêne, C. y Núñez, M., 2010).

En 1974 se dictó el Decreto de Ley 701 sobre Fomento Forestal, cuyos objetivos principales según H. Aicón (1978) en C. Cabañas (2011) era incrementar la superficie de plantaciones forestales, productoras de materias primas, permitir la utilización económica de zonas improductivas y conservar los recursos naturales renovables y protección de áreas degradadas. Ese mismo año, el gobierno reconoció al sector forestal como estratégico en el desarrollo económico del país, debido principalmente a sus ventajas comparativas, condiciones naturales de suelo y clima que se adaptaban perfectamente a la política de apertura al comercio exterior que estaba impulsando el país (Cabaña, 2011).

Beatriz Cid-Aguayo (2015) especifica con mayor énfasis los factores que ayudaron a incremento y fortalecimiento de la actividad forestal en base al DL 701:

- *Al ser una política macroeconómica del gobierno, entre los años 1974 y 1980 hubo una importante disminución de aranceles y barreras no arancelarias con miras a estimular la exportación.*
- *Ventajas climáticas (clima fresco y lluvioso) las que permiten que especies como el pino radiata alcancen su madurez en 20 años, 15 años más rápido que en otros lugares.*
- *Proceso de contrarreforma agraria que generó una amplia disponibilidad de tierras erosionadas a muy bajo costo en las zonas de secano costeros.*
- *Represión al movimiento sindical y la flexibilización del mercado del trabajo consolidada por Plan Laboral de 1979 del Gobierno Militar, proveyó mano de obra rural muy barata y escasamente protegida.*
- *El rol político de la Corporación de Productores de Madera, CORMA, en la generación de un marco regulatorio y promotor al desarrollo forestal.*
- *Subsidio de hasta 75% de los costos de limpieza de tierra, plantado, cercado y manejo de la producción forestal. Como resultado de esta ley, el Estado otorgó subsidios por hasta 116 millones de dólares nominales, financiando la plantación de 869.704 ha (Gwynne, 1993 en Cid-Aguayo, 2015)*

Los grandes favorecidos con las medidas del DL 701 fue el sector privado, sustituyendo la labor de forestación del Estado que se convierte en marginal y agente subsidiario a partir de la temporada 1979-1980 (Cabaña, 2011). Esta ley sufrió leves modificaciones en el primer periodo (1980-1997), siendo en primer lugar el D.L 701 de 1974 modificada por el DL 2.695 del año 1979, luego en 1984 se cambió por la Ley N°18.285, en 1990 por la Ley N° 18.959 y por último en 1994 se promulgó la Ley N° 19.356. En dichos cambios de ley, según Cabañas (2011) no existe una gran modificación que haya influido de gran manera el modelo forestal de aquella época, manteniendo un régimen neoliberal y sus principales principios. En dicho periodo el modelo forestal significó una masificación de terreno cultivado, esto está claramente plasmado en las estadísticas donde en el periodo 1980-1997 se forestaron 822.428 hectáreas, concentrándose un 88% entre las regiones del Maule y Los Lagos. De este porcentaje solo un 5,8% correspondía a pequeños propietarios y un 9,2% a las empresas (AGRARIA 2005).

Ya para el año 1998 (entendido como el comienzo del segundo periodo hasta) se dicta la ley 19.561 modificando definitivamente el DL 701, donde equilibra en cierta medida la

balanza entre pequeños y grandes propietarios de plantaciones forestales. Además, propone una recuperación de los suelos erosionados y degradados, aumentando el interés de la sustentabilidad ambiental. En este segundo periodo (1998-2010) se bonificaron 480.819 hectáreas de nuevas plantaciones, cuyas categorías se dividían en bonificación por forestación (278.408 hectáreas), bonificación por estabilización de dunas (1.180,6 hectáreas), bonificación por manejo (Poda y Raleo) (20.282,4 hectáreas) y bonificación por recuperación de suelos y forestación (20.282,4 hectáreas) de las cuales el 40% de ellas fue captada por pequeños propietarios (Cabañas, 2011).

Terminado el periodo de la ley 19.561, el 3 de enero de 2011 se promulga la ley 20.488 que modifica y extiende la vigencia del DL 701 hasta el 1º de enero de 2013. La especial diferencia con la ley anterior es que se crea la categoría de mediano propietario forestal (de hasta 100 hectáreas), también sujeto a beneficios especiales, y se conceden incentivos especiales a comunidades indígenas que foresten sus predios (Cid-Aguayo, 2015). De esta forma, este segmento de propietarios gozará de una bonificación del 75%, diferenciándolo de los grandes propietarios, quienes tendrán derecho a bonificaciones de un 50%. También la ley en comento introduce el Registro de Operadores Forestales, que tiene el carácter de público y se debe publicar en el sitio web de la Corporación Nacional Forestal (Biblioteca del Congreso Nacional, 2011).

4.2 Agricultura Familiar Campesina en Chile.

Contreras et al. (2016) definen a la Agricultura Familiar Campesina (AFC) como la forma de organización de la producción agrícola y silvícola, dirigida por una familia y que en su mayor parte depende de mano de obra familiar, tanto de mujeres como de hombres. La familia y la explotación están vinculadas, co evolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, reproductivas, sociales y culturales. Se diferencia principalmente de otros tipos de agriculturas por el tamaño del patrimonio tierra, la ocupación de la familia en las labores, el grado de reproducción del sistema productivo, el nivel tecnológico y técnico, la relación con los mercados y la diferenciación agroecológica (Sánchez-Galán, 2020). El rol que cumple la Agricultura Familiar Campesina, es fundamental como proveedora de alimentos, mitigador de la pobreza, y como colchón ante shocks económicos y medioambientales (FAO, 2011).

La FAO (2011) propone ciertas características especiales que definen a una agricultura familiar campesina. Se toma en consideración los rasgos en común de un patrón de agentes productivos a pequeñas escalas. Estos ítems son:

- *Acceso limitado a recursos de tierra y capital.*
- *Uso preponderante de fuerza de trabajo familiar, siendo el(la) jefe(a) de familia quien participa de manera directa del proceso productivo; es decir, aun cuando pueda existir cierta división del trabajo, el(la) jefe(a) de familia no asume funciones exclusivas de gerente, sino que es un trabajador más del núcleo familiar.*
- *La actividad es su principal fuente de ingreso, que complementa con otras actividades no agrícolas que se realizan dentro o fuera de la unidad familiar (servicios relacionados con el turismo rural, beneficios ambientales, producción artesanal, pequeñas agroindustrias, empleos ocasionales, etc.)*

La Agricultura Familiar Campesina ha ido obteniendo variaciones en su relevancia dentro del territorio nacional a través de Reformas Agrarias y modificaciones de leyes en distintos periodos. Durante el gobierno de Jorge Alessandri Rodríguez (1958-1964), en noviembre de 1962 se dicta la Ley N° 15.020 de Reforma Agraria. Esta reforma es criticada por la oposición política por su escasa significación en el proceso de distribución social de la tierra (Baeriswyl R. et al., 2006) ya que solo se llegó a un número de 835.118 hectáreas distribuidas; lo que no era considerado una cantidad relevante y, por ello, su apelación de “Reforma de Macetero” (Thezá et al., 2017). En dicho periodo el sistema latifundista concentraba el 78% de la propiedad agrícola, la que estaba en manos del 7% de los productores. Esto dejaba a los pequeños propietarios, quienes representaban un 37%, con solo un 0,3% de la superficie productiva nacional (Henríquez María Eliana, 1987 en Thezá et al., 2017).

La AFC comienza a tener mayor fuerza en el periodo de gobierno de Eduardo Frei Montalva (1964-1970), como explica Baeriswyl R. et al. (2006), es en este periodo donde se inicia una actualización a la Reforma Agraria promulgada en el gobierno de Jorge Alessandri con una ley que permite la expropiación de latifundios y predios mal trabajados, alcanzando la cantidad de 1.408 predios con 3.564.580 hectáreas expropiadas, entregándose a los campesinos de manera asociativa. En este gobierno la institucionalidad ligada a la agricultura se potencia y moderniza con servicios tales como el Servicio Agrícola y

Ganadero (SAG), se impulsó al Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), CORA, ICIRA, entre otros. Con ello se buscaba fundamentalmente la incorporación de la población rural al proceso de desarrollo nacional y una mayor eficiencia en la producción (Thezá et al., 2017).

Posteriormente, en el período gubernamental del Presidente Salvador Allende (1970-1973) los objetivos que fueron establecidos en materia de Reforma Agraria pusieron énfasis en tres puntos principales: terminar con el latifundio, resolver el problema de la producción y promover la participación campesina (Thezá et al., 2017).

La Reforma Agraria toma un carácter de cambio de orden estructural (Gac et al., 2017). Se diferencia principalmente de la gestión anterior por la construcción de una nueva agricultura, incorporando a los campesinos como actores sociales a través de los consejos campesinos e ir más allá de una “modernización de la agricultura” (Gazmuri, 1971 en Thezá et al., 2017), trabajando en una nueva sociedad, una sociedad industrial, lo que significaba modificar el imaginario colectivo del campesinado, romper sus dependencias hacia el patrón para contribuir a la formación del “hombre libre”. Es por ello que, gracias a todas esas medidas y la importancia que se le dio al campesinado por parte del gobierno, lograron que se expropiaran 4.401 predios con 6,6 millones de hectáreas (Baeriswyl R. et al., 2006).

A pesar del avance significativo que tuvo la AFC durante esos años el golpe militar del 11 de septiembre de 1973 significaría un cambio radical en lo logrado en ese entonces. La dictadura de Augusto Pinochet tomó dentro de sus medidas el restablecimiento de los latifundios, paralizando la consolidación del proceso de Reforma Agraria iniciado en los gobiernos anteriores. Esto favoreció el individualismo productivo de las tierras; la eliminación de los asentamientos y la reducción de los predios, por el temor a la organización de los campesinos (Baeriswyl R. et al., 2006). Se distribuyó un porcentaje de las tierras a nuevos propietarios, pero despojándolos del soporte de servicios y de asistencia técnica que permitiese que esta actividad gozase de viabilidad en un mundo donde los mercados internacionales cobraban una mayor relevancia (Thezá et al., 2017).

En los años 80's se evidencia una disminución radical de la intervención del Estado, la eliminación de los subsidios y protecciones a la producción interna, sumado a una adhesión completa a las reglas del libre mercado (Gac et al., 2017). Baeriswyl R. et al. (2006) define este período como “contra Reforma Agraria” debido a las políticas públicas que debilitan al campesinado, entre ellas, la devolución del 50% del total de las tierras expropiadas a los

antiguos dueños, se crea el código de aguas que limita el uso de este recurso, a algunos campesinos se le quita el derecho a la tierra y la mayoría de las organizaciones sindicales desaparecen. Las prácticas agroindustriales de exportación obtenían mayor privilegio debido a las políticas que se implementaban y se debilitaron las instituciones dedicadas a la inversión y el desarrollo agrícola no industrial, lo que ha provocado un impacto muy negativo para los pequeños productores dentro de un mercado de exportación global (Gac et al., 2017). Es así como la modificación social, territorial y económica en este periodo dejó al campesinado desprovisto de apoyo, asistencia técnica, incentivos, reglas claras y al sector empresarial recibiendo beneficios y facilidades en el proceso de modernización de la agricultura (Thezá et al., 2017).

La vuelta a la democracia en 1990 significó una nueva concepción del campesinado y con ello cambios como, por ejemplo, las cadenas agroalimentarias, las buenas prácticas agrícolas, la capacidad empresarial y de gestión, base asociativa, el acceso a mejores tecnologías, instrumentos de gestión de riego, etc. (Baeriswyl R. et al., 2006).

En la actualidad, la Agricultura Familiar Campesina representa un segmento de gran relevancia para las microeconomías locales en el sector rural y sustenta gran parte del territorio nacional. Esta actividad, representada por 260.000 explotaciones, equivale a casi el 90% del total de unidades productivas del país. Desde un punto de vista territorial, casi el 75% de la AFC se concentra entre las regiones del Maule y Los Lagos, mientras que el mayor peso relativo está en las regiones del Bío Bío y la Araucanía (Contreras et al., 2016). Los datos esclarecen el funcionamiento de la AFC en el sostenimiento económico de miles de familias ligadas al rubro. Pero, a pesar del considerable número de territorio y familias ligadas a la agricultura, esta actividad no tiene la misma prioridad que otros sectores industriales del país. Por lo general se da la tónica de no priorizar este sector ya que no es tan rentable como otras actividades (González, 2000 en Alul & González, 2003).

Según Contreras et al. (2016), el aporte que genera la AFC al total de la producción agrícola nacional es de un 22%, muy por debajo en comparación con otras actividades que, con menos terreno explotado, obtienen productos de mayor valor. En el sector rural existe una variedad de complejidades económicas para los campesinos, entre ellas el bajo valor que le dan a sus productos limita el surgimiento y estabilidad para las familias, la precariedad de las condiciones laborales por falta de insumos o herramientas, la desorganización social y comunitaria, conflictos de tenencia de tierra y la destrucción y degradación de los recursos

naturales y el deterioro ambiental por los nuevos usos de suelo y libre albedrío para las empresas que se instalan cerca de familias campesinas (Gac et al., 2017).

4.3 Cambios de Usos de Suelo.

El término “Uso del Suelo” se refiere a la actividad socioeconómica que se desarrolla o desarrolló sobre una cobertura. El uso del terreno se aplica a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales (López, Bocco y Mendoza, 2001). Por lo tanto, constituye la plasmación espacial más evidente de la acción humana sobre el territorio (Mateu, 2016) influyendo en procesos naturales como recarga de acuíferos, escurrimiento superficial, pérdida de suelo, entre otros. Esto obedece a una población creciente y demandante de servicios y actividades (Trucíos C. et al., 2011). Tales cambios de usos de suelo determinan, en parte, la vulnerabilidad de los lugares y las personas a las condiciones climáticas, económicas o perturbaciones sociopolíticas (Kasperson et al., 1995 en Lambin et al., 2001).

Según Lambin (1997) citado en Farfán G. et al (2019), existen tres procesos que tienen relación directa con la intervención humana sobre el territorio con los usos de suelo:

- Cambios en la cobertura vegetal (por ejemplo, la urbanización y deforestación)
- Degradación del suelo (erosión, salinización, etc.)
- Intensificación del uso de suelo (irrigación, uso de fertilizantes, etc.)

En la mayoría de los países, uno de los principales cambios de cobertura de suelo, en una perspectiva extendida en el tiempo, es la conversión de superficie forestal a cobertura y uso agrícola (Barbier et al., 2010 en Sepúlveda V. et al., 2019) también ha tenido influencia el sobrepastoreo, la extracción de leña y urbanización (Lambin, 1997 en Trucíos C. et al., 2011). Esto se debe a que las necesidades han sido modificadas por el uso de servicios y tecnologías, que cada vez demandan un mayor uso de nuestros recursos y pueden ser atribuidos a factores económicos, políticos y ecológicos (Meyer y Turner, 1992 en Trucíos C. et al., 2011).

Se estima que en las últimas décadas los cambios de uso del suelo han provocado grandes transformaciones en los sistemas ambientales, estos impactos se centran principalmente en las transformaciones y muchas veces desaparición de los ecosistemas boscosos y praderas naturales, los cuales fueron transformados y habilitándolos para el desarrollo de la agricultura, ganadería, forestal y áreas urbanas e industriales (Sala et al., 2000; Rudel et al., 2005 en Camacho S. et al., 2015).

Goldewijk (2001) citado en Aguayo et al. (2009) determinó que durante el período 1700-1990, 1,206 millones de hectáreas a nivel mundial fueron convertidas en terrenos agrícolas y 2,927 millones fueron transformadas en áreas de pastoreo. Ramankutty & Foley (1999) citado en Aguayo et al. (2009) estimaron que, entre 1700 y 1992, 1,621 millones de hectáreas fueron habilitadas para la agricultura de las cuales 885 millones correspondían a bosque, 565 millones a sabana, praderas, estepa, 150 millones a matorrales y 21 millones a tundras y desiertos. El aumento de hectáreas perjudicadas por los cambios de usos de suelo es un reflejo importante de la influencia del ser humano en el territorio durante las últimas décadas. Las actividades antrópicas se han convertido en el principal desencadenador de las transformaciones de los ecosistemas terrestres, por encima de los fenómenos naturales (Vitousek et al., 1997 en Camacho S. et al., 2015).

Según Aguayo et al. (2009) en Chile, los primeros estudios sobre las transformaciones antropogénicas del paisaje se realizaron en la zona central a fines de la década de los setenta (Fuentes & Hajek 1979). Durante la década de los ochenta, nuevas contribuciones aportaron al conocimiento de los cambios en el uso del suelo ocurridos en el centro y sur del país (Fuentes & Lara et al. 1989). En la década de los noventa, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), realizan monitoreos para detectar los cambios de cobertura y la influencia humana hasta ese entonces, también, se desarrollaron diversas acciones en torno al ordenamiento del territorio con varios procesos de leyes y cambios constitucionales que apoyaron la descentralización de las decisiones de usos de suelo en distintas regiones del país.

Estas modificaciones circunscriben las competencias que se pueden transferir a las regiones en materias de ordenamiento del territorio, como el fomento a las actividades productivas y el desarrollo social y cultural, y significaron un avance hacia la implementación del ordenamiento territorial en la nación (Marquet, 2019). Es de considerar también que, en

las décadas más recientes, debido a la disponibilidad de imágenes satelitales, los estudios de usos de suelo han ampliado la ventana temporal de análisis reconstituyendo paisajes de los años 70's (Echeverría et al., 2006).

4.4 Cambios de Usos de Suelo Agrícola a Forestal.

Aguayo et al. (2009) determina que el 40.1 % del incremento neto de las plantaciones forestales en las regiones centro-sur del país en el periodo 1979-2009 ocurrieron sobre terrenos agrícolas, el 38.3 % ocupando áreas cubiertas por matorrales y el 21.1 % reemplazando el bosque nativo. En el año 1979 las plantaciones se distribuían, principalmente, en el valle central y en las laderas orientales de la cordillera de la costa. Hacia el año 2000 esta cobertura se extiende a través de todo el paisaje ocupando el 30% del área de estudio. De esta manera, las plantaciones forestales aumentaron a una tasa anual de 10.5 % y son hoy una de las coberturas dominantes del paisaje.

La agricultura por otra parte, durante el periodo 1979-2009, registró una pérdida del 44.2 %. Esta dinámica generó una tasa de cambio negativa del 1.3 % anual con una pérdida neta de 24.4%. La pérdida de la cobertura agrícola fue producto principalmente de la forestación de estos terrenos. El 30 % de los terrenos agrícolas existentes en el año 1979 fueron incorporados a la actividad forestal durante el transcurso de los siguientes 20 años. En otras palabras, el 68 % de la pérdida neta ocurrió a raíz de la forestación y el 29.5 % debido al abandono de estos terrenos que, al año 2000, fueron ocupados por matorrales. El 2.5 % restante han sido urbanizados o reemplazados por otras coberturas. Por otro lado, más del 90 % de los terrenos agrícolas recuperados durante el período correspondieron a la habilitación de áreas cubiertas por matorrales. (ver Figura n° 1)

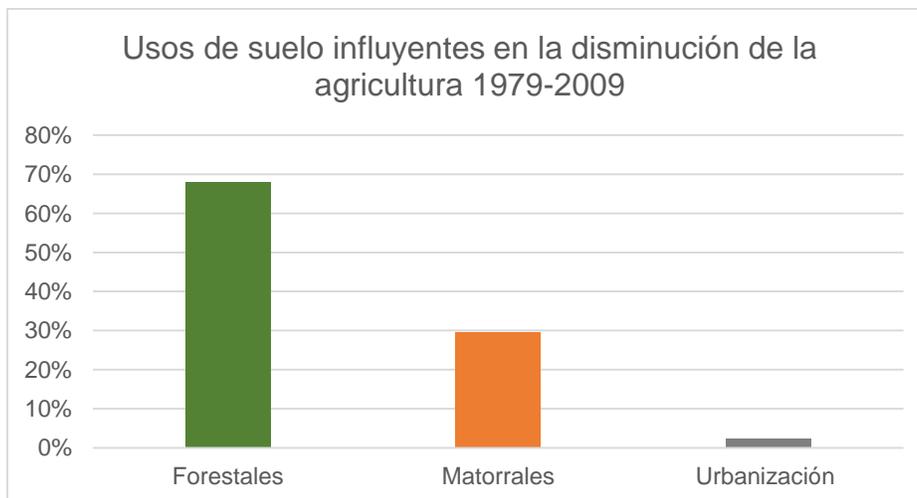


Figura 1: Gráfica de coberturas que mayor crecimiento han tenido sobre terrenos antes utilizados para la actividad agrícola 1979-2009. (Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Aguayo et al. (2009)).

4.5 Fragmentación de hábitat.

Por definición, fragmentación es "Separarse" de un hábitat continuo en distintas piezas (Bennett y D. Saunders, 2011). Este concepto se define a menudo como un proceso durante el cual una gran extensión del hábitat se transforma en una serie de parches más pequeños de un área total más pequeña, aislados unos de otros por una matriz de hábitats diferente a la original (Figura 2) (Wilcove et al., 1986 en Fahrig, 2003). De este proceso surgen múltiples efectos negativos, como la reducción de la biodiversidad y aumento del aislamiento de hábitats (Skole & Tucker 1993 en Altamirano et al., 2003), y perjudica a poblaciones amenazadas modificando la dinámica de las especies, lo cual puede conducir a alterar la persistencia de las poblaciones en el tiempo (Tomimatsu & Ohara 2003 en Altamirano et al., 2003).

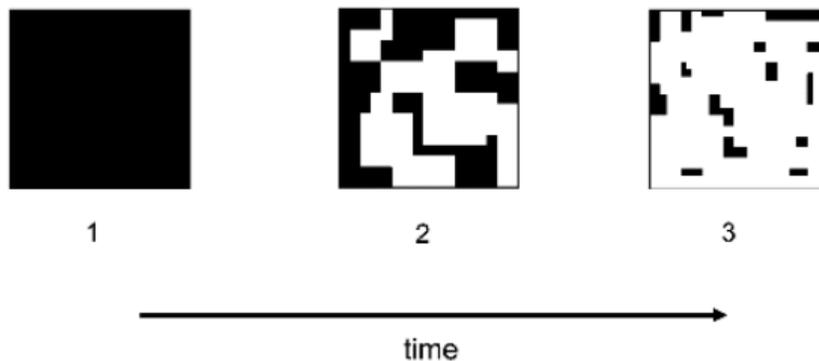


Figura 2: Proceso de fragmentación del hábitat, donde las áreas negras representan el hábitat y las áreas blancas la matriz de fragmentación. (Fuente: Fahrig, 2003)

Según A. Bennett y D. Saunders (2011) tres sucesos interrelacionados tienen lugar en los procesos: *una reducción en el total de cantidad de la vegetación original (es decir, hábitat pérdida); subdivisión de la vegetación restante en fragmentos, remanentes o parches (es decir, hábitat fragmentación); e introducción de nuevas formas de uso del suelo para*

reponer la vegetación perdida. Como consecuencia, un hábitat se fractura y se divide en varios fragmentos o islas y la capacidad productiva de estas islas en comparación con la del hábitat original, normalmente e históricamente, se disminuye (Badii et al., 1999 en Badii et al., 2006).

4.6 Estructura y Comportamiento de la Fragmentación.

Entendiendo la geometría y la distribución de los parches, se asimila el comportamiento de la matriz y sus efectos nocivos en los cambios producidos por la fragmentación. Se deben distinguir ciertos eslabones claves en el proceso y sus patrones de la red que lo forma, como lo son el área del parche, la forma del parche, el aislamiento del parche, el borde, la interacción de estos factores y diversos procesos de población (McGarigal & Cushman, 2002).

Los principales componentes de la fragmentación de hábitats se definen de la siguiente manera:

4.6.1 Parche

Los parches son definidos como áreas que difieren del hábitat original por ser de menor tamaño, por estar aislados en mayor o menor grado y por tener efectos de borde. Son diferentes a la matriz que los rodea (Navarro et al., 2015). Estos representan áreas discretas con condiciones ambientales relativamente homogéneas, y un conjunto de parches de un mismo tipo de uso o cobertura forman una clase (Turner et al., 2001).

4.6.2 Tamaño del Parche

El tamaño de un parche es una señal significativa de la presencia de fragmentación y su impacto dentro de un paisaje, ya que los altos niveles de este proceso están asociados a predominancia de fragmentos de menores tamaños (Gigord et al. 1999, Armenteras et al. 2003, Fitzsimmons 2003, Cayuela et al. 2006 en Altamirano et al., 2007). El tamaño de los fragmentos de hábitat restantes influye significativamente en el tipo, abundancia y diversidad de especies que pueden persistir en la región afectada. Existe una probabilidad del aumento de extinciones de especies de una población local con la disminución de tamaño del parche. Un parche grande generalmente sostiene una población grande, en

tanto los parches pequeños solo pueden albergar pequeñas poblaciones, las cuales son más susceptibles a la extinción (Environmental Law Institute, 2003)

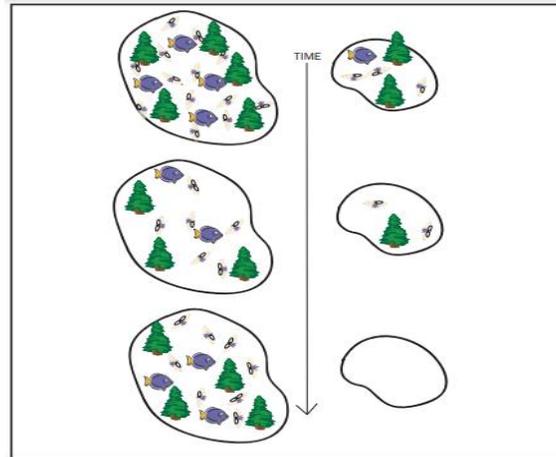


Figura 3: Tamaño de los parches de hábitats, disminuyendo el área y la cantidad de especies dentro del espacio. (Fuente: Environmental Law Institute, 2003)

4.6.3 Borde

El borde es el límite de un parche, al cual se ha concebido como un hábitat distinto entre dos áreas que concentran recursos diferentes (Figura n°4), como una zona de amortiguamiento contra la propagación de perturbaciones (Williams, 1991) e invasores químicos o biológicos (Navarro et al, 2015). Los bordes ocurren cuando un hábitat, como un bosque, pradera o humedal, se encuentra con una carretera, un desmonte, un desarrollo habitacional o alguna otra transición, frontera natural o artificial (Soulé 1991). Estos pueden influir en el flujo del viento, exposición al sol, agua y nutrientes que afectan gradualmente a las comunidades vegetales dentro del núcleo (Saunders et al. 1991, Murcia 1995 en Environmental Law Institute, 2003).

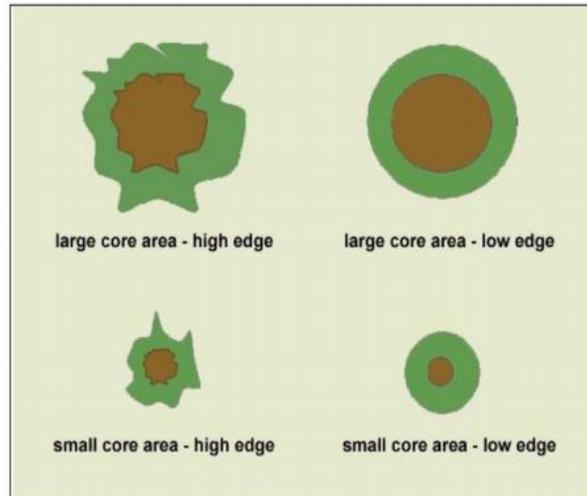


Figura 4: Tipos de bordes según conformación del núcleo. (Fuente: Navarro et al., 2015).

4.6.4 Forma del parche

La forma del parche origina que se dé una relación entre el borde y el interior (Figura nº 5) de él de forma que un parche más enrollado, más irregular o lineal tendrá un borde más amplio, lo que permite el aumento del número de especies en este y una disminución del número de especies en el núcleo (Environmental Law Institute, 2003). Los parches circulares facilitan el contacto entre el hábitat central protegido y las presiones ambientales o humanas adyacentes (Wilcove et al. 1986 en Environmental Law Institute, 2003) exponiendo el núcleo del fragmento a la influencia externa (Collinge, 1996).

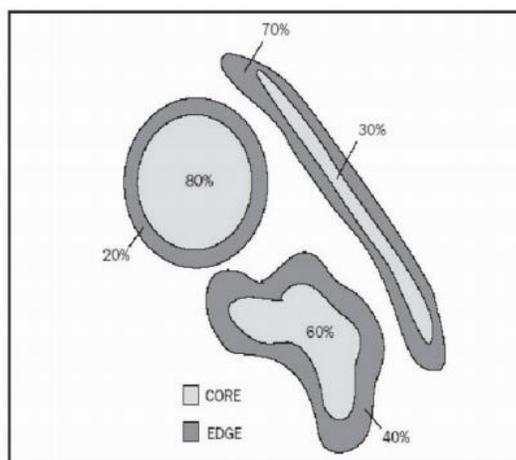


Figura 5: Tipos de formas de un parche. Variando en su relación núcleo-borde dependiendo de su configuración morfológica. (Fuente: Environmental Law Institute, 2003).

4.6.5 Matriz

La matriz representa a la vegetación distinta o de uso de la tierra que interfiere en el uso o cobertura anterior (Figura n° 6), caracterizado por una amplia cobertura, alta conectividad y/o un mayor control sobre el funcionamiento del paisaje (Forman 1995 en Environmental Law Institute, 2003). La matriz es el elemento de trasfondo más extenso o de continuidad espacial en un paisaje; así, las especies que predominan en la matriz son las que predominan en el paisaje y juegan un rol dominante en los flujos de materia y energía (Morláns, 2013).

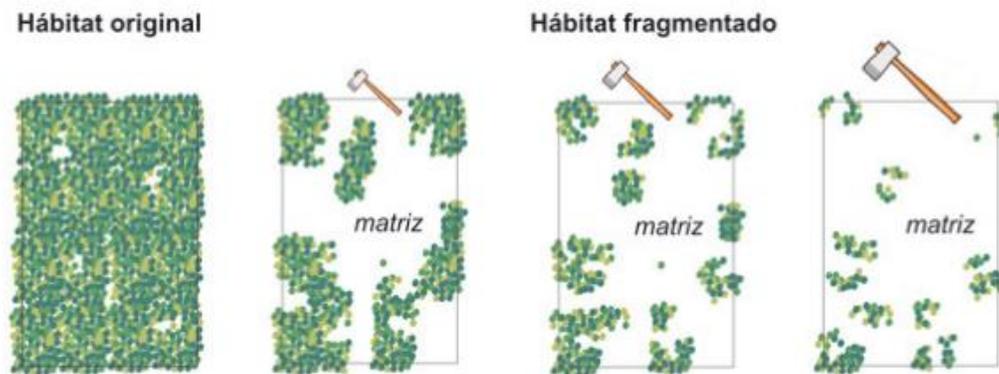


Figura 6: Avance de la matriz en el tiempo, modificando el hábitat anterior. (Fuente: García, 2011)

Lenore Fahrig (2003) plantea estos eslabones en múltiples sucesos que pueden interferir en los hábitats en un paisaje determinado, variando dependiendo del caso con tres efectos: (a) un aumento en el número de parches, (b) una disminución en el tamaño medio del parche, y (c) un aumento en el aislamiento medio del parche (distancia vecina más cercana). (Figura n° 7)

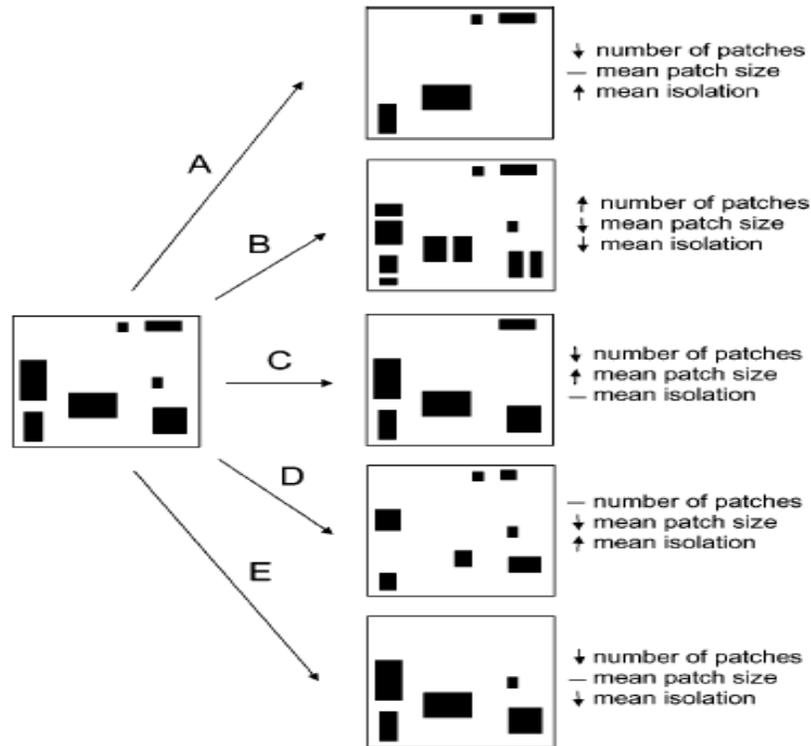


Figura 7: Estructuras de evolución paisajísticas en los hábitats. Variación entre las cantidades, tamaño y aislamiento de parches por el crecimiento de la matriz. (Fuente: Fahrig, 2003).

4.7 Fragmentación en la Agricultura por Plantaciones Forestales.

La fragmentación parte de la ampliación de una matriz ajena al uso original, este proceso es ligado a los cambios de los espacios por una transformación de tipo económico y social, siendo resultado de la globalización que ha afectado de manera diversa a la agricultura (Trejos, Pomareda, & Villasuso, 2004 en Alvarado & Delgadillo, 2017). En el caso de Chile, una de las principales presiones en la zona central y centro-sur, ha sido desarrollo de la actividad forestal que trajo consigo la sustitución del uso de tierra y cobertura anterior por plantaciones de especies exóticas de crecimiento rápido. Esta actividad compromete el estado de las matrices originales, no solamente por el cambio de uso de suelo y la fragmentación del hábitat, sino que también afectan la disponibilidad de agua y la calidad del suelo (Informe país, 2019).

El desarrollo forestal en Chile ha sido un proyecto geográfico, que envuelve una intensa transformación del paisaje ya que se reensambla la relación naturaleza y sociedad, y se expresa en el desplazamiento de la agricultura familiar mediante la compra de terrenos,

competencia por recursos hídricos, contaminación por el uso de agroquímicos y la instalación de monocultivos que generan una sensación de encierro para los agricultores aledaños a las plantaciones (Cid-Aguayo, 2015). Es por ello que en las regiones donde predomina la actividad forestal se registra un mayor cambio poblacional, ya que los predios donde antiguamente existían núcleos de propiedad campesina o haciendas, actualmente se encuentran cubiertos de pino y prácticamente despoblados (Rosenblitt et al., 2001).

En base a la ampliación forestal, se considera el impacto que ha llegado a tener esta actividad sobre actividades anteriores, repercutiendo tanto en la calidad de los suelos como en las relaciones socio-territoriales. Algunos predios agrícolas toman un rol de parche sobre una matriz dominada por las plantaciones forestales aislándose unas de otras o reduciendo su tamaño junto a la calidad de la vegetación y cosecha. El efecto de fragmentación se hace presente en múltiples sucesos que intervienen en el mundo rural y presiona en la agricultura.

V. Estado del Arte

La Agricultura Familiar Campesina ha tenido variaciones y grados de importancia dentro de los territorios basándose en distintas miradas gubernamentales en el siglo XX. Tal como explica Gac J. et al. (2017), Jorge Alessandri (1958 - 1964), Eduardo Frei Montalva (1964 - 1970) y Salvador Allende (1970 - 1973) impulsaron reformas agrarias como un objetivo político clave, dada la convicción de que ella conduciría a una sociedad rural más justa y a un desarrollo económico para el sector agrícola campesino. Bellisario K. (2009) reafirma lo realizado en la reforma agraria, determinando que durante los periodos presidenciales de Eduardo Frei y Salvador Allende se expropiaron más de 5,800 haciendas que abarcaban nueve millones de ha (59% de las tierras agrícolas de Chile), lo que representaba la totalidad del latifundio.

Baeriswyl R. et al. (2006) identifica ciertas complicaciones que influyeron a la AFC desde el inicio de la dictadura militar de 1973 dado que los avances anteriormente logrados se opacaron con el proceso de contra-reforma, tomándose medidas tendientes a favorecer el individualismo productivo de las tierras; la eliminación de los asentamientos y la reducción de los predios. Echenique y Rolando (1991) hacen hincapié a la problemática vivida desde dictadura añadiendo que los predios son transformados en pequeñas parcelas privadas, de escasa viabilidad productiva, las que, hacia los años '80, fueron en gran parte adquiridas por empresarios agrícolas, forestales e inmobiliarios. En este proceso, como explica Baeriswyl R. et al. (2006), produjo un quiebre con la forma tradicional de vida del campesinado. Por otra parte, Cid-Aguayo (2015) intensifica aún más la problemática revelando que las parcelaciones aprovechadas por el modelo forestal provocaron formas de presión sobre las economías campesinas con el desplazamiento directo de los productores, competencia por recursos hídricos y contaminación por el uso de agroquímicos que afectan los predios aledaños. Estos factores de presión que influyeron en la dinámica de Agricultura Familiar Campesina, dan como resultado un nuevo uso de suelo que según Lambin (1997) se reflejan en la conversión de la cobertura del terreno, degradación del terreno e intensificación en el uso del terreno.

Aguayo et al. (2009) explica que las principales causas de transformación del paisaje en el centro y sur de Chile desde 1979 hasta 2009 fue la habilitación de terrenos para la agricultura, y, posteriormente, la expansión de las plantaciones forestales incentivadas por un fuerte subsidio estatal. Aguayo et al. (2009) dicta que en dicho periodo alrededor del

40% de la zona centro-sur sufrió modificaciones en su cobertura y usos de suelo, siendo una de las principales causas el aumento de las forestales que incrementó ocho veces su superficie registrada en el año 1979. Es por ello que el cambio de usos de suelo transformó la vida y el bienestar de muchas familias campesinas. Donoso & Otero, (2005) reflejan esta idea determinando que durante la expansión de las plantaciones (principalmente en los años 70s y 80s) ocurrieron problemas en el mundo rural debido a migraciones, crecimiento explosivo de pueblos bien establecidos y de desempleo.

Cid-Aguayo (2015) analiza la nueva configuración del territorio tomando en cuenta la expansión, cercanía y presiones que ejerce las plantaciones forestales sobre tierras destinadas a la agricultura campesina, comprobando una sensación de encierro para las comunidades. Este encierro es resultado de la fragmentación de los suelos agrícolas por plantaciones forestales ya que, según Environmental Law Institute (2003), el proceso de fragmentación ocurre cuando la cobertura anterior se destruye o cambia, se deja un mosaico de fragmentos, lo que a menudo resulta en parches que se aíslan de uno otro en una matriz paisajística modificada con condiciones poco aptas para los habitantes.

VI. Marco Metodológico

La investigación va ligada principalmente a la obtención y observación de datos, dando por resultado un enfoque cuantitativo. El fin de la investigación es evaluar la evolución territorial a través de los años en miras a los usos de suelos y fragmentación, considerando las variables numéricas que dan como resultado los procesamientos metodológicos. Sarduy D. (2007) refuerza lo anterior explicando que la investigación cuantitativa se dedica a recoger, procesar y analizar datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas. Añadiendo que este método estudia la relación entre variables numéricas cuantificadas, variaciones de hectáreas en los distintos años por uso de suelo, números de parches y crecimiento de matriz son los resultados numéricos que sustentan la investigación.

6.1 Área de estudio.

La comuna de Yungay (Figura n°8) pertenece a la Región del Ñuble. Administrativamente depende de la Provincia de Diguillín, cuya capital es la comuna de Bulnes.

Según el PLADECOS de Yungay (2019), la comuna posee una superficie total de 823,5 km², extendiéndose en zona sur oriente de la región de Ñuble y de la provincia de Diguillín. Limita al norte con la comuna de Pemuco, al sur limita con la comuna de Tucapel, el río Laja separa a Yungay de la comuna de Los Ángeles; al oriente la comuna de Yungay limita con las comunas de Antuco y Pinto; y al poniente con la comuna de Cabrero.

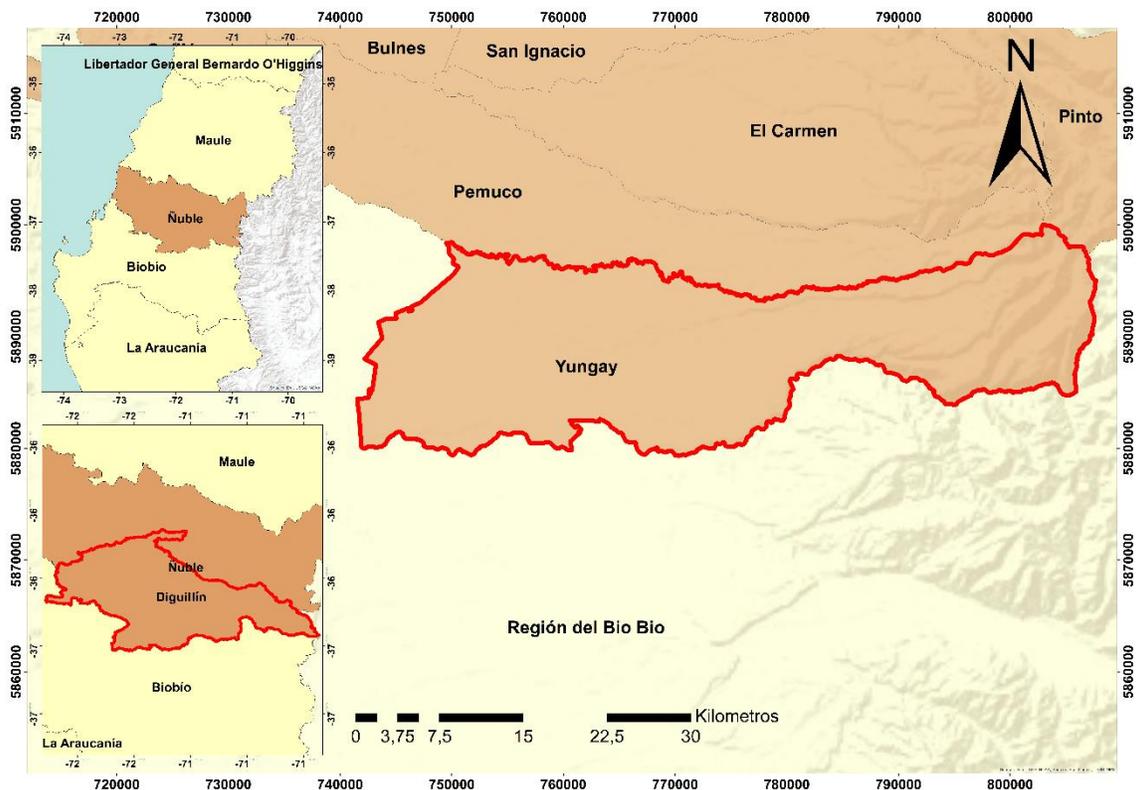


Figura 8: Área de estudio, comuna de Yungay (Fuente: Elaboración propia).

Según datos estadísticos proporcionado por el Censo 2017 la comuna cuenta con una población estimada de 17.787 habitantes, de los cuales 8.964 son hombres y 8.823 son mujeres. La población de Yungay representa un 5,56% del total provincial y un 3,7% del total regional. En base a los datos obtenidos en el 2017 relacionado con la población, INE (2018) estima que la proyección en el 2020 fue de 18.596 habitantes con un 4,55% de variación.

Según el Sistema de Información Territorial (SIT) 2019 facilitado por CONAF, los usos de suelo que predominan son:

| Uso de Suelo | Superficie Hectárea |
|-----------------------|---------------------|
| Agricultura | 23.311 |
| Forestal | 30.716 |
| Bosque Nativo | 18.044 |
| Praderas y Matorrales | 7.255 |
| Áreas sin Vegetación | 996 |
| Áreas Urbanas | 562 |

| | |
|-----------------|-----|
| Cuerpos de Agua | 534 |
| Humedales | 40 |

Figura 9: Tabla de superficie usos de suelo (Fuente: Elaboración propia según datos del SIT CONAF 2019)

Existe una brecha amplia entre usos de suelo, predominando principalmente la agricultura, plantaciones forestales y bosque nativo. En cuanto a las plantaciones forestales, esta se divide en tres; plantación adulta (17.484,5 ha), joven recién cosechada (11.605,2 ha) y plantación con exóticas asilvestradas (1.627,2 ha). En bosque nativo la división corresponde a bosque nativo adulto (683,7 ha), bosque nativo renoval (16.105,9 ha) y bosque nativo achaparrado (498,4 ha). En praderas y matorral, se distingue praderas (777,7 ha), matorrales (3.885,8 ha), matorral-pradera (1.570,7 ha) y matorral arborescente (1.020,8 ha). El resto de usos de suelo no presentan una implicancia determinante sobre el territorio en comparación con los de mayor superficie utilizada.

En cuanto a la climatología de la comuna, el Plan de Desarrollo Comuna de Yungay (2019) informa que el clima es templado de tipo mediterráneo cálido, con estación seca y lluviosa bien marcada. La temperatura media anual es de 14° C y la precipitación anual es de 1.024 mm, distribuida principalmente entre los meses de abril y septiembre. En cuanto a la agroclimatología, la comuna se divide en dos. Por una parte, el sector oriente donde predomina la cordillera de los andes la temperatura media anual oscila entre temperatura 12,5 y 13,9°C. y una pluviometría anual superior a los 1400 mm. Y en el sector del valle central, dominado por el agroclima Santa Rosa, la precipitación anual que varía entre 1.000 a 1.200 y una temperatura media anual de 13,1 a 13,6°C.

PLADECO (2019) caracteriza la geomorfología de la comuna como un relieve de lomas suaves y poco pronunciadas sin grandes pendientes a excepción de cauces y marcas de esteros y ríos que marcaron el suelo blando de material volcánico. En cuanto a la geología, el 41% de la superficie comunal es cubierta por depósitos piroclásticos, un 28% por avalanchas volcánicas, 13,7% por depósitos glaciares y un 11,2% es cubierto por secuencias volcano-sedimenarias.

6.2 Reconocimiento de usos de suelo y cobertura.

El primer paso para la obtención de resultados es descargar imágenes satelitales LANDSAT. En este caso, las imágenes se extrajeron desde el sitio web del USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov>). El periodo de estudio corresponde a los años

1990, 2000, 2010 y 2020 por lo cual se utilizaron imágenes de distintos satélites. El satélite Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM) proporcionó la imagen del año 1990 (15 de enero); Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) facilitó los años 2000 (11 de enero) y 2010 (22 de enero), y por último el Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) con el 2020 (11 de febrero).

Para el manejo y manipulación de las imágenes satelitales LANDSAT se utiliza el programa ArcGIS 10.3, el cual fue utilizado también para proporcionar cartografías de área de estudio. En este software, a través de combinaciones de bandas espectrales, se puede distinguir las variaciones territoriales y los elementos que los componen de manera fácil y eficiente.

En el caso de esta investigación se utiliza la combinación infrarroja (Figura n° 10). Esta combinación de bandas tiene buena sensibilidad a la vegetación verde la cual aparecerá representada en una tonalidad roja, esto se debe a la alta reflectividad en el infrarrojo y la baja en el visible, y representa de forma clara caminos y masas de agua. Además, muestra bosques coníferos con un rojo más oscuro mientras que los bosques caducifolios lo hacen con un rojo más claro (Alonso, 2020).

Alonso (2020) determina que las tonalidades más habituales en una composición en falso color son:

- Rojo, indica una vegetación sana y bien desarrollada.
- Rosa, áreas vegetales menos densa o con vegetación menos desarrollada.
- Blanco, áreas con escasa o nula vegetación.
- Azul oscuro o negro indica la presencia de agua.
- Marrón, vegetación arbustiva muy variable.
- Beig-dorado, zonas de transición, prados secos asociados a matorral ralo.

Ya obtenida la combinación infrarroja, se procede a cortar la imagen satelital y otorgarle la forma del área de estudio que en este caso es la comuna de Yungay.

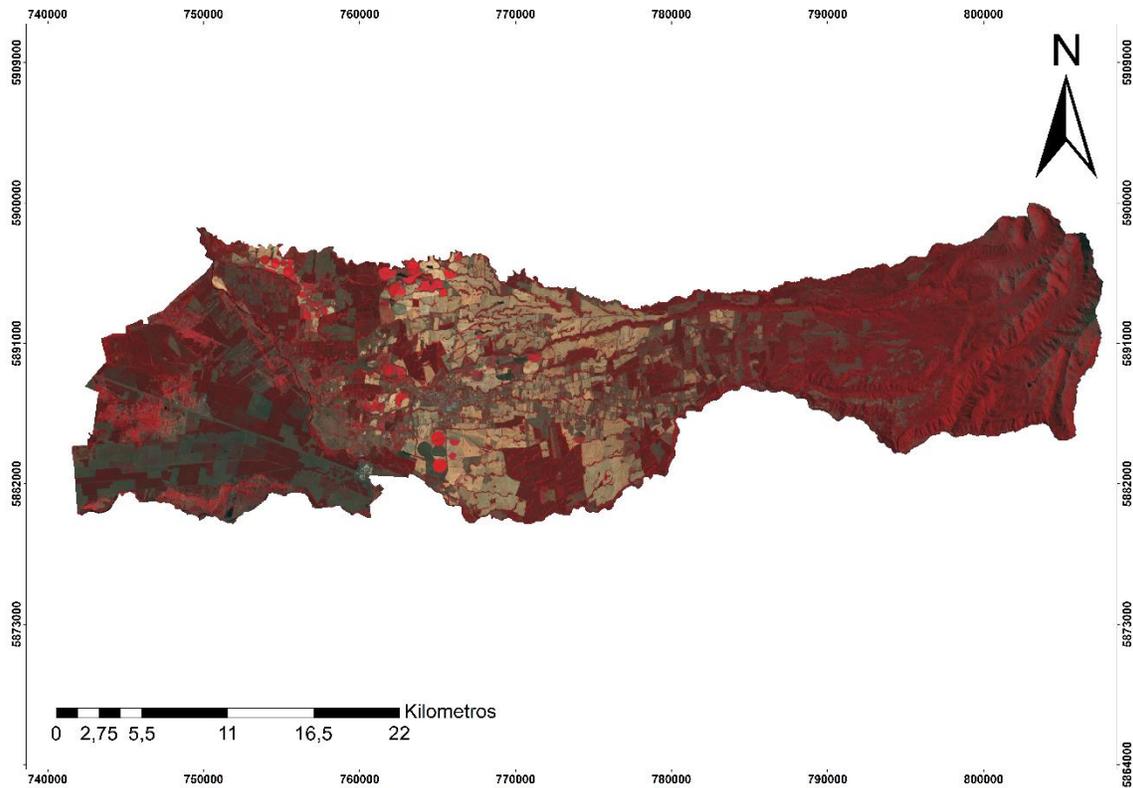


Figura 10: Imagen LANDSAT recortada para los límites de Yungay, año 2020. Combinación infrarroja. (Fuente: Elaboración propia).

CONAF en el Sistema de Información Territorial SIT (2019) informa que los principales usos de suelo de la comuna son zonas urbanas e industriales, plantaciones forestales, terreno agrícola, bosques nativos, praderas y matorrales, cuerpos de agua y otros sin vegetación. La información territorial facilitada por CONAF beneficiará al análisis de las imágenes satelitales planteando un umbral de usos de suelo determinado.

Para la realización del reconocimiento de usos de suelo y coberturas por año de estudio se trabaja con la *Clasificación Supervisada* perteneciente a ArcGIS. Con la ayuda de la barra de herramientas *Clasificación de imagen*, se crean muestras de capacitación para representar las clases que se desea extraer. El proceso de clasificación de imágenes consiste en asignar los píxeles de una imagen reticulada a clases de cobertura del suelo predefinidas. La forma básica de la clasificación de imágenes es por interpretación visual, en la que se consideran tono, textura, tamaño, forma y asociación (Qasim et al., 2011 en Escadón, 2018). A cada uso de suelo se le asignará un valor determinado dentro de un

shapefile de puntos, requiriendo suficientes muestras de datos espectrales por clase para estimar con precisión los datos estadísticos que necesita el algoritmo de clasificación.

El raster resultante tendrá que ser procesado en la herramienta *Filtro Mayoritario* cuya función es reemplazar celdas del raster según la mayoría de sus celdas vecinas. Esto beneficia en eliminar pixeles pequeños que no representan el uso de suelo esperado y se adecua a las celdas de mayor tamaño. Luego, el raster es transformado en polígono, facilitando la manipulación de usos de suelo modificando los errores que arroja el programa. (Figura n° 11)

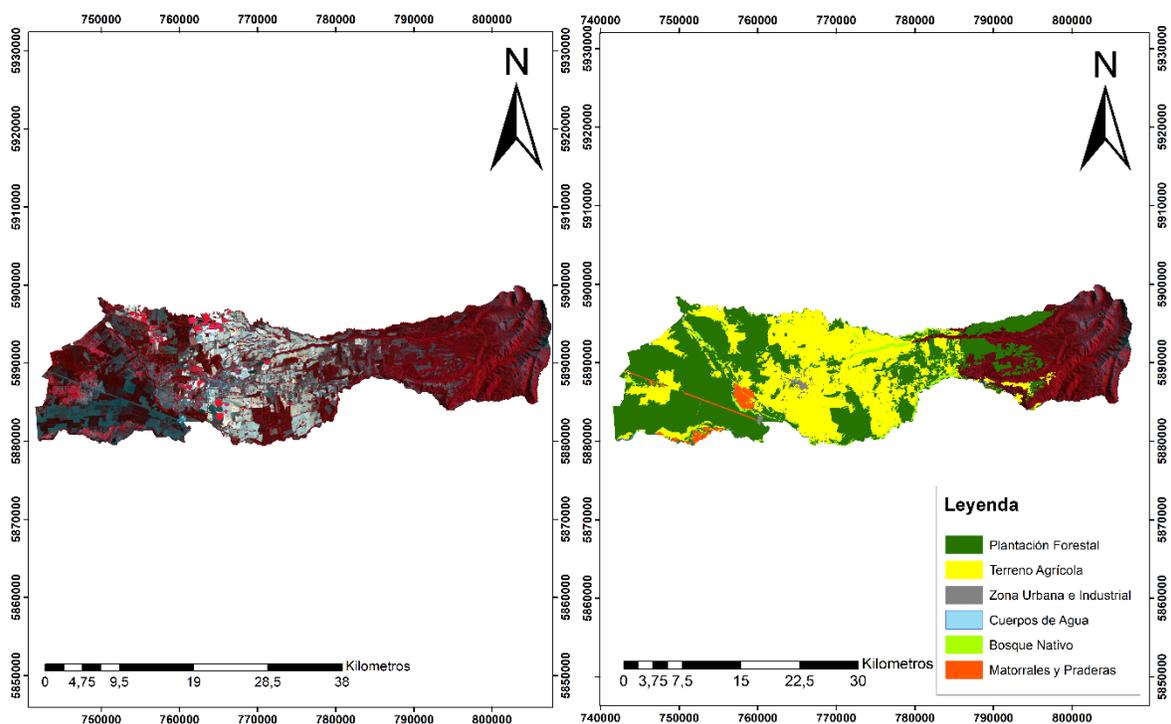


Figura 11: Comparación de imagen satelital (año 2020) con raster de usos de suelos, realizado a través del procesamiento de clasificación supervisada. (Fuente: Elaboración propia).

6.3 Evolución de los usos de suelo en la comuna de Yungay.

Para la profundización de la evolución territorial se realiza un análisis estadístico descriptivo espacio-temporal de los cambios de usos y coberturas de suelo en el período 1990, 2000, 2010 y 2020 utilizando el módulo *Land Change Modeler (LCM)* del programa IDRISI ANDES. El Modelador de Cambios de Terreno (LCM) facilita la comparación entre pares de

datos cuantitativos o series en el tiempo a través de procesos empíricos (Eastman, 2012). Este programa obtiene resultados que proyecta las ganancias y pérdidas de superficies experimentadas por los distintos usos y coberturas de suelo, con cifras netas y transiciones, determinadas a partir de la identificación y descripción de los cambios producidos (Eastman, 2007).

El Modelador de Cambios de Terreno (LCM) permite obtener los siguientes resultados de usos de suelo (Eastman, 2012):

- **Análisis de Cambios:** En esta función se evalúa el cambio entre el momento 1 y el momento 2 de los dos mapas de superficie terrestre que se ingresó al programa. Los cambios identificados son transiciones de un estado de la superficie a otro a través del tiempo.
- **Potenciales de Transición:** En este paso se identifica el potencial del terreno para la transición y se generan mapas de adecuación para cada transición. Se organiza una serie de mapas de potencial de transición dentro del marco de un submodelo de transición evaluado empíricamente y que posee las mismas variables determinantes de fondo.

Para el caso de esta investigación se realizarán tres mapas de transición para aumentar la veracidad de la dinámica de cambios de uso de suelo entre la agricultura y las plantaciones forestales. Estos mapas se obtienen a partir de imágenes satelitales (ya trabajadas anteriormente en clasificación supervisada) de los años 1990 (momento 1) a 2000 (momento 2); 2000 (momento 1) al 2010 (momento 2) y 2010 (momento 1) al 2020 (momento 2). Así se determinará en qué medida ha ido evolucionando el modelo forestal en territorio antes utilizado para la agricultura desde 1990.

6.4 Cadena de Markov para la predicción de usos de suelo.

Las Cadenas de Markov simulan la predicción del estado de un sistema en un tiempo determinado, a partir de dos estados precedentes. Es un procedimiento discreto en un tiempo discreto, en el cual el valor en el tiempo t_3 (2030) depende de los valores en los tiempos t_1 (2020) y t_2 (2010). La predicción se materializa en una serie de mapas de usos del suelo para un tiempo futuro, en donde el nivel digital de cada pixel expresa la probabilidad de pertenecer al uso analizado (Eastman, 2012).

El procesamiento genera las siguientes producciones (Eastman, 2012):

- Matriz de probabilidades de transición, la cual se despliega automáticamente y expresa la probabilidad que tiene un píxel de cambiar o permanecer en alguna clase en el mismo periodo de tiempo.
- Matriz de áreas de transición, que expresa el total de áreas (en celdas) que esperan cambiar en el próximo periodo de tiempo.
- Un grupo de imágenes de probabilidad condicional; uno para cada clase de cobertura terrestre. Estos mapas expresan la probabilidad de que cada píxel pertenezca a la clase designada en el próximo periodo de tiempo.

Posteriormente, el mapa de usos del suelo del 2020, la matriz de probabilidades de transición (2030) y la imagen de probabilidad de transición (2040) generados, se combinaron mediante el módulo de Autómatas Celulares (CA-Markov) del software IDRISI Selva (Eastman, 2012). Los autómatas celulares corresponden a un método de representación espacial, que se compone de reglas de transición que son aplicadas a figuras geométricas, llamadas en este estudio celdas. Dichas unidades espaciales contienen una historia y una evolución de cambio en el tiempo, además de reglas como la influencia de celdas colindantes a una celda central (Eastman, 2012).

Finalmente, la validación de las simulaciones se realiza mediante la comparación entre un año observado en la realidad y el mismo simulado. Para la validación se emplea el índice Kappa en la herramienta VALIDATE, el cual combina principalmente los índices Klocation y Kquantity. El primero realiza la verificación de la localización de las celdas de cada categoría sin importar la cantidad, y el índice Kquantity es estadístico y verifica la cantidad de celdas de cada categoría. El índice Kappa depende de ambos para obtener la validación de la simulación (Pontius, 2000). Si $kappa = 1$, hay perfecto convenio y si $kappa = 0$, la concordancia es la misma que se esperaría al disponer las celdas al azar. Los valores negativos ocurren cuando la concordancia es más débil de lo esperado por casualidad (Sousa et al., 2002).

6.5 Fragmentación en la agricultura por plantaciones forestales.

6.5.1 Cuantificación de parches forestales.

Para el proceso de cálculo de fragmentación en la agricultura por el modelo forestal se utilizará el software ArcGIS. En el programa se realizará un procedimiento de conteo de parches en cada año. A partir de la imagen ya clasificada con los parches determinados se procede a enumerarlos y clasificarlos según sus dimensiones (área en hectáreas).

Es fundamental considerar que algunos parches son divididos por pequeñas extensiones de bosque nativo u otras coberturas, por lo que se debe tener precaución al contar los parches grades como un todo.

El programa, después de realizado la clasificación, lanza conjunto de polígonos que conforman un solo parche, por lo cual se debe crear una nueva columna en la tabla de atributos del shapefile que sume el área de aquellos polígonos para obtener el total del parche. Luego, se cuenta uno por uno y se dividen por hectáreas para mejorar el manejo de datos.

6.5.2 Índices de fragmentación.

Mediante ArcGIS se elabora un conteo de los parches agrícolas que se encuentran dominados por una matriz forestal en el año 2020, en base a la información espacial obtenida anteriormente con polígonos. Para dicho proceso en primer lugar se deben identificar aquellos parches que se encuentran rodeados de plantaciones forestales, es decir, aislados o sin conexión con otro terreno agrícola. Luego se calcula el perímetro y área en hectáreas, obteniendo así los datos necesarios para desarrollar los índices de fragmentación.

a) Índice de diversidad de forma de Patton (D.I)

Uno de los métodos para evaluar la fragmentación es el índice de diversidad de forma de Patton. Este índice a través de las dimensiones (área y perímetro) del parche calcula el efecto borde que tiene. Cuando el índice de diversidad es 1, la forma del fragmento se asemeja a un círculo; a medida que la cifra va en aumento la forma se torna más irregular, siendo 2 o más una forma amorfa. (Galván-Guevara et al. 2015). La fórmula es:

$$DI = \frac{P}{2 * \sqrt{3.1416} * \sqrt{a}}$$

| Forma | D.I |
|--------------------|-------------|
| Redondo | < 1,25 |
| Oval-redondo | 1,25 ≤ 1,50 |
| Oval oblongo | 1,50 ≤ 1,75 |
| Rectangular | 1,75 ≤ 2 |
| Amorfo o irregular | > 2 |

Figura 12: Valores del índice de Patton según forma del parche. (Fuente: Galván-Guevara et al. 2015)

b) *Índice de Compactación*

El índice de compactación indica el grado de fragilidad o exposición del fragmento a los efectos de la matriz. Los valores varían entre 0 y 1, siendo los frágiles los más cercanos o con valor igual a 0. Por otra parte, los valores cercanos o igual a 1 son los menos frágiles y compactos. Este índice corresponde al valor recíproco del índice de diversidad de Patton (Pincheira et al., 2009). La fórmula es:

$$1/DI$$

VII. Resultados

7.1 La expansión forestal en la comuna de Yungay, Región de Ñuble.

A partir del análisis de mapas de coberturas de los años 1990, 2000, 2010 y 2020 presentados en la figura n° 13, se puede esclarecer los cambios de usos de suelo que ha sufrido la comuna en los últimos 30 años; de la agricultura a plantaciones forestales, variando notablemente en los distintos periodos. Además, la distribución de tierra está fuertemente marcada por esos dos tipos de usos de suelo (forestal y agrícola) por sobre el resto de coberturas (matorrales, cuerpos de agua, bosque nativo y zonas urbanas).

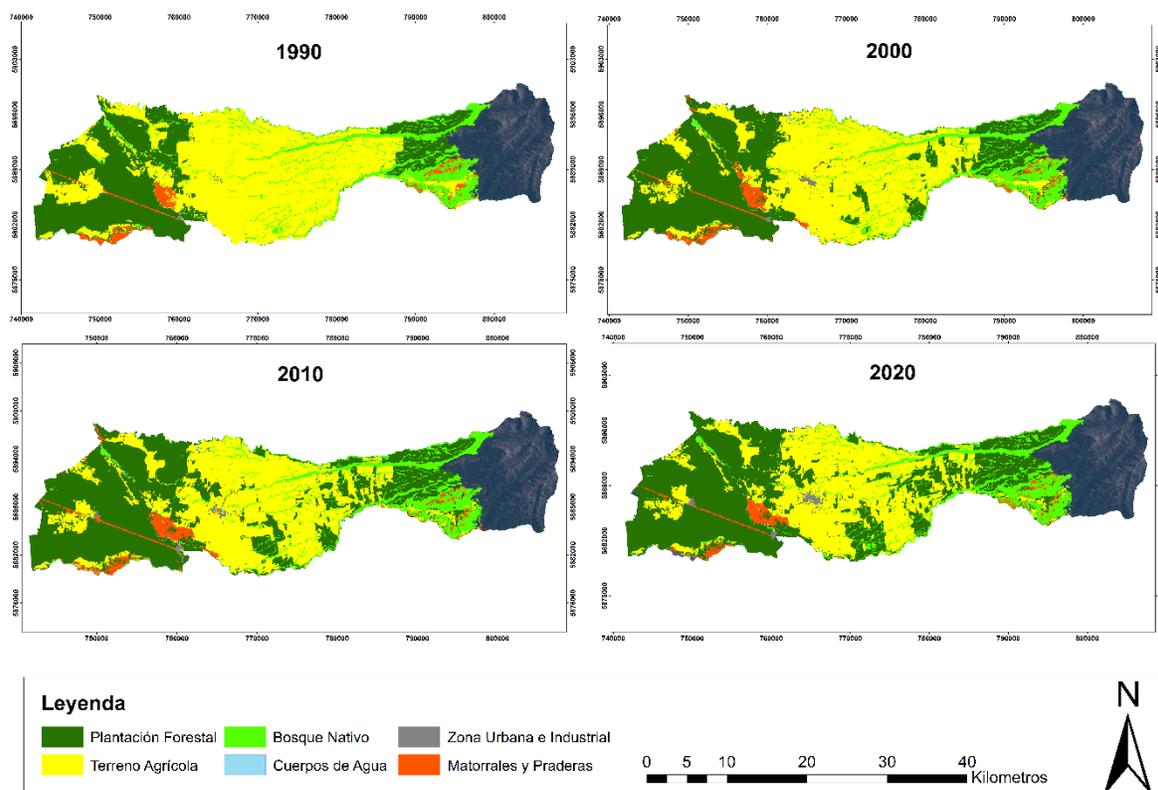


Figura 13: Mapas de comparación y evolución en los usos de suelo en distintos años. (Fuente: Elaboración propia).

La cobertura de suelo agrícola ha ido en disminución con los años. En 1990 la agricultura abarcaba un total de 35.299,15 hectáreas, en el año 2000 disminuyó a 29.872,76 hectáreas,

para el año 2010 se contaba con 26.244,09 hectáreas y finalmente para el año 2020 24.212,27 hectáreas. Se evidencia una notoria disminución de 31,5% de la agricultura en este periodo demostrado gráficamente en la figura n°14.

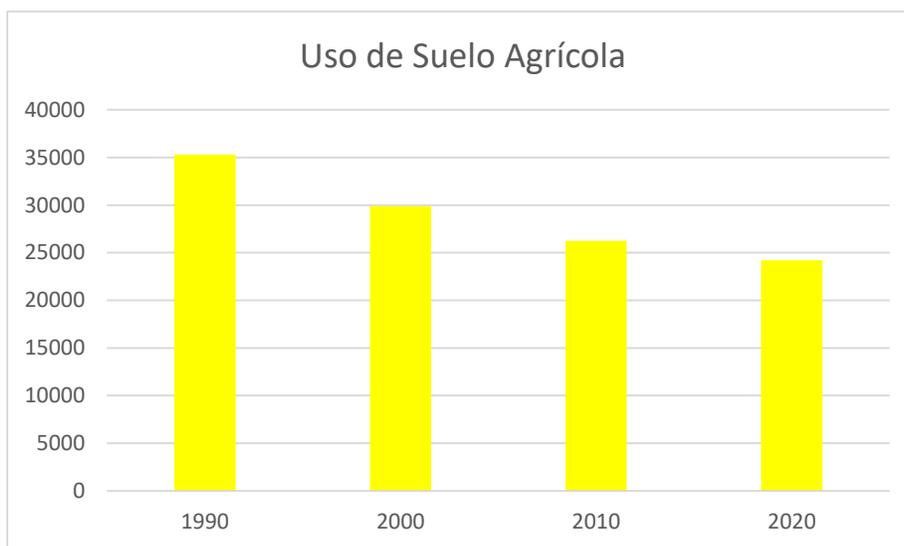


Figura 14: Gráfico de variación de hectáreas de uso agrícola en los años 1990, 2000, 2010 y 2020. (Fuente; Elaboración propia).

En cuanto al uso de suelo forestal la dinámica es distinta. El crecimiento es exponencial y refleja claramente el cambio estructural de la comuna. En el año 1990 el uso de suelo forestal contaba con 22.913,52 hectáreas, para el año 2000 esta superficie aumentó a 27.857,34 hectáreas, en el 2010 siguió creciendo hasta 31.060,74 hectáreas y ya para el 2020 contaba con 33.785,02 hectáreas. Se evidencia un aumento del 32,1% de plantaciones forestales en este periodo demostrado gráficamente en la figura n°15.

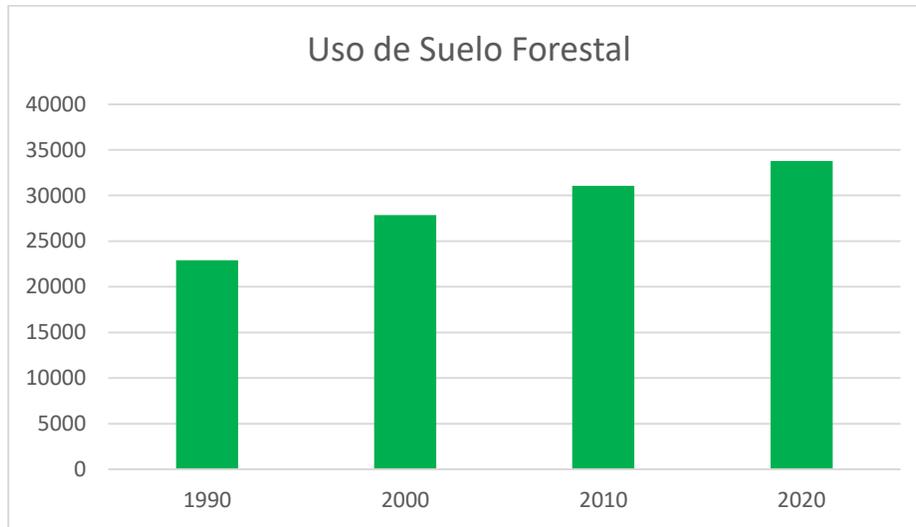


Figura 15: Gráfico de variación de hectáreas de uso forestal en los años 1990, 2000, 2010 y 2020. (Fuente; Elaboración propia).

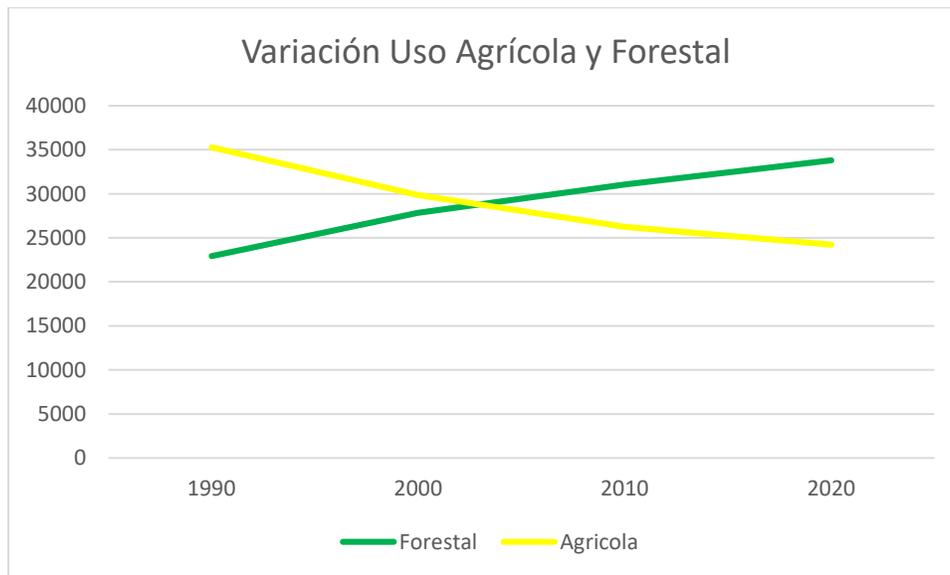


Figura 16: Gráfica de variación entre uso de suelo agrícola y forestal a través de los años. (Fuente Elaboración Propia).

En la figura n°16 se representa la curva de variación entre los distintos años con respecto a los usos de suelo agrícola y forestal. Entre los años 2000 y 2010 es cuando se produce el quiebre de dominación superficial en la comuna de Yungay, donde el uso forestal sobrepasa las hectáreas agrícolas y sigue elevándose en los próximos años. Por otra parte, el uso agrícola disminuye abruptamente en el periodo de 30 años dejando en claro que la

agricultura familiar campesina ha perdido dominio en las actividades económicas comunales.

7.2 Transición de Uso agrícola a Forestal

En el análisis de transición agrícola-forestal se trabajó en tres periodos 1990-2000, 2000-2010 y 2010-2020. Este agrupamiento concede la facilidad de comprender en qué periodo se sufrió mayores cambios, plasmándolo en un mapa (figura n°17) visualizando la distribución y el comportamiento espacial de los usos de suelo.

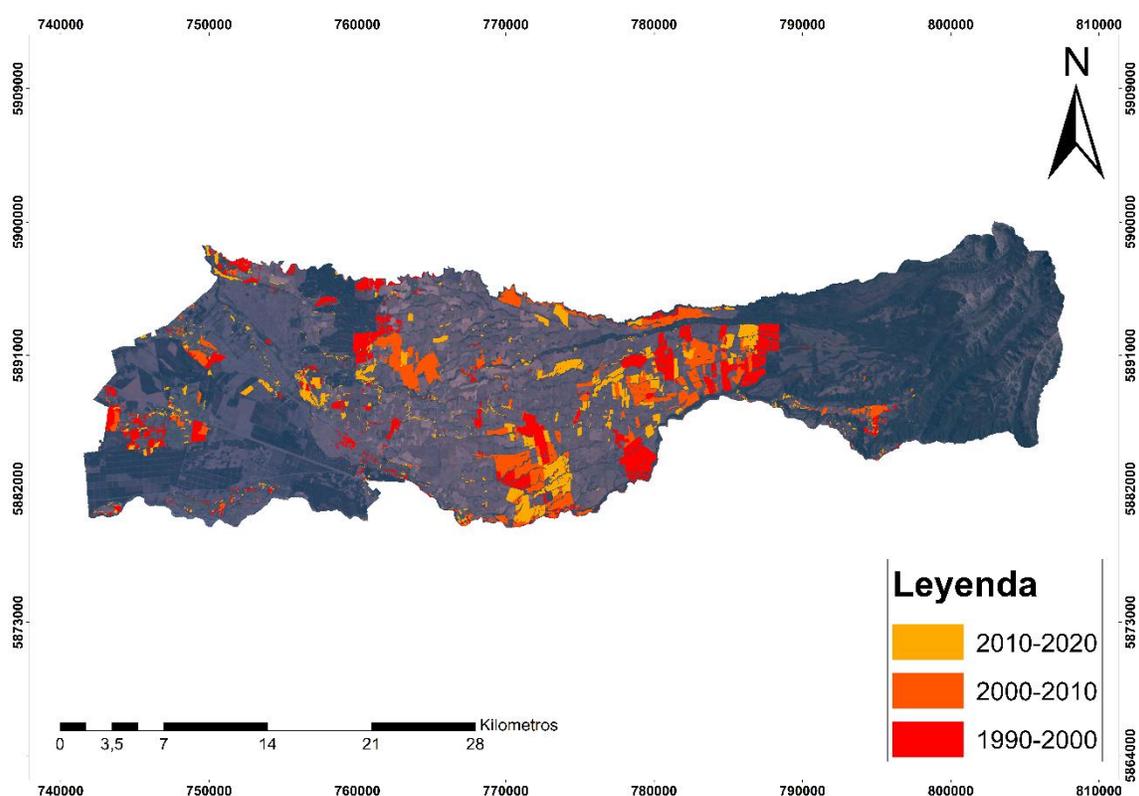


Figura 17: Mapa de transición agrícola-forestal 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020. (Fuente: Elaboración Propia).

En la figura n°18 se grafica la transición por periodo. El periodo de 1990-2000 es donde existe una mayor transición agrícola-forestal con 4.374,57 hectáreas, expandiéndose considerablemente en el sector cordillerano, centro y en sectores del oeste. En dicho periodo el crecimiento forestal es de un 19,09% en comparación a su superficie inicial de 1990 y da inicio a la ocupación a la zona centro de la comuna, mayormente utilizado para

la agricultura. Ya en el siguiente periodo de 2000-2010 el porcentaje de crecimiento es menor con un 13,01%, representando 3.625,42 hectáreas agrícolas que pasaron a uso forestal. En este periodo el crecimiento se concentra en sectores donde ya hubo incidencia en el periodo anterior complementando el crecimiento de los parches existentes. Y por último el periodo 2010-2020 solo se modifican 2.526,59 hectáreas agrícolas a forestal, siendo el periodo de menor cambio con un 8,13% de crecimiento.

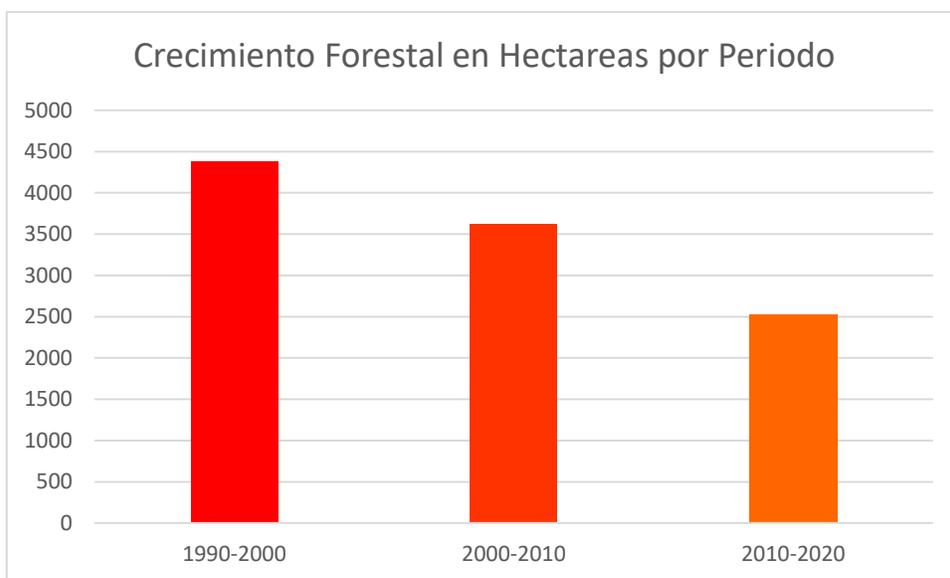


Figura 18: Gráfico de transición agrícola-forestal en hectáreas por periodo de tiempo. (Fuente: Elaboración Propia).

7.3 Predicción crecimiento forestal año 2040

Según la herramienta *Land Change Modeler (LCM)* en su función *Prediction* el crecimiento forestal es continuo y estipula la cantidad de hectáreas que podrían ser destinadas a este uso. Es fundamental dejar en claro que, si bien las distribuciones de las hectáreas forestales generadas por el software no son exactas, reflejan una constante de 10 años facilitando la construcción de una visión futura del territorio a través del comportamiento en años anteriores.

Esta predicción toma en cuenta los dos últimos periodos (2010 y 2020) y elabora un patrón de cambio que plasma en polígonos, graficando visualmente que sectores son potencialmente transformados y que uso de suelo pierde o gana terreno (figura n° 19). Para

este caso el sector oeste de la comuna cuyas hectáreas forestales eran mayores, pero con fragmentos agrícolas amplios, para el año 2040 la agricultura prácticamente desaparece. Los principales parches forestales aumentan su área opacando aún más el uso agrícola y dando lugar a un cambio de matriz predominante en la comuna.

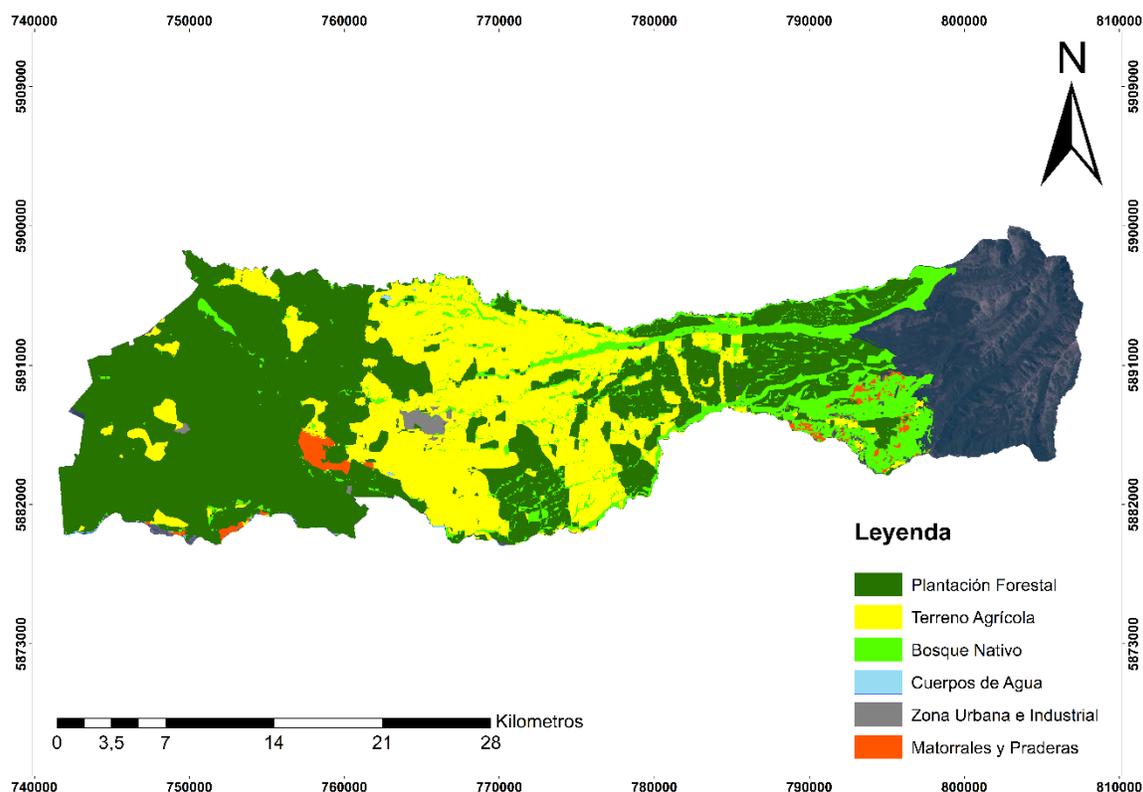


Figura 19: Predicción de usos de suelo para el año 2040 (Fuente: Elaboración Propia).

Para el año 2040 el uso forestal crece a 38.735,55 hectáreas, aumentando un 14% con respecto a la superficie forestal del año 2020 (Figura n°20). Para este año la superficie total de uso forestal representará un 47% de la superficie comunal dando por hecho un cambio en la matriz dominante. Por otro lado, la agricultura disminuye su superficie (16% respecto al 2020) con un total de 20.130,52 hectáreas; 24% de la superficie comunal.

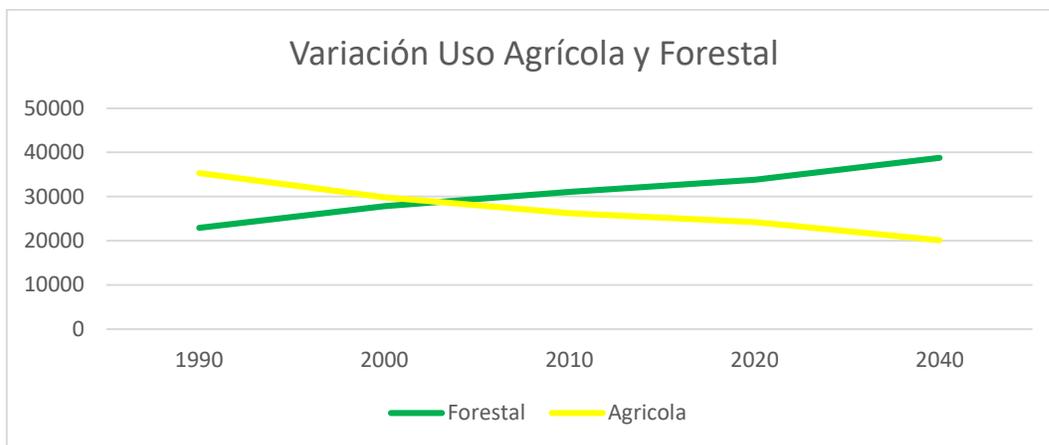


Figura 20: Grafico de líneas de variación agrícola-forestal hasta el año 2040 (Fuente: Elaboración Propia).

7.4 Fragmentación en la agricultura por plantaciones forestales.

7.4.1 Parches Forestales

Los parches forestales en la comuna de Yungay (figura n°21) representan la transformación territorial más imperante en las últimas décadas, aumentando en sus cantidades y expansión. Por lo visto en resultados anteriores los usos de suelo han sufrido variaciones contundentes, reflejándose en estos parches forestales dentro de la matriz agrícola. Es por ello que cuantificar los parches y reflejar su crecimiento ayuda a gestiones futuras de cambios y evoluciones nocivas para otros usos de suelo.

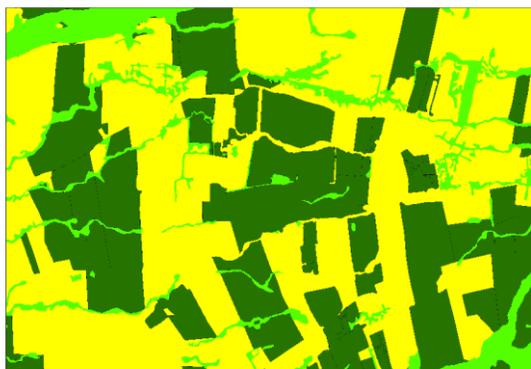


Figura 21: Parches forestales (color verde oscuro) distribuidos en una matriz agrícola (Fuente: Elaboración Propia)

| Hectáreas de Parches | Número de Parches | | | |
|----------------------|-------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 |
| Entre 0 y 10 | 50 | 115 | 174 | 213 |
| Entre 10 y 20 | 12 | 27 | 49 | 64 |
| Entre 20 y 30 | 5 | 11 | 25 | 37 |
| Entre 30 y 40 | 5 | 15 | 20 | 28 |
| Entre 40 y 50 | 3 | 9 | 14 | 17 |
| Entre 50 y 60 | 1 | 10 | 11 | 11 |
| Entre 60 y 70 | 5 | 6 | 7 | 11 |
| Entre 70 y 80 | 1 | 3 | 3 | 4 |
| Entre 80 y 90 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Entre 90 y 100 | 1 | 3 | 6 | 7 |
| Entre 100 y 200 | 8 | 17 | 22 | 26 |
| Entre 200 y 300 | 4 | 7 | 8 | 8 |
| Entre 300 y 400 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| Entre 400 y 500 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Entre 500 y 600 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Entre 600 y 700 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Entre 700 y 800 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Entre 800 y 900 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Entre 900 y 1000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1000 y más | 6 | 6 | 7 | 7 |
| Total | 112 | 241 | 361 | 449 |

Figura 22: Cantidad de parches forestales por año y por superficie. (Fuente: Elaboración Propia).

Según el trabajo metodológico que dio como resultado una tabla (figura n° 22) con valores empíricos, desde el año 1990 hasta el 2020 aparecieron 337 nuevos parches, 163 de ellos pertenecen al grupo de 0 a 10 hectáreas, es decir, el 48,4%. El siguiente grupo de 10 a 20 hectáreas aumentó 52 parches (15,4%). El resto de los grupos conforman el 36,2% del aumento total en los últimos 30 años con 285 parches. El aumento más considerable se experimentó entre 1990 y el año 2000 con 129 parches nuevos; lo sigue la temporada 2000-2010 con 120 parches de diferencia, casi lo mismo que la temporada anterior. Y por último para la temporada 2010-2020 disminuye la formación de parches con tan solo 88 de diferencia.

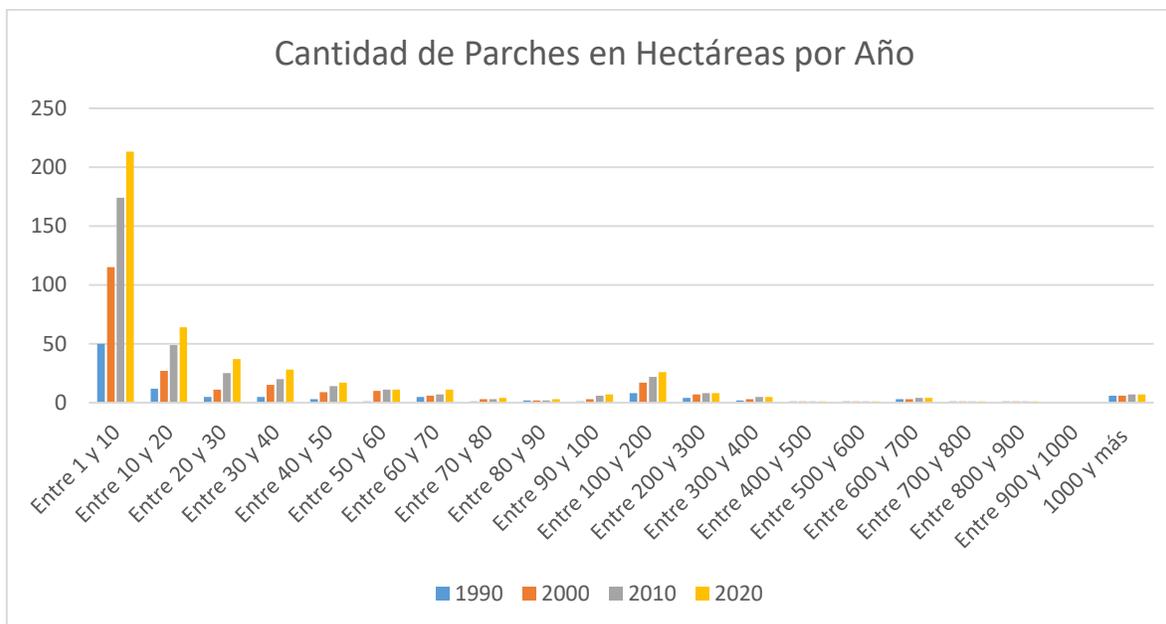


Figura 23: Gráfico de cantidad de parches por superficie y año. (Fuente: Elaboración Propia).

Se presencia una constante elevación numérica de parches en cada periodo estudiado, la manifestación de nuevos parches con distintos tamaños es reflejo de la dinámica en cuestión. En la figura n° 23 queda en claro la dominación de parches de menos de 10 hectáreas, pero que aun así existen parches de gran magnitud superando las 100 hectáreas; hasta las 1000 hectáreas. Con la cuantificación de estos parches se puede estipular que los parches se van presentando con un tamaño similar a sus antecesores, claro ejemplo es la inexistencia de parches de 400 a 600 y de 700 a 900 hectáreas en todos los periodos.

7.4.2 Índices de Fragmentación

Para el inicio del proceso se contabilizaron los parches agrícolas ubicados dentro de una matriz forestal. Dichos parches son de variados tamaños y formas, materializando la idea del “efecto borde” que se presenta en ciertas áreas de la comuna. Para la contabilización se dividieron categorías según tamaño del parche en hectáreas, logrando dimensionar las superficies afectadas por la fragmentación; distinguiendo las áreas con mayor cantidad de fragmentos pequeños.

| Hectáreas | Parches |
|-----------|---------|
| 1 a 10 | 28 |
| 10 a 20 | 13 |
| 20 a 30 | 10 |
| 30 a 40 | 5 |
| 40 a 50 | 5 |
| 50 a 60 | 5 |
| 60 a 70 | 1 |
| 70 a 80 | 2 |
| 80 a 90 | 3 |
| 90 a 100 | 1 |
| 100 a 200 | 8 |
| 200 o más | 5 |

Figura 24: Cantidad de parches por grupo de hectáreas. (Fuente: Elaboración Propia).

Como se representa en la figura n° 24 el grupo de entre 1 y 10 hectáreas es la que mayor cantidad de parches agrícolas posee con un 32,5% del total. Las cantidades en los otros grupos va disminuyendo gradualmente manteniéndose en el rango de entre 5 y 1 parche. Esto cambia para los rangos mayores a 100 hectáreas con 13 parches, distribuidos dentro del área dominada por plantaciones forestales (ver figura n° 26).

Luego de obtenido la cantidad de parches y sus dimensiones (área y perímetro) se procede a calcular la forma de cada uno en base a la fórmula del índice de Patton.

| Forma | Cantidad de Parches |
|--------------------|---------------------|
| Redondo | 4 |
| Oval-redondo | 16 |
| Oval oblongo | 10 |
| Rectangular | 11 |
| Amorfo o irregular | 45 |

Figura 25: Cantidad de parches según forma. (Fuente: Elaboración Propia).

En la figura n° 25 se distingue que la mayoría de los parches son amorfos o irregulares lo que significa mayor susceptibilidad a padecer de un “efecto borde”. Aun así, otras formas también abarcan una gran cantidad de parches, desde oval-redondo a rectangular se concentran 37 parches, dichos parches presentan un grado de fragilidad ante perturbaciones de efecto borde. En cambio, son solo 4 parches redondos los que disponen de mayor estabilidad debido a su núcleo predominante por sobre el borde.

La distribución de los parches amorfos o irregulares se concentran en las grandes plantaciones forestales que se encuentran al este y oeste de la comuna (ver figura n° 26), es por ello que estos parches agrícolas presentan mayores perturbaciones y efecto borde por su forma; siendo los parches de mayor tamaño los que sufren esta perturbación. En cambio, los parches de menor área son más redondos u ovalados, muchos de ellos cercanos a estos fragmentos de mayor tamaño desprendidos entre sí por plantaciones.

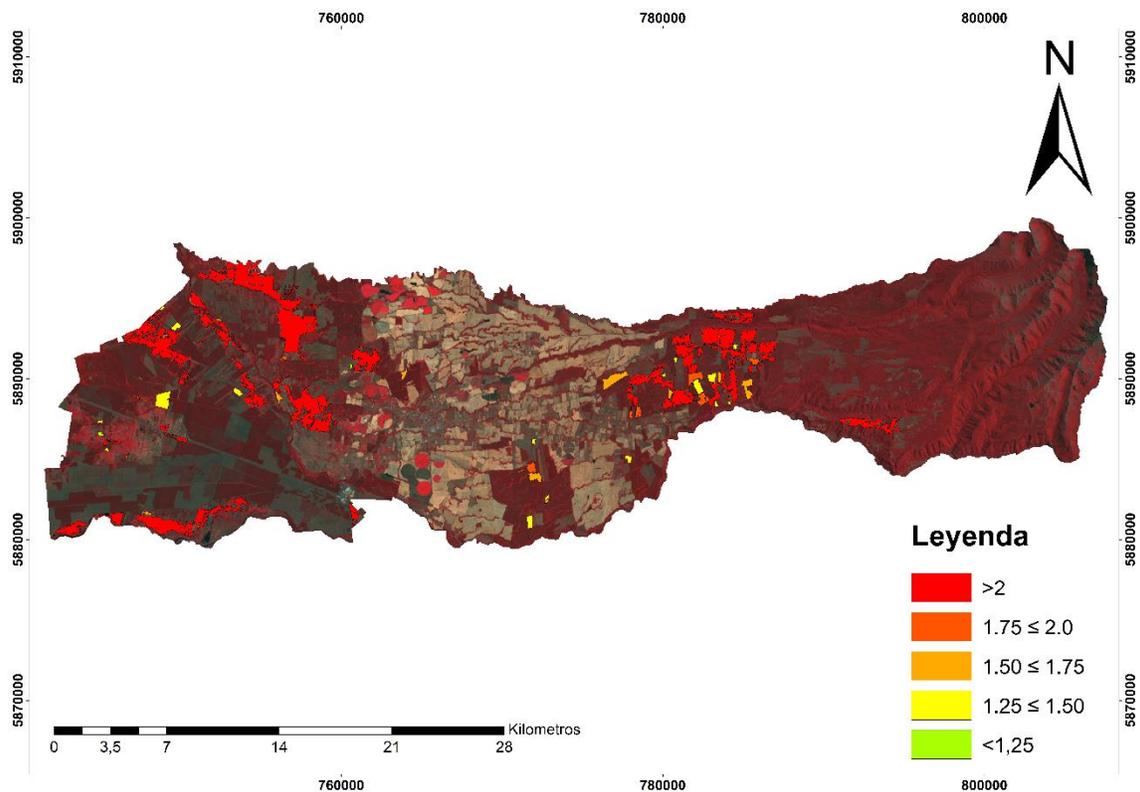


Figura 26: Mapa de distribución de parches agrícolas con Índice de diversidad de forma de Patton (D.I) (Fuente: Elaboración Propia)

En cuanto al índice de compactación, este arrojó datos respecto a la fragilidad o exposición de los fragmentos agrícolas a los efectos de la matriz forestal. Los valores cercanos a 0 son los más frágiles, a diferencia de los más cercanos al 1 son de mayor grado de compactación. De los 86 parches 45 están entre los valores 0 y 0,5 (mediano a alto grado de fragilidad), por otro lado 41 parches están entre los valores 1 y 0,5 (medio a bajo nivel de fragilidad).

VIII. Discusión y Conclusión

El presente estudio expone a la expansión forestal como el suceso que modifica el predominio agrícola en el área de estudio. El efecto forestal es un hecho repetitivo en gran parte del centro sur del país, donde genera incertidumbre en una población campesina cada vez más acorralada. En el crecimiento de las plantaciones forestales incentivadas por un fuerte subsidio estatal (Sanhueza & Azocar 2000) en base al Decreto Ley 701 de 1974, se han plantado alrededor de 2,4 millones de hectáreas, de las cuales, al menos 1,4 millones se ha realizado con aportes del Estado a nivel nacional (CONAF, 2016), dejando en claro cómo se produce un desequilibrio en el territorio presionando en formas de vida y funcionalidad socio-territorial “tradicional” o de legado familiar. Como reafirma Pino (2019) este modelo forestal genera que otras actividades económicas como la agricultura o el turismo tengan dificultades para desarrollarse en el contexto extractivo de la industria.

El área estudiada se encuentra en proceso de cambios de cobertura, principalmente por el aumento de parches de plantaciones forestales de variados tamaños (112 parches en 1990 y 449 parches en 2020) lo cual representa uno de los principales argumentos para afirmar que la agricultura se encuentra sometida a un fuerte proceso de fragmentación. Los altos niveles de aislamiento y pérdida de competitividad de campesinos son resultado de aquella transformación, como lo señala Cid Aguayo (2015). Hermosilla et al. (2015) expresa que la pérdida de competitividad de algunos sectores debido a la industria forestal, ha impactado de forma importante la actividad económica de Ñuble, ya que afectó indirectamente otros sectores económicos, tales como la agrícola. La fragmentación por lo tanto aísla poblaciones en los parches de hábitat, lo que reduce las probabilidades de supervivencia de las entidades que dependen del tamaño del fragmento y de su grado de aislamiento. (Navarro et al., 2015)

La posibilidad de trabajar en base a imágenes satelitales y tecnologías de información geográfica los estudios de cambio en la cobertura de suelo han ampliado la ventana temporal de análisis reconstituyendo paisajes de hace 30 años (Altamirano et al. 2007), siendo de utilidad para fundamentar la pérdida agrícola y el encierro que producen sobre la población rural en distintos años. Las técnicas de análisis espacial y la disponibilidad de fuentes de información previa para validar los resultados fueron apropiadas y suficientes

para describir la dinámica de cobertura de Yungay entre los años 1990 y 2020, con un periodo de 30 años para el análisis temporal.

Evolución de uso de suelo

En el área de estudio existe una predominancia forestal que va de menos a más a través de los años, quedando reflejado en los resultados entregados anteriormente. Como lo exponen Aguayo et al. (2009) entre el año 1979 y 2000 el 40.1 % del incremento forestal neto ocurrió sobre terrenos agrícolas, el 38.3 % en áreas cubiertas por matorrales y el 21.1 % en bosque nativo. Sustentando contundentemente la modificación agrícola vivida desde el siglo XX por sobre otros usos de suelo y cobertura en el centro sur de Chile.

La cuenca de Diguillín (colindante con Yungay) según explica Figueroa et al. (2014), se caracterizaba por una fuerte actividad agrícola y ganadera, que hoy en día ha ido en disminución por la expansión de la actividad forestal en las localidades, cabe destacar que la incidencia ambiental por el cambio progresivo del uso de suelo tiene directa relación con la carga efectiva del suelo, generando pérdida de riqueza mineral, dando como resultado una debilitación del suelo para soportar otros usos de suelo ajenos al forestal.

En el caso de Yungay, en 1990 la agricultura abarcaba un total de 35.299,15 hectáreas, y para el año 2020 disminuyó a 24.212,27 hectáreas. En cuanto al uso de suelo forestal el crecimiento fue exponencial, ya que para el año 1990 el uso de suelo forestal contaba con 22.913,52 hectáreas y para el 2020 se elevó a 33.785,02 hectáreas. Dado los resultados la agricultura sufrió una disminución del 31,5%, por el contrario, las plantaciones forestales aumentaron un 32,1%. Es por ello que la población agrícola se ve perjudicada ya que tales cambios de usos de suelo determinan, en parte, la vulnerabilidad de los lugares y las personas a las condiciones climáticas, económicas o perturbaciones sociopolíticas (Kasperson et al., 1995 en Lambin et al., 2001).

Fragmentación en la agricultura

La fragmentación en la agricultura es una realidad, siendo reflejo de los datos entregados con anterioridad. Según la definición de Environmental Law Institute (2003), el proceso de fragmentación ocurre cuando la cobertura anterior se destruye o cambia, se deja un

mosaico de fragmentos, lo que a menudo resulta en parches que se aíslan de uno otro en una matriz paisajística modificada con condiciones poco aptas para los habitantes. Aguayo et al. (2009) complementa la definición a nivel local afirmando que el 30 % de los terrenos agrícolas existentes en el año 1979 fueron incorporados a la actividad forestal durante el transcurso de los siguientes 20 años, fundamentando que el 68 % de la pérdida neta ocurrió a raíz de la forestación y el 29.5 % debido al abandono de estos terrenos que, al año 2000, fueron ocupados por matorrales.

Al momento de cuantificar los parches forestales en la comuna de Yungay, son aún más visible los cambios estructurales en dicha área. Los resultados del estudio arrojaron que en el año 1990 eran 112 parches distribuidos principalmente en el este y oeste de la comuna; para el año 2000 aumentaron a 241 parches, utilizando espacios en la zona media de la comuna; en 2010 se masificaron los parches a 361; y en 2020 la cantidad de parches siguieron aumentando a 449 parches. El aumento de parches supone una presión sobre otras actividades por sustituciones del uso de tierra y cobertura anterior por plantaciones de especies exóticas de crecimiento rápido. Esta actividad compromete el estado de las matrices originales, no solamente por el cambio de uso de suelo y la fragmentación del hábitat, sino que también afectan la disponibilidad de agua y la calidad del suelo (Informe país, 2019).

Esta evolución forestal contribuyó al crecimiento de la cantidad de los parches agrícolas como se demostró en la investigación. El aumento forestal provocó que terrenos agrícolas adoptaran otras formas perimetrales convirtiéndolas en vulnerable ante el “efecto borde”. Los restos largos, delgados y de forma compleja tienen proporcionalmente más borde o una mayor relación borde/núcleo ocasionando efectos negativos (Forman y Godron 1981, Saunders et al. 1991 en Environmental Law Institute, 2003) como la disminución del hábitat del núcleo (zona menos alterada por la matriz) (Bruna 2004 en Pincheira et al. 2009). Estos pueden influir en el flujo del viento, exposición al sol, agua y nutrientes que afectan a las comunidades vegetales dentro del núcleo (Saunders et al. 1991, Murcia 1995 en Environmental Law Institute, 2003).

De los 86 fragmentos agrícolas rodeados por forestales en el año 2020, 45 presentan un grado de fragilidad o exposición a la fragmentación y 41 se encuentran compactados o menos frágil ante perturbaciones. Esto se fundamenta en base al índice de Patton, índice que reveló la clara dominación de parches amorfos o irregulares repartidos entre el este y

oeste. También se identificó que la mayoría de los parches distribuidos en la comuna son de pequeño tamaño en comparación con la matriz, el tamaño de un parche es una señal significativa de la presencia de fragmentación y su impacto dentro de un paisaje, ya que los altos niveles de este proceso están asociados a predominancia de fragmentos de menores tamaños (Gigord et al. 1999, Armenteras et al. 2003, Fitzsimmons 2003, Cayuela et al. 2006 en Altamirano et al., 2007).

Conclusión

La industria forestal es considerada una fuente de empleo importante para las comunas, la región y a nivel país, sin embargo, existen razonables dudas sobre la convivencia armónica con otras actividades económicas desarrolladas o con proyección comercial. Tanto el sector forestal como la agroindustria presionan sobre los territorios con sus asentamientos, por lo que los campesinos son desplazados de sus tierras, entre otras cosas por el deterioro que ellas han sufrido, la falta de competitividad, los riesgos de las actividades primarias, los bajos precios de los productos primarios, la subdivisión de la propiedad, que va generando efectos negativos en la unidad productiva tradicional (Hermosilla et al. 2015). En efecto, el desarrollo de la actividad forestal y la consolidación de una agricultura basada en cultivos tradicionales han disminuido las posibilidades de empleo, lo que genera dudas sobre el real aporte al desarrollo de la comuna de la actividad forestal.

El quiebre y desequilibrio territorial que provoca la fragmentación es indudablemente cuestionable; problemática que es material de discusión al momento de propagación sobre territorios agrícolas. El encierro y la presión que sufren los pobladores rurales afecta toda una cultura ligada a la tradición agrícola familiar campesina, con métodos y herramientas no aptas en un suelo degradado por plantaciones forestales. La realidad es que mientras avance el modelo forestal tanto en la comuna como a nivel país, el sector rural se verá empobrecido y obligado a abandonar las raíces que los mantenía con sentimiento de pertenecía y arraigo.

Como se vio en los resultados anteriores de la figura 18, con la dinámica actual de fragmentación y cambio de uso de suelo, la dominación forestal seguirá creciendo exponencialmente sin tener medidas claras de cómo frenar o mitigar los daños productivos que se enfrentaran los campesinos. La gestión sobre estos casos es fundamental para mantener una cultura intacta y a la vez la subsistencia de muchas familias que dependen de la tierra para alimentarse y subsistir de manera digna. Estas medidas deben ir ligadas a

un ordenamiento territorial que permita al campesino distanciarse de parches forestales y mantener los predios vecinos intactos, facilitando así la producción en un suelo con minerales y agua necesarios. El modelo forestal no implica necesariamente una mejora en la economía, más bien un desorden, segregación y discriminación. La fragmentación agrícola es reflejo de aquello, alejando predios uno con otros, acorralándolos y destruyendo el hábitat de pobladores que abandonan y venden. Es por ello que el planteamiento de la problemática con sus distintos matices deja un pie al debate que conlleve a la armonización territorial, frenado el desequilibrio rural.

IX. Bibliografía

AGRARIA. (2005). Evaluación de Impacto. Programa bonificación forestal DL 701. Ministerio de Agricultura. CONAF. Santiago de Chile. 226 pp.

Aguayo, Pauchard, Azócar & Parra. (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, 361-374.

Alonso. (2020). Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel. 2021, de MappingGIS Sitio web: <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>

Altamirano, Echeverría & Lara. (2007). Efecto de la fragmentación forestal sobre la estructura vegetacional de las poblaciones amenazadas de Legrandia concinna (Myrtaceae) del centro-sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 80, 27-42.

Alul & González V. (2003). El impacto de la agricultura familiar campesina en la economía de la Región del Maule.

Alvarado M. & Delgadillo M. (2017). Procesos de cambio en la actividad agrícola e incidencia en la fragmentación territorial en el sur del estado de Tlaxcala. Revista de Geografía Agrícola, 58, 21-31.

Baeriswyl, F., Sartori A., Larenas B. & Guzmán J. (2006). Reforma Agraria y desarrollo rural en Chile. Santiago de Chile.

Badii, M. H. & J. Landeros. (2007). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. International Journal of Good Conscience., 2, 26-38.

Bellisario K. (2009). La cuestión de la tierra y la transición chilena al capitalismo agrario. Problemas del desarrollo, vol.40, no.156.

Bennett & Saunders. (2011). Habitat Fragmentation and Landscape Change. Conservation Biology for All: Oxford University Press.

Cid Aguayo. (2015). Economías Campesinas, Industria Forestal e Incendios: Inestabilidad Socionatural y la Agricultura como Resistencia. Ambiente & Sociedad v. XVIII, no. 1, São Paulo. Brasil. 99-120.

Cabaña. (2011). Reseña histórica de la aplicación del DL 701, de 1974, sobre Fomento Forestal. CONAF.

Camacho-Sanabria, Juan P., Pineda J., Cadena V., Bravo P. y Sánchez L. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. Madera y Bosques. Vol. 21, no. 1: 93-112.

Centro de Análisis de Políticas Públicas - Instituto de Asuntos Públicos. (2019). Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

CONAF. (2016). Decreto Ley 701 Cuarenta Años de Incentivos a la Forestación 1975-2015. Ministerio de Agricultura.

CONAF. (2019). Sistema de Información Territorial. Región de Ñuble.

<http://sit.conaf.cl/>

Contreras, Márquez & Valdés. (2016). Coyuntura Internacional III Proyección internacional de la Agricultura Familiar Campesina. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

Collinge, S. K. (1996) Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. Landscape and Urban Planning 36, 59–77

Donoso & Otero. (2005). Hacia una definición de país forestal: ¿Dónde se sitúa Chile?, *Bosque*, 26(3), 5-18.

Eastman (2007). La Verticalización De Los Sistemas De Información Geográfica. En: XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina.

Eastman (2012). IDRISI SELVA, Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes. Worcester, Massachusetts, Estados Unidos.: Clark University.

Escandón C., José Ordóñez D., Nieto de Pascual & María de Jesús Ordóñez D. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46).

FAO. (2011). Marco Estratégico de Mediano Plazo de Cooperación de la FAO en Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe.

Farfán, Cuervo-Robayo, Rodríguez-Tapia & Escalante. (2019). La biodiversidad en San Luis Potosí: Estudio de Estado. Cambio de uso de suelo: afectaciones y procesos: Conabio.

Figuerola, Gómez, Sánchez & Ulloa. (2014). Plan de Manejo Cuenca Río Diguillín. Concepción: Universidad de Concepción.

Fisher B, RK Turner, P Morling. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, 643-653.

Fischer, J., Lindemayer, D.B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: asynthesis. *Global Ecology and Biogeography*. 16, 265–280.

Frêne, C. & Núñez, M. (2010). Hacia un nuevo Modelo Forestal en Chile. *Revista Bosque Nativo* N° 47, 25 – 35.

Gac J., Flores C. & Thezá M. (2017). Reformas agrarias en América Latina y Chile: lecciones aprendidas sobre la controversia de la propiedad de la tierra. *Polis*, 16

Galván-Guevara, Ballut-Dajud y De La Ossa. (julio-diciembre, 2015). Determinación de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelín, Montes de María, Caribe, Colombia. *Biota Colombiana*, vol. 16, núm. 2, pp. 149-157.

Hermosilla, Acuña, Fawaz, Herrera, Rebolledo, Romo. (2015). Caracterización de la Provincia de Ñuble y una propuesta estratégica para el desarrollo del territorio. Concepción: Universidad del Bio-Bio.

Historia de la ley 20.488. Prorroga vigencia del decreto Ley N° 701, de 1974, y aumenta incentivos a la Forestación. Mensaje N° 122-358.

Lambin, E.F., BL. Turner, H.J. Geist, S.B. Agbola, A. Angelsen, J.W. Bruce, O.T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E.F. Moran, M. Mortimore, P.S Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G.D. Stone, U. Svedin, T.A. Veldkamp, C. Vogel y, J. Xu. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11(4): 261-269.

López G., Bocco & Mendoza C. (2000). Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. *Investigaciones geográficas*, no.45.

Mateu. (2016). El territorio valenciano, transformaciones ambientales y antrópicas. Valencia, España: Universitat de València.

McGarigal & Cushman. (2002). Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological Applications* 12: 335-345

Morales C. (2014). Determinación del comportamiento del flujo base y su relación con variables de estado hidrológicas en la cuenca del río Diguillín, Región del Bío-bío, Chile. Chillán, Chile: Universidad de Concepción.

Morlans. (2013). Estructura del paisaje (matriz, parches, bordes, corredores) sus funciones fragmentación del hábitat y su efecto borde. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca.

Navarro R, González G., Amparán S. & Flores V. (2015). Fragmentación y sus implicaciones Análisis y reflexión documental. Mexico: Universidad de Guadalajara.

Pincheira-Ulbrich, Rau, Peña-Cortés. (December 2009). Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos. Revista Internacional de Botánica Experimental, 78, 121-128.

Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), comuna de San Ignacio 2014-2018

Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), comuna de Yumbel 2016-2019

Pontius, R. G. 2000. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 66(8):1011-1016.

Prado D. (2019). Plantaciones Forestales, Más allá de los árboles. CORMA.

Rosenblitt, Correa & Hajek. (2001). La modernización de la agricultura chilena. Pobreza y medio ambiente después de la reestructuración productiva. Revista de Humanidades y Ciencias Sociales, No. 50.

The Environmental Law Institute. (2003). Conservation Thresholds for Land Use Planners. Washington D.C.

Thezá M., Flores C. & Gac J. (2017). Reforma Agraria en Chile, ¿Palimpsesto de otra ruralidad? Reflexiones y propuestas. Polis, 16.

Torres-Salinas, Azócar, García, Henríquez, Zambrano-Bigiarini, Costa & Bolin. (2016). Desarrollo forestal, escasez hídrica, y la protesta social Mapuche por la justicia ambiental en Chile. *Ambient. soc.*,19(1).

Trucíos C., Estrada Á., Cerano P. & Rivera G. (2011). Interpretación del cambio en vegetación y uso de suelo. *Terra Latinoamericana*, vol.29, no.4.

Turner, M.G. (1990). Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*. 4(1): 21–30.

Sánchez-Galán. (2020). Pobreza rural y agricultura familiar: Reflexiones en el contexto de América Latina. *Revista Científica Semilla del Este*, vol. 1, no. 1.

Sarduy Domínguez. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana Salud Pública*, vol. 33, no. 3.

Sepúlveda-Varas, Saavedra-Briones & Esse. (2019). Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una subcuenca preandina chilena. Herramienta para la sustentabilidad productiva de un territorio. *Revista de geografía Norte Grande*, no.72.

Soulé, M. (1991). Land use planning and wildlife maintenance: Guidelines for conserving wildlife in an urban landscape. *Journal of the American Planning Assoc.* 57(3):313-323.

Sousa, Caeiro & Painho (2002). Assessment of map similarity of categorical maps using kappa statistics The Case of Sado Estuary.

Williams, G. (1991). Los bordes de selvas y bosques. *Ciencia y Desarrollo*, 17(97), pp. 65-71.