Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias

Plan de Ordenamiento Territorial para optimizar la producción de agua en la Cuenca del Río Leufucade, Región de Los Ríos

Trabajo de titulación presentado a la Escuela de Geografía de la Universidad Austral de Chile en cumplimiento de los requisitos para optar al grado de Geógrafa.

María José Oyarzo Hernández

Profesor Guía: Adriano Rovira Pinto
Profesores Informantes: Roberto Martinic
Marcela Osorio

Septiembre del 2018

Valdivia, Chile

Índice de contenidos

Lista de tablas 5

Lista de figuras 6

Resumen 8

1. Introducción 9

2. Área de estudio 10

3. Objetivos del trabajo de investigación 12

4. Problemática 13

5. Marco teórico 17

5.1. Sistema territorial y ordenamiento territorial 17

5.2. Cuenca hidrográfica 18

5.3. Conceptualización del OT en cuencas 18

5.4. Las cuencas hidrográficas como unidad de planificación 19

5.5. Gestión Integrada de cuencas hidrográficas 20

5.5.1. Clasificación de entidades de gestión de cuencas 24

5.5.2. Gestión sustentable de cuencas 25

5.6. Situación nacional en gestión de cuencas 26

5.7. Disponibilidad de agua en Chile 27

5.7.1. Cambio climático global 29

5.7.2. Mayor demanda de consumo de agua 30

5.7.3. Cambios en los usos de suelo 30

5.8. Factores que indicen en la producción y calidad de agua 31

5.8.1. Factores físicos 31

5.8.1.1. Clima 31

5.8.1.2. Suelo 31

5.8.1.3. Topografía 32

5.8.1.4. Cobertura vegetal 33

5.8.1.5 Índices de escorrentía de coberturas vegetales 34

5.8.2. Factores socioeconómicos 36

5.8.2.1. Población 36

5.8.2.2. Desarrollo industrial 36

5.8.1.3. Aspectos sociales 37
6. Metodología 38
6.1. Inventario para la recopilación de información de la cuenca en estudio 38
6.2. Diagnóstico 38
6.2.1. Diagnóstico de las comunidades indígenas y centros poblados 39
6.2.2. Diagnóstico de la cuenca del Río Leufucade respecto a sus actividades socioeconómicas. 39
6.2.3. Diagnóstico hídrico de la cuenca 39
6.3. Escenarios 39
6.3.1. Escenario 1: Conservacionista 40
6.3.2. Escenario 2: Proteccionista 43
7. Resultados 44
7.1. Inventario 44
7.1.1. Características biofísicas 44
7.1.2. Usos de suelo 47
7.1.2.1. Plantaciones forestales 48
7.1.2.2. Praderas y matorrales 48
7.1.2.3. Bosque nativo y mixto 49
7.1.2.4. Terrenos de uso agrícola y rotación cultivo-pradera 50
7.1.2.5. Ciudades, pueblos y zonas industriales 50
7.1.3. Calidad del suelo de uso agrícola 50
7.1.3.1. Evaluación de la producción de sitios forestales 54
7.1.4. Características demográficas 56
7.1.5. Actividades económicas 60
7.2. Diagnostico 61
7.2.1. Diagnóstico de las comunidades mapuches y centros poblados 61
7.2.2. Diagnóstico de las actividades económicas 64
7.2.3. Diagnostico hídrico de la cuenca del Río Leufucade 68
7.2.4. Usos de suelo de la cuenca del Río Leufucade 71
7.2.5. Diagnostico general de la cuenca del Río Leufucade 73
7.3. Plan de ordenamiento territorial 75
7.3.1. Escenarios 1: Conservacionista 75
7.3.1.1. Bosque Nativo 77
7.3.1.2. Plantaciones forestales 79

7.3.1.3. Praderas 82
7.3.1.4. Matorrales 83
7.3.1.5. Zona agrícola **84**
7.3.1.6. Otros usos de suelo 84
7.3.2. Escenario 2: Proteccionista 8**5**
7.3.2.1. Bosque Nativo 87
7.3.2.2. Praderas **89**
7.3.2.3. Matorrales 90
7.3.2.4. Zona agrícola **91**
7.3.2.5. Otros usos 91
7.3.3. Cambio de escorrentía en función al uso de suelo 91
7.3.3.1. Escorrentía anual 91
7.3.3.2. Escorrentía mensual 93
8. Discusión 95
8.1. Influencia de los usos de suelo en la escorrentía 97
8.2. Variaciones hidrológicas del Río Leufucade 97
8.3. Institucionalidad publica chilena y marco normativo en torno a los recursos hídricos 99
9. Conclusión 102
10. Referencias 103

Lista de tablas

Tabla 1. Definición de las prioridades de uso de suelo en funcion de la relación entre Clase de suelo y Calidad de sitio forestal. 41

Tabla 2 Precipitaciones mensuales de la cuenca del Rio Leufucade entre los años 2014 y 2017 44

Tabla 3 Caudales mensuales de la cuenca del Rio Leufucade entre los años 2014 y 2017....44

Tabla 4 Yacimientos minerales metálicos en la cuenca del Río Leufucade 45

Tabla 5. Plantaciones Forestales presentes en la cuenca 48

Tabla 6. Praderas y Matorrales presentes en la cuenca. 48

Tabla 7 Especies vegetales presentes en Bosques Nativos y Mixtos de la cuenca 49

Tabla 8 Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología (1981)....53

Tabla 9. Criterios para evaluar la calidad de sitio forestal 54

Tabla 10. Localidades rurales según comuna presentes en la cuenca del Río Leufucade 57

Tabla 11 Comunidades indígenas constituidas y reconocidas oficialmente por la Corporación de Desarrollo Indígena (CONADI) que se encuentran presentes en la cuenca del Río Leufucade. 58

Tabla 12 Análisis Foda de la cuenca del Río Leufucade 74

Tabla 13. Cálculo de la escorrentía estimado para la cuenca del Río Leufucade en los tres escenarios analizados en este trabajo (Actual, Conservacionista y Proteccionista). 92

Lista de figuras

Figura 1. Área de estudio: Cuenca del Río Leufucade **11**

Figura 2. Representación de las primordiales tres fases de un ordenamiento territorial: Diagnostico Territorial, Planificación Territorial y Gestión Territorial. **17**

Figura 3. Jerarquización de acciones de gestión en cuencas hidrográficas..... **23**

Figura 4. Representa una matriz que estable la relación entre las etapas de gestión y los objetivos de la gestión **24**

Figura 5. Geomorfología de la cuenca del Río Leufucade **46**

Figura 6. Distribución de los usos del suelo de la cuenca del Leufucade..... **47**

Figura 7. Clases de suelo agrícola de la cuenca del Rio Leufucade. **51**

Figura 8. Zonas de calidad de sitio forestal de la cuenca del Río Leufucade **55**

Figura 9. Centros poblados presentes en la Cuenca del Río Leufucade **56**

Figura 10. Comunidades indígenas presentes en la cuenca del Río Leufucade **59**

Figura 11. Análisis de porcentaje de disminución de precipitaciones en la Región de los Ríos según datos de estaciones de la DGA. **71**

Figura 12. Propuesta de ordenamiento territorial. Escenario conservacionista **75**

Figura 13. Cambio de los porcentajes de cobertura de uso de suelo **76**

Figura 14. Cambio de uso de suelo de la zona de calidad sitio 2-0.5. ..... **77**

Figura 15. Cambio de uso de suelo de platanciones exóticas a bosque nativo según el criterio de cota mayor a 500..... **78**

Figura 16. Cambio de uso de suelo de platanciones exóticas a bosque nativo según cota de la zona 2-0.1. ..... **79**

Figura 17. Cambio de uso de suelo de platanciones exóticas a praderas según la evaluación de calidad de sitio forestal **80**

Figura 18. Cambio de uso de suelo de platanciones exóticas a bosque nativo según evaluación de sitio forestal y clases de sitios agrícolas..... **81**

Figura 19. Cambio de uso de suelo de praderas a bosque nativo, según clase de suelo agrícola. 8**2**

Figura 20. Cambio de uso de suelo de matorral a plantación forestal **83**

Figura 21. Cambio de zonas agrícolas a plantaciones exóticas y bosque nativo. **84**

Figura 22. Propuesta de usos de usos de suelos para el escenario proteccionista **85**

Figura 23. Cambio de los porcentajes de cobertura de uso de suelo. Comparación entre la situación actual con el Escenario 2 ..... **86**

Figura 24. Cambio de uso de suelo de plantaciones exóticas a bosque nativo. **87**

Figura 25. Cambio de uso de suelo de praderas y plantaciones exóticas a bosque nativo **88**

Figura 26. Cambio de uso de suelo de praderas a bosque nativo. **89**

Figura 27. Cambios de uso de suelo de praderas a bosque nativo 90
Figura 28. Escorrentía mensual de la cuenca del Río Leufucade **94**
Figura 29. Diferencia de escorrentía del Escenario actual entre la escorrentía real y la escorrentía estimada...98

Resumen

El presente trabajo de investigación realiza un análisis y evaluación del ordenamiento territorial aplicado en la cuenca hidrográfica del Río Leufucade con el fin de optimizar la producción de agua. Mediante la identificación de la ordenación social, económica y ambiental se obtuvo la imagen actual de la cuenca en estudio, para posteriormente realizar un diagnóstico, en el cual se identificó sus problemáticas y potencialidades. Junto con estos datos, se elaboraron dos escenarios; uno proteccionista y otro conservacionista, siendo cada uno de ellos creados según diferentes criterios, tales como, calidad de sitio agrícola y calidad de sitio forestal. Al analizar la escorrentía en función de los cambios de uso de suelo de los dos escenarios, existió una disminución de la escorrentía en ambos escenarios. En el conservacionista existió una disminución de la escorrentía del 8%, mientras que en el proteccionista se redujo en un 30%. Esto hace evidente la influencia de los cambios de la cobertura vegetal sobre la producción de agua y como el ordenamiento sirve como una herramienta fundamental para gestionar de manera eficiente en el territorio y los recursos hídricos.

Palabras clave: *Ordenamiento territorial, usos de suelo, escorrentía.*

Abstract

The present investigation realizes an analysis and evaluation of the land management applied in the river basin of the Leufucade River, in order to optimize the water production. By means of the identification of the social, economic and environmental management, the current image of the basin under study was obtained, to later make a diagnosis, in which its problems and potentialities were identified. Along with these data, two scenarios were developed; one protectionist and another conservationist, each one being created according to different criteria, such as, quality of agricultural site and quality of forest site. When analyzing runoff based on changes in land use of the two scenarios, there was a decrease in runoff in both scenarios. In the conservationist there was a decrease in runoff of 8%, while in the protectionist it was reduced by 30%. This makes evident the influence of changes in plant cover on water production and as the order serves as a fundamental tool for managing efficiently in the territory and water resources.

Keywords: *Territorial management, Land cover, Runoff*

1. Introducción

Las actividades del hombre frente al medio se relacionan según distintos factores de diversa naturaleza como: ecológico-ambientales, sociales, históricos, económicos, políticos y espaciales o geopolíticos. Estas interacciones buscan satisfacer necesidades individuales y colectivas. Por tanto, el bienestar de las personas responde a las interrelaciones entre el hombre y la naturaleza, es decir, entre la sociedad y su base territorial. Esta interacción es en función del grado de desarrollo de sus fuerzas productivas y de los equilibrios que se plantean entre el uso, la explotación y la conservación de los recursos disponibles (Briceño,1997).

La seguridad en el suministro del agua es considerada como estratégica, debido a que este recurso es fuente de poder y de conflictos sociopolíticos, además de ser un recurso muy importante en cuanto a las nuevas políticas de desarrollo sustentable. Una gestión no eficiente del agua provoca situaciones de inequidad, puesto que, suelen tener enfoques rígidos que no consideran todos los factores ni los actores que se involucran en este recurso, afectando al medioambiente en general. (Ruíz, 2004). Las cuencas hidrográficas han demostrado ser un gran potencial para entender y organizar la relación entre la sociedad y la naturaleza en espacios geográficos específicos, lo que ha causado que estas unidades geográficas sean asociadas en la gestión del espacio y en la toma de decisiones (Burgos, Bocco & Ramirez, 2015). Un manejo integrado de cuencas tiene como finalidad, conseguir un equilibrio entre el aprovechamiento económico y el manejo ambiental, lo que repercutirá en el equilibrio social, ambiental y económico, colaborando a la sustentabilidad ambiental y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. (Madroñero, 2006).

Es necesario mencionar que en las últimas décadas el crecimiento económico de Chile ha causado efectos secundarios indeseados, por ejemplo, problemas de contaminación de las aguas, incremento de residuos industriales y urbanos, pérdida de biodiversidad, entre otros. Por lo tanto, la competencia por los recursos naturales, particularmente por el agua es cada vez mayor generando conflictos económicos, políticos y ambientales (Parra, 2009). Actualmente, la presión del hombre sobre las cuencas hidrográficas es tan fuerte que su efecto genera cambios en los ecosistemas, causando que puedan cambiar por completo de manera perjudicial para el hombre (Gaspari, 2007).

La cuenca del Río Leufucade no es ajena a las problemáticas mencionadas, además los efectos del cambio climático global se evidencian en la reducción de precipitaciones y, por ende, en el caudal de la cuenca en estudio. El agua es uno de los recursos que deberá resistir a las mayores amenazas durante este siglo en Chile, debido al excesivo consumo y a la reducción de su disponibilidad debido a los cambios que está experimentando y que probablemente seguirá experimentando el régimen de lluvias (ODEPA, 2016).

En este contexto, las preguntas de investigación que se abordan en este trabajo se centran en responder cómo y en qué medida el ordenamiento integral en cuencas puede generar una mayor producción de agua, específicamente en la cuenca del Río Leufucade, Región de Los Ríos. A partir de los resultados, se pretende proporcionar antecedentes objetivos que orienten la planificación y toma de decisiones hacia una gestión integrada y sustentable de cuencas hidrográficas.

2. Área de estudio

La cuenca hidrográfica del Río Leufucade o *Levufucade* es una cuenca exorreica de carácter pluvial localizada a una altitud media de 109 metros sobre el nivel del mar en la Región de Los Ríos- Chile (Lat. 39° 27' 00" S; Long 72° 48' 00" W). Se origina mediante la unión de varios esteros que surgen desde el oeste de la localidad de Panguipulli, al pie de los cordones de morrenas terminales de los lagos Calafquen y Panguipulli (Figura 1). Se expone que, durante los periodos glaciares, los lagos Panguipulli y Calafquen habrían desaguado mediante el valle del Río Leufucade y otros ríos que se fusionan en un punto valle abajo (Davis & Karzulovic ,1961). El Río Leufucade fluye desde el sureste al noroeste de la región, cursando de manera paralela con la ruta 203 CH la cual une la ciudad de Panguipulli con Lanco. [1]

El Rio Leufucade recibe aguas del estero Huellahue, Rio Miñaquereo, estero Huillelefun el cual está cercano a la localidad de Malalhue, el Río Antilhue el cual está cercano a la localidad de Quilche, Estero Alhuemanque, Estero Pucafil, Estero Huillileufu, Estero Puquine, Estero Loncoche, Estero Cudico y Estero Cuinco. El Rio Leufucade se une al Rio Cruces en la ciudad de Lanco siendo el Rio Leufucade el principal afluente del Rio Cruces creando así un solo valle hasta San Jose de la Mariquina.[2]

El Río Leufucade junto a otros cauces superficiales generan una red de drenaje mayor que se adhieren finalmente al Rio Valdivia el cual desemboca en el puerto de Corral con una aproximación de gasto estimado de unos 1,000 metros cúbicos/segundo (Davis, et al 1961).

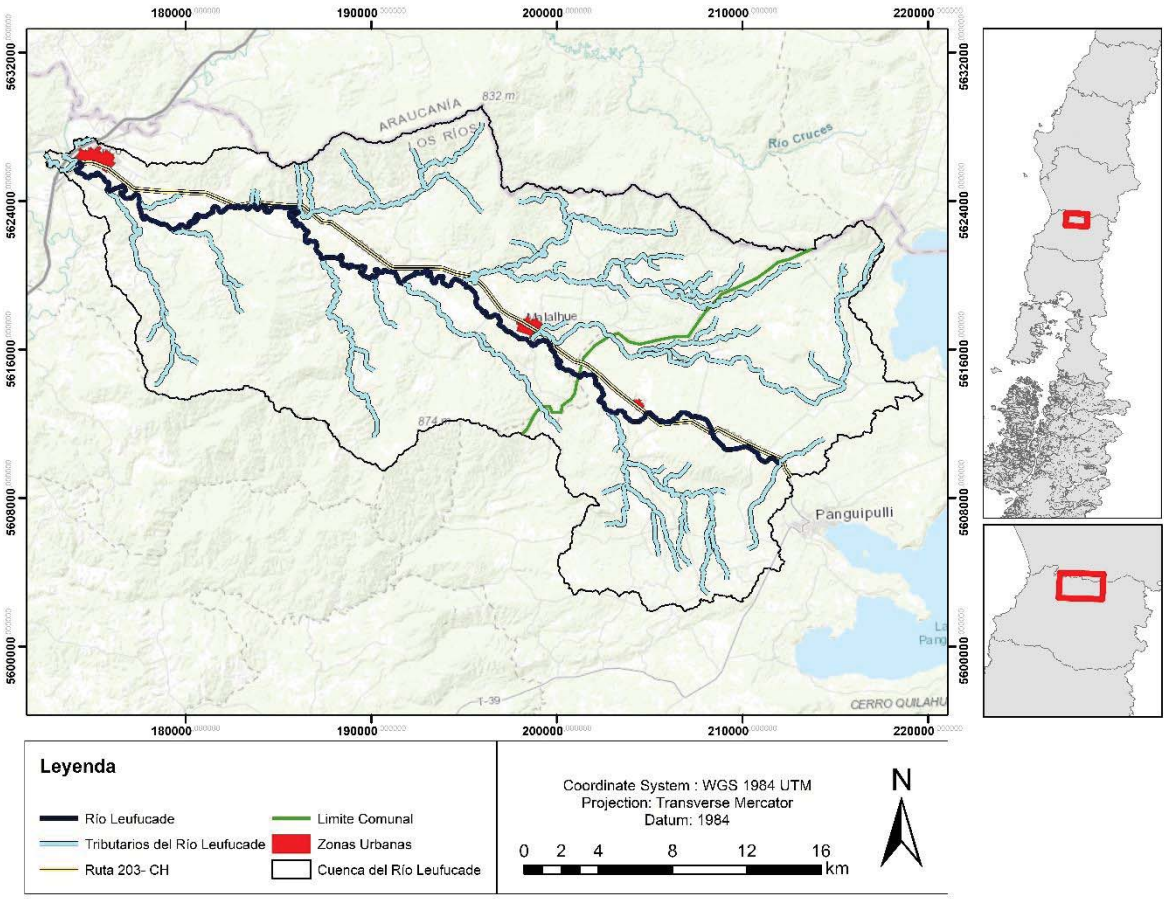
Para la localidad de Lanco el Rio Leufucade ha actuado como un limitante geográfico en cuanto a la expansión urbana hacia el sur oeste de la ciudad. Además, al juntarse con el río Cruces genera inundaciones periódicas puesto que existe una limitada capacidad de cauce, efecto de su baja pendiente y cuantiosas curvas[3] ocasionando una cierta incapacidad del Rio Cruces para recibir agua del Río Leufucade [4]. Asimismo, en el poblado de Lanco existen extensas superficies excavadas para la sustracción de agregados de concreto, que abarcan depósitos de arena y gravas fluviales las cuales son granulometría media y gruesa que continúan por el Rio Leufucade. Por consiguiente, en el Río Cruces hacia su desembocadura se reduce su granulometría encontrando ya en la sección final de la red de drenaje sedimentos más finos.

Identidades colectivas se han establecido a las orillas del Río Leufucade en el pasado, puesto que, representa un lugar estratégico para sus prácticas espaciales altamente vinculadas a experiencias paisajísticas, siendo así, para las comunidades un adecuado lugar para su constitución y sus relaciones. (Skewes.J, Solari. M, Guerra.D & Jalabert. D, 2012) Asimismo, la cuenca en estudio posee zonas de

[1] El Río Leufucade nace en la comuna de Panguipulli y cruza la comuna de Lanco.
[2] http://siit2.bcn.cl/mapoteca
[3] Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico 2018. pág. 116
[4] Véase: Sesión Ordinaria del Concejo Municipal. Jueves 02 de Julio de 2009

patrimonio arquitectónico[5] y zonas de interés arqueológico (16 en total) [6] . Además de una zona protegida privada en la localidad de Melefquen de carácter indígena- Asociación gremial.

Figura 1. Área de estudio: Cuenca del Río Leufucade



[5] Cementerio Lanco (Conjunto religioso), Aserradero Lanco, por mencionar algunas

[6] Ubicadas en Santa Isabel, Aylen, Lumaco 1, Estero Quemche, Maripan, Treulen, entre otras.

3. Objetivos del trabajo de investigación

Objetivo General

Desarrollar un plan de ordenamiento territorial en la cuenca del rio Leufucade en la Región de Los Ríos que logre optimizar un manejo adecuado en la producción de agua con la finalidad de generar un recurso hídrico con mayor estabilidad.

Objetivos específicos

1.- Identificar y analizar la configuración actual de la ordenación del territorio en la cuenca del Río Leufucade para obtener la condición actual, sin proyecto, de la hoya hidrográfica

2.- Diagnosticar y comprender las problemáticas y potencialidades que presenta la configuración del territorio en la cuenca del Río Leufucade

3.- Crear un plan eficiente y viable en la ordenación del territorio de la cuenca del Río Leufucade, con carácter proteccionista del recurso hídrico, en pos del mejoramiento de la producción de agua.

Pregunta de Investigación

¿Es posible optimizar la producción de agua a través de un plan de ordenamiento territorial?

4. Problemática

Ordenar y analizar territorialmente cuencas hidrográficas es esencial para lograr satisfacer problemas ambientales, sociales y económicos en el planeta, razón por la cual resulta imprescindible organizar de manera óptima la distribución y producción del agua para obtener sus potencialidades hídricas (SUBDERE, 2013).

Un ordenamiento territorial aplicado en cuencas asegura la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales de esta, por lo que, planificadores han querido recalcar la prioridad que desencadena un manejo adecuado para la unidad geográfica en cuestión, sobre todo, en localidades donde ya existen conflictos hídricos (Ministerio del Medio Ambiente y Energía República de Costa Rica, 2003).

Con el propósito de elaborar, preservar y asegurar un desarrollo sostenible es de vital importancia crear una adecuada conformación del ambiente. El agua es un importante factor ecológico, siendo las hoyas hidrográficas, un elemento clave para el ciclo hidrológico en el modo de apresar y concentrar agua (Donoso, 1981).

La diversa localización de las fuentes de agua a nivel mundial y la alta demanda de este recurso por el aumento demográfico, originaron un incremento de estudios en materia hídrica lo cual es un condicionante para el ordenamiento de las comunidades como para la conservación del recurso (Ferrer,2013).

Considerando las diversas aristas de planificación en cuencas hidrográficas de manera global, cabe destacar las estrategias territoriales europeas (ETE) en conjunto con sus políticas nacionales y los sistemas de ordenamiento territorial aplicados en Europa. Los recursos naturales de Europa se ven amenazados por diferentes presiones tanto externas como internas por lo que consideran necesario otorgar protección y una gestión adecuada de las zonas amenazadas en sus estrategias de ordenamiento. El agua representa un recurso vital para su territorio, por lo que, necesitan garantizar el suministro de agua tanto cuantitativo como cualitativo. Existen diferentes problemas con la vastedad del agua en las distintas regiones de Europa, incluso de aspecto transnacional, por lo que, se considera necesario una cooperación de las fronteras administrativas para lograr una adecuada administración del recurso, sobre todo, en cuencas fluviales, para la protección de estas en temas de; inundaciones, prevención de sequias, entre otras. Una adecuada planificación del territorio y uso de suelo puede mejorar considerablemente la calidad y producción de agua sobre todo en las regiones mediterráneas donde la demanda de agua es alta. Es así, como en esta estrategia, proponen; mejorar el equilibrio entre el suministro y la demanda de agua, promover el desarrollo y la aplicación de instrumentos para la gestión de este recurso, velar por la conservación de zonas amenazadas por la extracción excesiva de agua o desviación de afluentes, entre otras (Comité de Desarrollo Territorial, 1999) Estrategia *Territorial Europea* Potsdam, Alemania).

Estas estrategias, implicaron la concordancia y la organización de políticas nacionales en la ordenación del territorio. Las revisiones y adaptaciones de la ETE concluyeron en la creación de la Agenda Territorial Europea en el 2007, en este mismo año, se constituye una política compartida entre la Unión Europea y

los Estados miembros, sobre cohesión económica, social y territorial, a través de los fondos estructurales y de cohesión con importantes impactos territoriales. La Agenda Europea 2020 que fue adaptada en el año 2011, es el primordial instrumento orientador para las políticas nacionales en ordenación territorial de los estados miembros.[7]

En América Latina el ordenamiento territorial se inicia en la década de los ochenta, de carácter diverso, relacionada con políticas ambientales, urbanísticas, de desarrollo económico y descentralización. En la mayoría de los países latinoamericanos se considera a la ordenación del territorio como una práctica planificada, complementaria de la planificación sectorial en la cual se puede otorgar un tratamiento integral a cierta problemática de los territorios, sin embargo, no existe un claro mecanismo de articulación en cuanto a sus instrumentos necesarios para concertar las gestiones sectoriales y territoriales , ni sobre sus diferencias y complementariedades, es por esto que se crea una confusión entre planificación ambiental y urbanismo. Además, en gran cantidad de países la ordenación territorial es débil, en cuanto a materia legal, no cuenta con normas específicas reguladoras.

Con respecto a la capacidad técnico - científica existe una gran disputa, puesto que la demanda de la calidad de información que exhorta los estudios y diagnósticos para la elaboración de planes de ordenamiento territorial, sobre todo en materia de cuencas, son débiles. Gran parte de los países latinoamericanos, escasean en cuanto a los sistemas nacionales de producción de información territorial que estructuren y organicen ciertas instituciones. En general, todas estas condicionantes generan una fragmentación en la ordenación que no colabora con un manejo racional del territorio (Massiris ,2002).

Acorde al nivel nacional, el ordenamiento territorial concentrado en cuencas es aún escaso e insuficiente para nuestra cobertura nacional. En Chile el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) es un instrumento de planificación elaborado por el Gobierno Regional que cuenta con una duración de 10 años de carácter indicativo que tiene como finalidad *"orientar y armonizar las acciones de los diversos órganos de la Administración del Estado en la región, así como también informa a los agentes privados el modelo de desarrollo del territorio, lo que comprende tanto su dimensión geográfica como su dimensión de sustentabilidad, referida a la seguridad de que el resultado mantenga su validez en un mediano y largo plazo, dado que el instrumento surge de acuerdos sociales o socialmente construidos"*[8]. El PROT además posee un método que permite la espacialización de los objetivos económicos, sociales, culturales y ecológicos de la sociedad, analizado mediante un conocimiento técnico-científico en la toma de decisiones de un territorio considerando las limitantes y potencialidades que este atesore (PROT, 2011).

Uno de los cinco componentes del PROT es la creación de la "Guía de Análisis del Sistema de Cuencas Hidrográficas" que forma parte de la estrategia desarrollada por la SUBDERE (Subsecretaria el Desarrollo Regional y Administrativo), para lograr ayudar al proceso de instalación de competencias técnicas con el propósito de integrar las cuencas hidrográficas nacionales a los procesos de planificación territorial.

---

[7] Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Ordenamiento territorial en la Unión Europea.* Roma, Italia.

[8] Gobierno Regional de Aysén, SERPLAC, GTZ, 2005.11p

A nivel nacional, resulta necesario un análisis adecuado en las cuencas hidrográficas, dado que, se han generado preocupaciones y debates públicos sobre la ascendencia de problemas que ha producido una falta de un instrumento organizador para esta unidad geográfica. Problemas de carácter social, económico y ambiental no son ajenos a nuestro país; el desabastecimiento hídrico, los cambios de patrones de precipitación, la creciente competencia y conflictividad del agua, la alta sobreexplotación y subutilización de los recursos hídricos, son algunas de las tantas materias en disputa que persisten a lo largo del territorio nacional (SUBDERE,2013).

A su vez, el marco jurídico económico en cuanto a la explotación y exportación de recursos ha sido de un alto porcentaje, no obstante, el "éxito" de este modelo presenta limitaciones para lograr asumir eficientemente la gestión de las múltiples interacciones que nacen entre los actores presentes en una cuenca hidrográfica y sus correspondientes políticas sectoriales. Esta fragilidad representa una situación nacional un tanto común en relación con los recursos hídricos, puesto que es visto en forma fragmentada la cual se ha observado en el nuevo marco jurídico- económico, al otorgarse un mayor nivel de decisión a la iniciativa individual y disminuir el rol regulador del Estado (Peña ,2003).

Según Peña (2003), las cuencas chilenas cuentan con problemas específicos cuya solución adecuada podría ser resuelta en una gestión integrada y participativa del recurso. De manera sucinta ellos se pueden resumir en las siguientes temáticas:

- Ciertas políticas sectoriales y proyectos en cuanto a la oferta o demanda de los recursos hídricos suelen resultar desorganizados e incluso incoherentes. Conflictos comúnmente en relación con planes de desarrollo urbano.
- Manejo de los recursos hídricos a nivel de secciones y no a nivel de cuencas lo que ocasiona un límite a la hora de incluir proyectos. (ej. Control de crecidas, planes de descontaminación)
- Interrupciones entre el uso de aguas subterráneas y superficiales, estas actualmente son manejadas de manera independiente, dejando de lado las ventajas que se pueden obtener de su uso y manejo en conjunto.
- Existe una gestión independiente en relación a la calidad y cantidad de agua, esta situación crea un elevado contraste a la interdependencia entre las cargas de contaminantes y los caudales de dilución.
- Existe una deficiencia en prácticas que logren dar respuestas apropiadas sobre los problemas que afectan a una cuenca como el control de crecidas, inundaciones, entre otros.
- Deficiencia en otorgar respuestas adecuadas a los impactos que afectan a un país en materia de gestión hídrica, por ejemplo, para las sequias extremas, las que transcienden múltiples efectos en cuanto a los actores que se relacionan con las cuencas y los programas requeridos para mitigar ciertos problemas que puedan surgir en cuando a la gestión integral.

El cambio climático es uno de los tópicos globales más relevantes y mediáticos del último tiempo que, definitivamente no disminuirá de importancia en los próximos años. Variados son los estudios y modelos que analizan los posibles cambios futuros que esta variabilidad climática antrópica generaría sobre los territorios y sobre las comunidades que en ellos habitan (p.e. IPCC). En Chile, se han generado diversos

reportes que vaticinan una significativa disminución de las precipitaciones. Esto se puede comparar con los datos obtenidos de la base de datos de la DGA, en la cual se observa una tendencia a la disminución de las precipitaciones en la mayoría de las estaciones hidro-meteorológicas de la Región de Los Ríos, como también para la cuenca del Río Leufucade. Cabe mencionar que extensos y continuos registros de precipitación instrumental son escasos en Chile.

Estas problemáticas a nivel nacional reflejan la falta de instancias y espacios para resolver ciertos dilemas de manera equilibrada, lo que conlleva a los descuidos de crear una optimización de los sistemas en su conjunto. Además, se debe agregar que la gestión sustentable a nivel nacional nos enfrenta al desafío de una nueva concepción del territorio, considerando su diseño y planificación de políticas públicas. Un territorio que abarca una cuenca incluye varios territorios político- administrativos, lo que genera diferentes instituciones que participan en la gestión. Por lo que, la gestión y administración debe considerar espacios que contemplen varios territorios comunales (Chile Sustentable, 2004). Cabe mencionar, que Chile no cuenta con una Ley única de protección y utilización de cuencas que logre definir y establecer normas o pautas de preservación, conservación y utilización. No obstante, se han dictado diferentes materias legales, reglamentarias e instrumentos económicos de fomento sectorial para participar en la conservación de los recursos naturales en unidad de cuencas hidrográficas. Asimismo, tampoco posee una ley de conservación de suelos y agua que logre establecer normas para la regulación y distribución para lograr su aplicación a un nivel de cuencas.

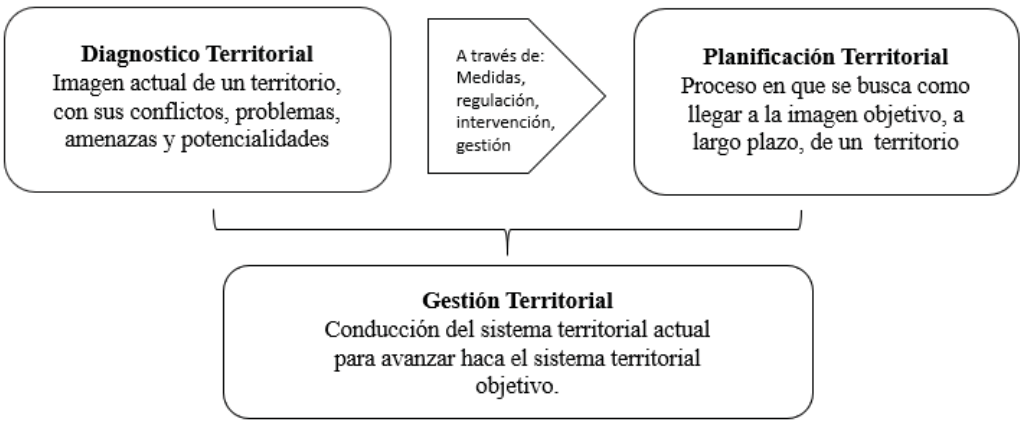
5. Marco teórico

5.1. Sistema territorial y ordenamiento territorial

El sistema territorial es una construcción social inevitable que representa el modo de desarrollo de una sociedad. Se forma mediante las actividades que la población realiza sobre el medio físico y las interacciones que se producen entre ellas mediante canales de relación que proporcionan funcionalidad al sistema. La formación de este sistema es un proceso evolutivo del hombre, siendo significativa la aparición de la agricultura, la cual dio pie a un crecimiento de la población y divisiones de trabajo asociadas a nuevos trabajos y usos de suelo. La población se estructura y organiza en grupos de interés y genera instituciones, así como normas legales que velan por un sistema territorial equilibrado. En todo sistema territorial hay un tipo de planificación debido a que siempre hay alguien que reflexiona sobre la situación actual y su perspectiva a futuro, siendo un sistema muy complejo, por lo cual, se realizan modelos para poder interpretarlo.

El ordenamiento territorial es una función básica de los poderes públicos orientada a resolver conflictos de interés común, de manera participativa entre los agentes socioeconómicos y transparente en un horizonte de largo plazo, en donde se evalúa "lo que se debe hacer" y lo que "no se debe hacer", además de resolver los problemas actuales y prevenir los potenciales. En este sentido, ordenar un territorio significa identificar, distribuir, organizar y regular las actividades humanas en ese territorio en relación con ciertos criterios y prioridades, se hace operativa a través de un sistema de planes, previstos en legislación especifica y no especifica, que se ejecutan en ciclos sucesivos de tres fases: (1) Diagnostico (2) Planificación y (3) Gestión (Figura 2), cuya elaboración, aprobación y aplicación debe ser realizada por la Administración Pública, además de una aproximación tecnocientífica, participación pública y la concertación de agentes económicos (Gómez Orea, 2007).

Figura 2. Representación de las primordiales tres fases de un ordenamiento territorial: Diagnostico Territorial, Planificación Territorial y Gestión Territorial.



5.2. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica corresponde a una unidad territorial definida por límites físicos, de acuerdo con la zona de escurrimiento de las aguas superficiales, que convergen en un mismo cauce. De la misma manera una cuenca junto a sus recursos y sus habitantes posee condiciones físicas, biológicas, económicas y sociales que le confieren características en común (SUBDERE, 2013). Según Parra (2009). entre los componentes básicos que constituyen un sistema de cuencas se deben considerar los siguientes:

I. Elementos Naturales: Agua, Suelo, Vegetación y Clima
II. Elementos Antrópicos- Socioeconómicos: Infraestructura, tecnología, niveles de calidad de vida.
III. Elementos Jurídico-institucionales: Normas reguladoras del uso de los recursos, políticas de desarrollo e instituciones involucradas.

5.3. Conceptualización del ordenamiento territorial en cuencas.

El pensamiento de ordenación de cuencas hidrográficas se relaciona y destaca en conocer y profundizar sobre su esencia o naturaleza, su campo y objeto de acción, su relevancia y los objetivos que persigue (Ovalles, et al 2008). Al estudiar y analizar conceptos y teorías sobre la ordenación de cuencas hidrográficas se deduce comúnmente que no existe una definición exacta que logre satisfacer todas las características y particularidades que contiene esta unidad geográfica.

Según Ovalles y Méndez (2008) el concepto de ordenación de cuencas hidrográficas lo atribuyen a una política de Estado y sociedad, con la finalidad de; conocer, promover , regular y administrar el manejo, preservación y conservación del agua, en conjunto con los recursos naturales, sociales y ecosistemas estratégicos, además, de considerar los peligros naturales en la ocupación y uso de la tierra, en cuanto a; localización de las actividades económicas , organización de la red de centros poblados y espacios rurales, además, de la cobertura de infraestructura de servicios, obras hidráulicas, red vial, rasgos de orden cultural y político- institucional, con la finalidad de alcanzar objetivos del desarrollo integral y sostenible.

Si bien es dudoso encontrar una definición exacta, las que están disponibles suelen tener ciertos puntos en común (Ovalle et al, 2008):

- Se percibe como un proceso de planificación y una política de Estado de naturaleza integral en relación con el desarrollo sostenible.
- La Cuenca hidrográfica se identifica como una unidad territorial, por lo cual, es inherente al territorio en cuanto a su dinámica y estructura, conformada por elementos y procesos físico-naturales socioeconómicos- culturales y político- administrativos.

- El medio físico-natural constituye soporte de hechos naturales, es fuente de recursos naturales y condicionante de procesos que emanan de la sociedad. La cuenca es analizada en diferentes escalas de acuerdo con su tamaño y su significado para el Estado y la sociedad.
- Los atributos e instrumentos de planificación político-institucional son relacionados acorde a la estructura del Estado y de sus actores, al marco legal, la organización institucional y la toma de decisiones.

5.4. Las cuencas hidrográficas como unidad de planificación y desarrollo territorial.

Las cuencas hidrográficas presentan una unidad razonable para la planificación gracias a que la sostenibilidad de su empleo obedece a los resultados de las relaciones e interacciones que tiene la cuenca con las actividades que se ejecutan en ella. Las cuencas son procesadas como; cuenca alta y cuenca baja o aguas abajo lo que conlleva a que los productos que se accionan en la cuenca generen impactos, ya sea positivos o negativos en los usuarios de las cuencas aguas abajo (Gregersen,1988).

Una de las consideraciones de la integración de las cuencas hidrográficas a los procesos de planificación es debido a que las cuencas presentan las formas terrestres del ciclo hidrológico que captan y concentran el agua proveniente de las precipitaciones.

Es necesario recalcar que las cuencas hidrográficas son observadas de manera multidimensional, que se vinculan e interactúan en la concepción de conflictos socio ambientales, considerando las dimensiones (1) biofísicas y humanas, que incluyen los mecanismos de toma de decisiones, resultado del conocimiento, las capacidades, las percepciones y las necesidades de los involucrados; (2) económica, que justifica las decisiones de los actores involucrados sobre el manejo de los recursos naturales creando externalidades, positivas o negativas, como un reflejo de las oportunidades de ingresos y limitaciones de los mercados; (3) sociales, en la que se manifiestan y operan las relaciones entre los involucrados; (4) institucionales, compuesta por el conjunto de regulaciones formales e informales que dirigen el comportamiento de la sociedad y limitan el desarrollo de los recursos naturales de la cuenca. [9]

Para ordenar una cuenca se debe considerar la orientación sistémica que tiene la cuenca puesto que esta se comporta como un conjunto real, complejo y abierto, que presenta interacciones, entre el subsistema biofísico (suelo, agua, biodiversidad, aire) así también como en lo cultural, económico, y social. Pese a que estos tres últimos no tienen un limitante físico, dependen de la oferta, la calidad y disponibilidad de recursos naturales que soporta la cuenca hidrográfica.

El Subsistema Biofísico que posee la cuenca establece una oferta ambiental en un área delimitada por la línea divisoria de aguas y con características específicas de clima, suelo, vegetación, red hidrográfica, usos de suelo, componentes geológicos, entre otras. El Subsistema Económico que presenta la cuenca entrega una cantidad y disponibilidad de recursos que se relacionan con diversas técnicas para producir bienes y

[9] Geilfus, Frans En: Proyecto Manejo Sostenible de Tierras en las Cuencas Altas de la Presa de Sabana Yegua (2008) *Lineamientos para el ordenamiento territorial de las cuencas altas de la presa de Sabana Yegua*, Republica dominicana: 5p

servicios. El Subsistema Social involucra las comunidades asentadas cercanas a la cuenca considerando el acceso a los servicios básicos, estructura organizativa, entre otros, que influyen sobre el entorno natural. Es así, como en este sistema abierto existen influencias y dependencias entre los elementos de los subsistemas, lo que se muestra en una dinámica de comportamiento complejo e integral.[10]

La planeación y ejecución del ordenamiento territorial en cuencas debe considerar la importancia que la microcuenca tiene, puesto que, esta puede ser planificada y proyectada bajo un enfoque social, económico y operativo, además, del enfoque territorial e hidrológico. En ese sentido, la microcuenca se define "como una pequeña cuenca de primer o segundo orden, en donde hay comunidades con un cierto número de familias que utilizan y manejan los recursos del área, principalmente el suelo, agua, vegetación, incluyendo cultivos y vegetación nativa y fauna, incluyendo animales domésticos y silvestres" (Frans, 2002). Esta planificación puede ser realizada por un equipo técnico con el apoyo de actores locales o familias que compartan intereses comunes.

Las cuencas hidrográficas componen una unidad apropiada para la planificación ambiental del territorio, puesto que, sus límites fisiográficos se conservan en mayor tiempo en comparación a otras unidades geográficas de análisis, a su vez considera un orden de elementos y funciones de aspecto espacial como social que posibilitan un entendimiento integral de la objetividad y realidad del territorio.[11] Dourojeanni (2002), menciona las siguientes razones que explican este contexto:

"Las características físicas del agua generan un grado extremadamente alto y en muchos casos imprevisible, de interrelación e interdependencia entre los usos y los usuarios en una cuenca, (…) formando un sistema integrado e interconectado".

"Las cuencas constituyen un área donde interactúan, en un proceso permanente y dinámico, el agua con los sistemas físicos (recursos naturales) y bióticos (flora y fauna). Los cambios en el uso de los recursos naturales, principalmente tierra, acarrean aguas arriba una modificación del ciclo hidrológico dentro de la cuenca aguas abajo en cantidad, calidad, oportunidad y lugar"

5.5. Gestión integrada de las cuencas hidrográficas

Considerar una gestión en los suministros de agua resulta una aplicación estratégica, esto debido a que el agua además de ser un recurso con gran fuente de poder y partícipe de conflictos sociopolíticos es un elemento central en políticas enfocadas al desarrollo sostenible. Una gestión deficiente de los recursos hídricos ha provocado y agravado conflictos de enorme inequidad, esencialmente, por haber acogido a este recurso un enfoque rígido que no considera todos los elementos, factores y actores, que se ven involucrados (Ruíz, 2004).

---

[10] Ministerio de Medio Ambiente y desarrollo sostenible (2014) Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Colombia:11p

[11]Ministerio de Ambiente y de Desarrollo Sostenible (2013) En: Morales (2015) *El ordenamiento de cuencas hidrográficas y el ordenamiento ambiental del territorio en la cuenca del Rio Risalda*, Colombia.16p

Los primeros análisis sobre una necesaria gestión del agua se inician en la década de los setenta en el entorno de las decisiones adoptadas en la Conferencia de Naciones Unidas realizada en Estocolmo en 1972 en la cual se instaura el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Posteriormente, en 1987, se publicó el reporte de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, que modela los vínculos que existe entre desarrollo y ambiente en la que se considera el agua como un ente elemental. [12]

A continuación, se desarrolló la Conferencia Internacional Sobre Agua y Ambiente realizada en Dublín, 1992, se creó una declaración, en las que, comunidades internacionales han aceptado la gestión integrada de los recursos hídricos, considerando la gestión hídrica como un proceso que asegura la sostenibilidad ambiental, económica y social de este recurso, pues permite armonizar los aprovechamientos del agua, administrándolos en beneficio de la sociedad en su conjunto.[13] Se formularon enfoques, lineamientos relevantes y principios generales de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), tales como:

1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

2. El desarrollo del recurso hídrico y su manejo deben basarse en un enfoque participativo, involucrando a los planificadores y a los legisladores en todos los niveles.

3. El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocido como un bien económico. [14]

En este ámbito las cuencas hidrográficas son identificadas universalmente como la unidad territorial más adecuada para la declaración internacional y para la gestión social de los recursos naturales, (Dourojeanni, et al. 2002).

Es así como estos principios catalogados como los "principios de Dublín-Rio 1992" han contado con un gran apoyo universal a través de los países como la guía de principios de la GIRH. Por consiguiente, en 1998 estos principios fueron re-confeccionados en las principales conferencias internacionales de agua en Harare y París y por la Comisión de Desarrollo Sostenible (CDS) en la reunión "Río+5" en 1998.

En la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Gestión Integrada de Recursos Hídricos. (Tokio, Japón, diciembre de 2004), se define a la gestión hídrica como "La Gestión Integrada de Recursos Hídricos es un marco conceptual y un proceso de implementación que coordina el manejo del agua y otros recursos naturales relacionados con el objetivo de promover el desarrollo económico y social, y el mejoramiento del medio ambiente. El desarrollo, el uso y el manejo de los recursos hídricos deben armonizarse con el fin de asegurar que las actividades humanas y el medio ambiente puedan beneficiarse eficazmente con los valiosos recursos hídricos".

---

[12] Ministerio de Medio Ambiente y agua, viceministro de recursos hídricos y riego. Estudio y propuesta de incorporación del enfoque de equidad de género en la implementación y desarrollo de la GIRH y MIC en el plan nacional de cuenca. Bolivia: 5p

[13] Veasé Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible

[14] Ministerio de Medio Ambiente y agua, viceministro de recursos hídricos y riego. Estudio y propuesta de incorporación del enfoque de equidad de género en la implementación y desarrollo de la GIRH y MIC en el plan nacional de cuenca. Bolivia :6p

Los usuarios del agua son grupos heterogéneos tienen diferentes identidades que trabajan en función a la disponibilidad de este recurso. La interrelación de los procesos ambientales que considera la cuenca requiere de análisis e intervención que considere la diversidad de interés y las demandas de los habitantes que habiten los espacios influenciados por la cueca (Siles y Soares, 2003).

Mirassou (2009) define que la gestión integrada de recursos hídrico se caracteriza por ser una "*actividad analítica y creativa destinada a la formulación de principios y directrices, a la preparación de documentos orientadores y proyectos, a la estructuración de sistemas de gerenciamiento y a la toma de decisiones que tiene por objetivo final promover, en forma coordinada, el inventario, uso, control y protección de los recursos hídricos con miras a lograr el objetivo estratégico del desarrollo sustentable.*"

Dourojeanni (2003), recalca que los limitantes para lograr una adecuada gestión integrada de cuencas están relacionados con los aspectos legales, institucionales, financieros, jurisdiccionales culturales y educativos y sobre todo políticos de carácter institucional. Esto se demuestra en algunas de las siguientes citas de Dourojeanni (2003):

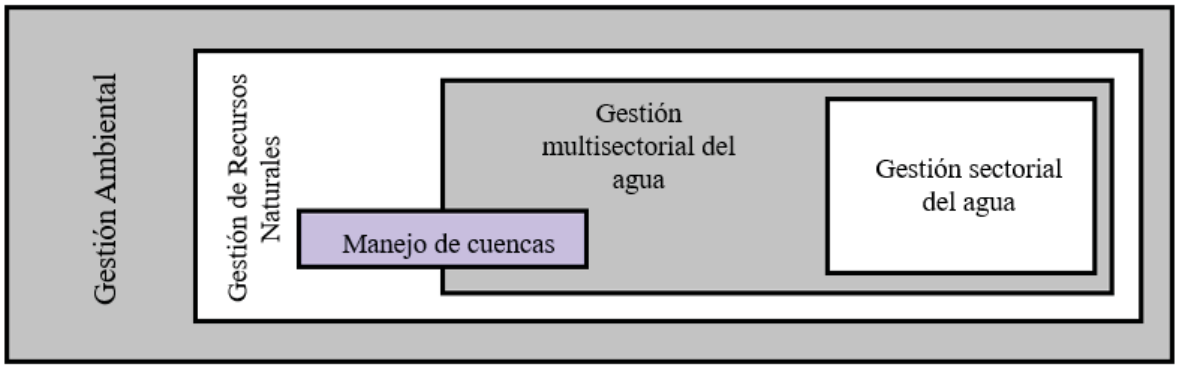
> *"Divorcio entre las declaraciones oficiales sobre la importancia de realizar gestión de cuencas (en sus diferentes acepciones) y los presupuestos, niveles de decisión y constancia que se asigna para tal efecto. - Confusión generalizada de los alcances que se le dan a los conceptos tales como de manejo de cuencas lo que dificulta precisar roles institucionales y genera conflictos entre autoridades.*
>
> *"Cambio constante en la organización de la administración pública, con o sin promulgación de nuevas leyes, cambios que destruyen a veces en horas lo que tomó años en establecer y sin otro motivo que el político"*
>
> *"Pérdida constante de personal calificado por razones políticas y económicas. Este solo factor es uno de los más destructivos por cuanto con ello se pierde todo el esfuerzo efectuado en capacitar y motivar tanto a profesionales como a los propios actores de las cuencas que se comprometieron en participar en la gestión"*
>
> *"Conflictos permanentes entre instituciones que deberían trabajar coordinadamente para mejorar su eficiencia. Los celos institucionales, roles poco claros, intereses. Toma de decisiones que afectan la gestión de cuencas por autoridades que no toman en consideración la existencia de autoridades de cuencas, estudios técnicos y otras razones importantes para hacer las cosas de diferente manera"*

Estas citas mencionadas son recalcadas con el fin de enfatizar que estos problemas existen y que se deben plantear soluciones eficientes para cada contexto, considerando experiencias pasadas que hayan sido factibles sin discriminar experiencias latinoamericanas.

Si bien se ha logrado avanzar en cuanto a la gestión hídrica aún se presentan importantes conflictos, uno de estos es que aún no existe un consenso general para definir los objetivos de gestión integrada de cuencas lo que ocasiona una falta de precisión en relación a los intercambios de ideas y experiencias llevando a discusiones de funciones entre instituciones dificultando la formulación de leyes y políticas sobre la gestión. Estas discrepancias sugieren precisar y clasificar dichos conceptos (Dourojeanni y Jouravlev 1999). En el esquema de la Figura 3 se sintetizan las diferentes orientaciones de gestión a nivel de cuencas en América Latina y el Caribe. En él, Dourojeanni y Jouravlev (1999), sintetizan los diversos enfoques de gestión en cuencas en América Latina y el Caribe, construyendo una matriz que conecta y

relaciona las etapas del proceso de gestión de cuencas con sus objetivos correspondientes, identificado por los elementos y recursos que abarca la gestión

Figura 3. Jerarquización de acciones de gestión en cuencas hidrográficas. Fuente: Dourojeanni (1997)



No existen entes ni procedimientos que logren favorecer la coordinación de uso y manejo de los recursos naturales en una cuenca. No obstante, sí se han realizado gran cantidad de programas y proyectos de "manejo de cuencas". Este enfoque de manejo de cuencas es en vista a regular la descarga de agua proveniente de la cuenca (Figura 4). Es así que se le considera al manejo de cuencas como una actividad mixta ligada al manejo y conservación de todos los elementos y recursos naturales, así como a la gestión específica del agua conjugando medidas de protección, conservación y aprovechamiento de recursos (Dourojeanni y Jouravlev 1999). Cabe mencionar que en América Latina y el Caribe, existen más estudios y programas de estudio de manejo de cuencas (relacionados a escuelas hidrológico—forestales y de conservación de suelos) a diferencia de investigaciones en materia del uso múltiple del agua por cuenca (vinculado a programas de ingeniería civil hidráulica).

Figura 4. Representa una matriz que estable la relación entre las etapas de gestión y los objetivos de la gestión a) aprovechamiento y manejo integrado (b) aprovechar y manejar todos los recursos naturales y (c) aprovechar y manejar solo el agua, señalando la terminología utilizada para cada caso. Fuente: Dourojeanni y Jouravlev (1999).

<table>
<tr><td rowspan="3">Etapas de Gestión</td><td colspan="4">Objetivos en gestión de cuencas</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Para el aprovechamiento y manejo integrado</td><td rowspan="2">Para aprovechar y manejar todos los recursos naturales</td><td colspan="2">Para aprovechar y manejar sólo el agua</td></tr>
<tr><td>Multisectorial</td><td>Sectorial</td></tr>
<tr><td></td><td>(a)</td><td>(b)</td><td>(c)</td><td>(d)</td></tr>
<tr><td>(1) Previa</td><td colspan="4">Estudios Planes y Proyectos
(Ordenamientos de cuencas)</td></tr>
<tr><td>(2) Intermedia</td><td>“River Basin Development”
(Desarrollo integrado de cuencas o desarrollo regional)</td><td>“Natural Resources Development”
(Desarrollo o aprovechamiento de recursos naturales)</td><td>“Water Resources Development”
(Desarrollo o aprovechamiento de recursos hídricos)</td><td>“Water Resources Development”
(Agua potable y alcantarillado , riego y drenaje, hidroenergía)</td></tr>
<tr><td>(3) Permanente</td><td>“Envioronmental Management”
(Gestión ambiental)</td><td>“Natural Resources Management”
(Gestión o manejo de recursos naturales)
“Watershed Management”
(manejo u ordenación de cuencas)</td><td>“Water Resources Management”
(Gestión o administración del agua)</td><td>“Water Resources Management”
(Administración de agua potable, riego y drenaje)</td></tr>
</table>

5.5.1. Clasificación de entidades de gestión de cuencas según sus funciones

Dourojeanni (2002), señala que la gestión del agua es heterogénea en cuanto a sus orígenes, objetivos y alcances para lograr distribuciones y clasificaciones acorde a criterios, político-administrativos, por ejemplo. Un análisis de gestión de agua en el ámbito de cuenca nos muestra que las opciones principales son; según Jouravlev (2001):

- **Entidades de cuencas interjurisdiccionales y transfronterizas:** Correspondiente cuando varias jurisdicciones político–administrativas tienen la posibilidad de gestionar y administrar una cuenca compartida por entidades federativas o transfronterizas. Esta situación ocasiona que se tomen decisiones que puedan afectar a otra entidad política por lo que se debe crear una coordinación y gestión en conjunto para evitar conflictos y lograr optimizar el uso del recurso.
- **Entidades con funciones de autoridad de aguas a nivel de cuencas:** Relacionadas a las cuencas como unidades territoriales óptimas para la gestión de los recursos hídricos, las autoridades de aguas pueden descentralizar o desconcentrar sus funciones sustantivas a nivel de

cuencas, para que sean desempeñadas por una entidad local en aprobación con las políticas de la nación. Así se comprueba que para compatibilizar las pretensiones legitimas a nivel de cuencas debe existir un poder residual en la autoridad para lograr aplicar legislaciones adecuadas en los organismos locales por consecuencia esto conllevó que países hayan establecido ciertas normas y mecanismos para su utilidad.

- **Entidades con funciones de coordinación y fomento de participación en gestión del agua:** Es común que en gran cantidad de países existan diferentes actores a cargo de manejar la gestión y aprovechamiento de agua tales como ministerios sectoriales de gobierno central, gobiernos locales (estatales, provinciales, regionales, municipales, etc.). Estos toman decisiones que afectan la regulación del agua potable, decisiones de un sistema eléctrico interconectado sobre las operaciones de despacho de centrales hidroeléctricas, por citar algunos ejemplos. Esta situación es claramente complicada debido a que existe una fragmentación en cuanto a los diferentes organismos a cargo de la gestión del recurso. Una solución óptima sería lograr la coherencia entre los diferentes organismos y actores para así lograr obtener un uso ordenado y eficiente del agua. Comúnmente las cuencas son la unidad más relevante para estas situaciones razón por la cual se crean instancias para estudiar estas problemáticas además de la creación de entidades para trabajar en la coordinación de acuerdos.

5.5.2. Gestión sustentable de Cuencas.

El agua representa un recurso finito e indispensable para todo organismo viviente por lo que una gestión sustentable es adecuada para responder a las constantes demandas del agua (Chile Sustentable, 2004).

Un desarrollo sostenible responde en función del crecimiento económico, la sustentabilidad ambiental y la equidad. En procedimientos de gestión integrada de cuencas se debe considerar alcanzar metas de utilización de los recursos de las cuencas (económico), de manejo de los recursos con la finalidad de preservarlos, conservarlos o protegerlos (sustentabilidad ambiental), y la equidad en cuanto a que los sistemas de gestión sean participativas y democráticos (CEPAL, 1994). Dourojeanni (2002) considera que en teoría un desarrollo adecuado de estos tres elementos conduciría a mejorar la calidad del recurso, así como de los seres humanos. La articulación entre estos elementos puede relacionarse con distintos grados de primacía acentuando más un elemento que otro.

Para lograr alcanzar un desarrollo sustentable es necesario vincularlo a la sustentabilidad ambiental, por ende, se encuentra relacionado a la gestión del territorio considerando sus componentes naturales y sus recursos. El desarrollo sustentable también es el resultado de un conjunto de decisiones y procesos, usualmente dentro de un contexto de condiciones variables, con insuficiencias en cuanto a la información, sujeta a incertidumbres y con metas poco compartidas.

En cuanto a la gestión de cuencas, bajo sus diferentes características, es una unidad que tiene intenciones productivas, de conservación y de protección de sus habitantes. Al mencionar una gestión integrada se considera para estos procesos, visiones múltiples con respecto a las típicas variables observadas en cuando a gestión del agua, por lo que muchos proyectos suelen empantanarse.

Lograr articular los procesos e instrumentos de una localidad cercana a una cuenca debe considerar ciertas temáticas tales como: gestión integral de residuos sólidos, la gestión integral del riesgo y la educación ambiental, todo esto para lograr integrar los escenarios de fortalecimiento y cooperación en la gestión del ordenamiento ambiental en cuencas (Morales, 2015).

5.6. Situación nacional en gestión integrada de cuencas hidrográficas.

El 21 de mayo del año 2006 la presidenta de la República Michelle Bachelet plantea en su discurso un manejo integrado de cuencas declarando: "*Impulsaremos una nueva política ambiental, más exigente y moderna, basada en el desarrollo sustentable y la participación social. Ningún proyecto de inversión podrá pretender hacerse rentable a costa del medioambiente. Tampoco evaluaremos proyectos aislados, sino que incorporaremos el ordenamiento territorial, el manejo integrado de cuencas, como eje de nuestra nueva política".* Esto, en relación con lo aconsejado por la OCDE en el informe de Evaluación del Desempeño Ambiental Chile (2005, pág. 68), que indicaba *"Desarrollar un enfoque integrado de gestión de cuencas para mejorar el manejo de los recursos hídricos y forestales y para proporcionar servicios ambientales"*

CONAMA (2007) explica la necesidad de una Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas para Chile enfatizando en que es común que la gestión de agua resulte defectuosa por los diferentes actores involucrados en la administración del recurso hídrico considerando la falta de una conjunta visión a futuro que influye en la deficiencia para la toma de decisiones además de lograr fortalecer la mirada territorial por parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental para que valore la potencialidad que tienen las cuencas del país y reconociéndolas como unidades con características diferentes una de otra.

La estrategia nacional de gestión integrada de cuencas hidrográficas establece los siguientes principios fundamentales según detalla Parra (2009):

1.- Complementariedad: El sistema nacional de Gestión Integrada de cuencas creará organismos que no sustituirán las atribuciones y jurisdicciones de las instituciones públicas que ya existen. El sistema organizará en forma equilibrada los objetivos y las acciones de los servicios públicos.

2.- Descentralización: Se realizará una estrategia de gestión descentralizada la cual se aplicará en territorios delimitados por razones naturales, no político administrativas.

3.- Valorización de la diversidad del país: Este sistema dará importancia a la diversidad natural y cultural a través de la creación de instrumentos para generar acciones a este diseño de instrumentos.

4.- Desarrollo Territorial Sustentable: Un desarrollo sustentable de las cuencas hidrográficas permitirá el uso sustentable de los recursos naturales puesto que estos establecen las bases de las actividades humanas en visión no solo a las generaciones presentes sino también a las futuras.

5.- Preventivo: La Estrategia buscara la relación y encuentro entre el sector público y privado para que exista coherencia en la toma de decisiones que influyan en las intervenciones para así evitar conflictos y externalidades ambientales no deseables

6.- Participación de la sociedad civil: Se deben considerar las opiniones de la sociedad civil puesto que representa un aporte para la base de la Democracia Participativa.
7.-Acceso a la información y al conocimiento: La información obtenida del territorio representa la base para la acertada toma de decisiones tanto pública como privada.

En el año 2012 el Ministerio de Obras Publicas elaboró una carta de navegación al año 2021 que se materializa en un Plan de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico para las regiones de Chile, con la finalidad de "*orientar nuestras inversiones públicas en beneficio directo del desarrollo social, económico y cultural de la ciudadanía*" (MOP,2012). En la Región de Los Ríos este plan se desarrolla en la función de planificar ciertas intervenciones atingentes con la finalidad de innovar sobre las inversiones utilizando para ello un sistema de planificación estratégica integrada que relacione las necesidades sociales y productivas en cuanto a las escalas territoriales y temporales. Tiene como visión "*Recuperar, fortalecer y avanzar en la provisión y gestión de obras y servicios de infraestructura para la conectividad, la protección de territorio y de las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, asegurando el cuidado de estos y del medio ambiente para contribuir al desarrollo económico social y cultural, promoviendo así la equidad, calidad de vida e igualdad de oportunidades para las personas"* (MOP, 2012). Para el 2025 busca colaborar con la perspectiva de un país integrado, inclusivo y desarrollado, mediante normas de servicio, calidad, sustentabilidad, entre otras, adecuadas a la disposición de obras y servicios de infraestructura y cautela del equilibrio hídrico que Chile necesita, estructurando y organizando los esfuerzos públicos y privados.

Por consiguiente, Chile se unió a la Agenda 2030, esta nueva agenda de las Naciones Unidas en Desarrollo Sostenible para 2030, establece 17 objetivos para un desarrollo sostenible (ODS). Contiene temáticas como; erradicación de la pobreza extrema, la reducción de la desigualdad en todas sus dimensiones, un crecimiento económico inclusivo con trabajo decente para todos, ciudades sostenibles y cambio climático, entre otros. Con respecto al agua, considera un objetivo que busca: "Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos", recalcando que la: *"escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición"*. Considera sub objetivos tales como; (1) *"De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda";* (2) *"De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial;* (3) *"De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua",* (4) *Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento, por nombrar algunas.*

5.7. Disponibilidad de agua en Chile

En Chile el agua es un recurso estratégico para muchos sectores productivos. La distribución de los usos consuntivos de agua entre los diferentes sectores productivos se clasifica en la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (2012- 2025):

1.- Sector Silvo Agropecuario: Utiliza un 73 % del consumo de agua nacional, lo que permite el riego de 1,1 millones de hectáreas que se localizan principalmente entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Generó al año 2011 un 3% del PIB Nacional. Este alto consumo se debe a las tecnificaciones del riego y en la conducción y almacenamiento de agua que se utilizan que afectan a las recargas en las napas subterráneas y la calidad del agua, la que tiene una concentración de contaminantes como pesticidas y fertilizantes, además de la desviación de ríos y esteros.

2.- Sector Industrial: Utiliza un 12% del consumo de agua nacional, generando aproximadamente un 34% de las exportaciones de Chile, y representando para el año 2011 un 11% del PIB. Cabe mencionar que, es difícil agrupar los subsectores productivos en este porcentaje, cada uno cuenta con realidades muy diferentes en cuanto a demandas del recurso hídrico, tipos de procesos productivos, eficiencias, etc.

3.- Sector Minero: Utiliza un 9 % de la demanda nacional de agua, generando aproximadamente un 60% de las exportaciones del país y contribuyendo un 15 % del PIB nacional. Este sector se ubica mayoritariamente desde la Región Metropolitana al norte del país. Conviene poner énfasis, en que estas zonas son las que presentan mayor estrés hídricos y condiciones extremas. Además, en los próximos 25 años se estima un aumento del 200% de la actividad minera. Es menester mencionar los altos índices de contaminación en las aguas que produce esta actividad debido a sus procesos productivos.

4-. Sector Sanitario: Representa un 6% de los derechos consuntivos de aguas del país, utilizados para la producción de agua potable además del transporte y tratamiento de las aguas residuales generadas por la población. Un 44% de los derechos de aguas utilizados en este sector están ubicados en la Región Metropolitana y un 12% en la Región de Valparaíso. A nivel nacional la cobertura urbana de agua potable alcanza un 99,8% y de alcantarillado un 100% durante el año 2012. Aun así, se debe analizar la eficiencia en la gestión del agua, para disminuir los consumos y minimizar las pérdidas de agua potable.

No se tiene una estimación clara del consumo de energía eléctrica a nivel nacional, la cual ha crecido fuertemente. Este sector, tiene una potencia instalada de aproximadamente 17.000 MW, teniendo el sector hidroeléctrico un 34% de esta energía. Se plantea que este sector, debe ser la principal fuente de generación eléctrica de Chile para las próximas décadas, con instalaciones desde la región del Maule hacia el sur de Chile. Para el 2020 se espera un aumento del consumo eléctrico de un 7 % aproximadamente.

Se demuestra que las técnicas de riego tienen el desafío de mejorar sus tecnologías y técnicas de manejo, además, de minimizar el riesgo de contaminación de las aguas y optimizar su uso en los respectivos procesos productivos. A su vez mejorar los impactos que tienen los usos productivos en los cauces y los efectos que producen en el medio ambiente en general. En cuanto a los usos hidroeléctricos, estos deben conciliar su actividad con otros usos, así como contar con los permisos necesarios para llevar a cabo su función.

Actualmente, el país tiene una ventaja en recursos hídricos. Su escorrentía total media o cantidad de recursos hídricos internos renovables per cápita es de 51.218 m^3/persona/año (DGA, 2016), ampliamente superior a la media mundial de 5.925 m^3/persona/año (Banco Mundial, 2016). Sin embargo, existe una gran variación en la disponibilidad de recursos hídricos debido a su amplitud longitudinal y variabilidad en ocurrencia de precipitaciones. Por ejemplo, desde la Región Metropolitana hacia el norte,

la media de disponibilidad de agua está por debajo de los 800 m^3/persona/año, desde la Región Metropolitana hacia el sur se tiene una media sobre los 10.000 m^3/persona/año. Según criterios internacionales, si la disponibilidad de aguas es menor a 1.700 m^3/persona/año los países pueden tener problemas de abastecimiento de agua periódico o regular; si se encuentran bajo los 1.000 m^3 la escasez de agua tiene efectos negativos sobre el desarrollo económico y la salud de sus habitantes y bajo los 500 m^3 el agua se considera un bien extremadamente escaso. Sin embargo, el país durante los últimos años ha tenido una crisis hídrica considerable en las zonas centro sur, sur y austral del país. Se pueden mencionar ciertas causas para este efecto, tales como las que indican Jiménez & Wainer (2017):

5.7.1. Cambio Climático Global

Este fenómeno, produce impactos en los patrones de precipitación, algunas zonas se vuelven más secas y otras más lluviosas. Según Impacto cambio climático en chile 2030 -2059 (Estudio Dirección Meteorológica de Chile), se proyectan 400 milímetros menos de lluvia en la zona centro-sur del país, los primeros en sufrir los efectos del cambio climático serán los glaciares, que ya están en proceso de pérdida de masa por deshielos.

El Ministerio de Medio Ambiente realizó un análisis del eventual impacto para el país, mediante un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 en la que se estiman los siguientes cambios.

1.- Aumento de la temperatura en el valle central y la cordillera. En la costa un leve enfriamiento. Hacia el año 2030, habría un aumento de, a lo menos, 0,5° C para las zonas sur y austral y de 1,5°C para el norte grande y el altiplano. Estos valores se incrementarían para el período 2031-2050.

2.- Para la zona centro-sur del país, se proyecta una disminución de las precipitaciones. Hacia el año 2030, se proyecta una disminución de la precipitación entre 5% y 15%, para la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Copiapó y Aysén, esta disminución de precipitaciones se intensificaría para los años 2030 y 2050.

3.- Eventos climáticos extremos, debido a la disminución de las precipitaciones aumentarían los periodos de sequía, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XXI, proyectándose hacia fines de siglo una ocurrencia de más de 10 veces en 30 años, sin embargo, se espera que existan eventos de alta precipitación con temperaturas elevadas. El análisis de índices de eventos extremos muestra que han aumentado las noches cálidas desde el Norte Grande a Coyhaique, con disminución de las noches frías. Cabe resaltar, que Chile es un país muy vulnerable al cambio climático por lo que, las pérdidas ambientales, sociales y económicas afectarán significativamente al país alcanzando al año 2100, un 1,1 % anual del PIB (CEPAL, 2012).

4.- En cuanto a la biodiversidad, se proyecta una pérdida importante del patrimonio genético nacional, caracterizado por un alto endemismo. Se estima que tres pisos vegetacionales (bosque caducifolio templado-antiboreal andino de *Nothofagus pumilio* y *Maytenus disticha*, en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena; bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum* y bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* y *Prosopsis chilensis*, ambos en las regiones de

Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins) serían los más afectados ya que los bioclimas asociados a ellos parecen desconfigurarse, asimismo los hotspot que tiene el país también se verán afectados.

5.- Los Recursos Hídricos sufrirán una reducción significativa de los caudales medios mensuales en las cuencas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos (30 a 42°LS) y un elevación de la isoterma de 0°C, que trae como consecuencia la reducción de las reservas de agua en las cabeceras de cuencas nivales y nivo-pluviales y el aumento del riesgo de desastre, durante eventos de precipitación extrema y altas temperaturas, durante los cuales aumenta considerablemente el caudal de los ríos, pudiendo generar inundaciones y aluviones .

De igual forma señala que se producirán daños en la salud de las personas, debido a las alteraciones climáticas, con enfermedades nuevas como, por ejemplo, en el norte grande, se favorecería el desarrollo de enfermedades vectoriales, como malaria y dengue, así como una desnutrición debido a la baja calidad y cantidad de agua para producir alimentos. También, existirá daños a la infraestructura pública debido a la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos, tales como, aluviones, aludes, por nombrar algunos, así como a las fuertes marejadas que dañaran centros poblados costeros. Además, la energía hidroeléctrica se verá afectada producto de los cambios en los caudales, generando disminuciones que irán de un 11% (período 2011-2040) a un 22% (período 2071-2099) al Sistema Interconectado Central. El sector Silvoagropecuario, sufrirá un desplazamiento de los cultivos hacia el sur junto a una menor disponibilidad de aguas para riego en la zona centro, generando cambios en la producción y en los ingresos netos, siendo negativos en las zonas norte y centro, y positivos en las zonas sur y austral.

5.7.2. Mayor demanda del consumo de agua.

El consumo de agua per cápita aumenta (debido a la mejora de los niveles de vida), la población crece y en consecuencia el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva (UNESCO, 2003). Actualmente, existe una presión en los recursos hídricos, agudizada por un aumento de la demanda y una mayor limitación de la oferta.

5.7.3. Cambios en los usos de Suelo

El uso de suelo en pos del desarrollo agrícola y forestal genera un cambio en la capacidad del suelo para la retención de agua. Cuando se acelera el reemplazo del bosque nativo por otro tipo de cubierta vegetal, se crean impactos en la redistribución de las precipitaciones, en las variaciones de las reservas de agua y suelo y en la cantidad de agua involucrada en la evapotranspiración y percolación (Echeverria, 2017). En este contexto, si se mejora las prácticas de manejo de agua en el sector forestal, agrícola y ganadero, se obtendrá mejores suelos, capaces y preparados para almacenar las aguas de las lluvias A su vez, aplicar tecnologías que sean apropiables para la gente que habita en zonas rurales, idealmente de bajo costo, también ayudará a generar una mayor eficiencia en el uso del agua, sobre todo en los sistemas de riego. De igual forma repercute, crear nuevas tecnologías para descontaminar los cursos de agua.

5.8. Factores que inciden en la producción y calidad de agua

5.8.1. Factores Físicos

5.8.1.1. Clima

El clima es el promedio de condiciones atmosféricas propias de un lugar. Es resultado de la interacción de factores como temperatura, viento, lluvia, relieve, altitud, humedad y vegetación. El ciclo del agua juega un papel fundamental en el sistema climático de la Tierra, regula la temperatura y absorbe CO_2 (Organización Meteorológica Mundial). Las precipitaciones en conjunto con la temperatura son los elementos climáticos más determinantes en la disponibilidad de agua para los seres vivos ya que, proporcionan el agua necesaria para su desarrollo. Estos cambios afectan los caudales de los ríos y, por lo tanto, la movilidad y la dilución de los contaminantes que lo afectan.

Los cambios en el clima pueden tener variadas consecuencias de largo alcance para los regímenes fluviales, tales como la velocidad del flujo, características hidráulicas, niveles de agua, patrones de inundación, tiempos de residencia, cambios en áreas mojadas y disponibilidad de hábitats. Asimismo, pueden afectar las transferencias de sedimentos, morfología de canales y aumentar las frecuencias de inundaciones (Whitehead et al. 2009).

Los desastres de origen hidrometeorológico son los más frecuentes y los que mayores daños causan a la población de todo el mundo. La sequía es una de las causas fundamentales de desastres a escala mundial y pueden ser detonadas por fenómenos climatológicos especiales, como ocurre con El Niño, al que se le atribuye responsabilidad en la escasez de lluvias en varias partes del mundo. De igual forma, las lluvias intensas también provocan daños, un ejemplo de ello, es cuando existen centros poblados en sitios expuestos a huracanes, lluvias intensas e inundaciones. En consecuencia, se considera que la variable meteorológica de más valor, desde el punto de vista socioeconómico, es la precipitación debido a que de ella depende el agua disponible de un lugar, de manera que, se trabaja en mantener un esquema de estadísticas climáticas e incluso de pronóstico climático que dé como resultado información sobre los recursos hídricos. (Landa, Magaña & Neri, 2008).

5.8.1.2. Suelo

El suelo es la capa superficial de la tierra, delgada y vulnerable. Está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, microrganismos, agua y aire. El suelo es un factor vital para la vida del bosque, porque es el medio natural donde crecen las plantas, a las cuales sirve de soporte y de almacén de agua y nutrientes (Donoso, 1981). Los procesos formadores del suelo son muy lentos y requieren largos períodos de tiempo. El manejo del suelo puede afectar significativamente a la cantidad y calidad de agua disponible en una cuenca. El balance hidrológico se ve alterado producto de la deforestación, los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal, la sobre explotación de los acuíferos y el drenaje de cuerpos de aguas naturales. La degradación del suelo (física, química y biológica), se evidencia en una reducción de la

cobertura vegetal, la disminución de la fertilidad, la contaminación del suelo y del agua y, debido a ello, el empobrecimiento de las cosechas.

El suelo constituye un sistema dinámico, que se desarrolla en un material original y mineral, que generalmente es la roca madre. Las características de esta roca, así como las condiciones del clima y topográficas varían en toda la tierra, determinando diferentes tipos de vegetación y de suelo (Donoso, 1981).

El agua y el aire del suelo ocupan el espacio poroso de éste. En la medida que aumenta la cantidad de agua en un suelo, disminuye el espacio poroso que ocupa el aire. De este modo, los regímenes de agua y aíre del suelo están relacionados. Las formas más importantes del agua en el suelo son de; (1) retención, el agua que el suelo puede retener contra la fuerza de gravedad, dividida en agua aprovechable y agua inutilizable para las plantas, esta última esta retenida por el suelo que no se puede absorber. De esta forma, se considera el agua de retención como el agua retenida a capacidad de campo, menos el agua retenida a punto de marchitez permanente; (2) freática, el agua se encuentra en libre tensión, ocupando los espacios porosos de los suelos estables y rocosos y obedece solo a presiones hídricas; (3) drenaje restringido, es agua libre producto de las precipitaciones que han caído sobre el lugar, cuyo movimiento se ve impedido. Su influencia será mayor mientras más prolongada sea su permanencia en el suelo (Schlatter, Grez & Gerding, 2003).

Cada suelo tiene propiedades físicas diferentes, existen diferentes indicadores de la calidad del suelo que reflejan como este recuso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. Su estructura, densidad, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua, entre otros, son ejemplos de características físicas. A su vez, las características químicas afectan las relaciones suelo- planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos, tales como el pH, materia orgánica presente, capacidad de adsorción de fosfatos, entre otros. Finalmente, las características biológicas que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos (Cruz, Barra & Gutiérrez, 2004).

5.8.1.3. Topografía

Se refiere a la representación gráfica de la superficie terrestre que considera; formas de laderas, formas de contorno, elevación, exposición y pendiente (Tapia, 2017). Las formas de ladera deben ser evaluadas en dos sentidos: radial o altitudinal y el contorno o la trayectoria de la curva de nivel. Según la configuración que resulta de la combinación de ambos pueden estimarse el tipo de drenaje, la erosividad y la estabilidad del suelo. El agua de drenaje aumenta su velocidad hacia la ladera baja en las configuraciones recta y convexa, pero se desacelera en la cóncava. Por otra parte, el agua se dispersa en un contorno convexo, pero se concentra en un contorno cóncavo. La elevación está asociada a las características de clima y erosividad. En general, una mayor elevación significa temperaturas menores y de mayor fluctuación,

mayor caída pluviométrica y mayor erosividad. La exposición tiene efectos sobre el clima local. En el hemisferio sur las exposiciones al norte son más cálidas y secas, las del sur son más frías y húmedas. Las pendientes son importantes por su efecto en el drenaje, la erosividad y la estabilidad del suelo. Mientras mayor es la pendiente, más rápido es el drenaje y mayor es el riesgo de erosión y deslizamiento de tierras. Se determina en grados y porcentajes (Schlatter, et al 2004).

5.8.1.4. Cobertura vegetal

Las investigaciones señalan que la distribución de la precipitación depende de patrones globales de circulación climática, mucho más que el efecto que causa la vegetación en un régimen local. La cobertura vegetal influye en la intercepción de las precipitaciones, este fenómeno se presenta en vegetación de porte medio y alto (rastrojos y bosques), lo que implica que una parte de la precipitación incidente sobre un área determinada es detenida por la superficie de la vegetación, causando una disminución en la cantidad de agua que llega al suelo. Además de otros factores como la precipitación total, la densidad de vegetación en la cobertura, que determina la cantidad de espacio ocupado por las copas de los árboles y, por ende, el área efectiva de contacto entre la precipitación y la cobertura vegetal, así como la estratificación en la cobertura; el fenómeno de epifitismo, que aumenta en gran medida el área de contacto entre la vegetación y la lluvia incidente; el manejo silvicultural de los bosques plantados, se convierten en un factor determinante de la cantidad de agua que llega efectivamente al suelo.

Coberturas boscosas regulan caudales debido a que favorecen la infiltración, estos producen una capa de hojarasca sobre el suelo mineral y a la disposición de su sistema radicular, lo cual regula el nivel freático ayudando a la recarga de acuíferos alimentadores del flujo base de las corrientes. A su vez, disminuyen la cantidad de pérdidas por escorrentía directa de la superficie y retrasan la evacuación instantánea de las lluvias (Villegas, 2004). Los niveles de intercepción que tiene una plantación forestal son mayores que los niveles de una pradera, pero inferiores a un bosque matorral nativo de alta cobertura. La escorrentía superficial aumenta cuando existe una cobertura escasa, que se suele dar cuando las coberturas están en la etapa de los primeros años, por añadidura, se recalca la importancia de la edad de rotación, puesto que, para las especies de pino radiata y eucalipto presentan una edad de rotación de 12 y 18 años consecutivamente (Iroume 1995). El Eucalipto presenta menos intercepción de agua a diferencia de otras especies de plantaciones (Ros ,1992). Por ejemplo, eucalipto 17% y el *Pinus radiata* 25%.

Menzel (1993) señala que un 35% de la precipitación media anual resulta interceptada en un bosque siempreverde. Se relaciona que el eucalipto tiene menor intercepción de precipitación debido a la posición que tienen sus hojas y por su color. Se explica que sus hojas favorecen al aumento de la radiación lo que conlleva a un cambio en la humedad en el suelo. Los colores, modifican los índices de refracción que altera la temperatura en el suelo. En general, la cantidad de agua existente en el suelo variará según la especie, la densidad de plantación, la edad que presenta y las precipitaciones, lo cual, produce cambios en el caudal de la cuenca.

Los impactos de las plantaciones de eucaliptos sobre las reservas de humedad del suelo empiezan a demostrarse a la edad de 4 a 6 años, después de la cual el déficit de agua durante el año es semejante al

observado para un bosque maduro (Iroume, 1995). Las tasas de transpiración difieren entre las especies de eucaliptos, oscilando aproximadamente entre 20 y 40 litros/árbol/día. Se estima que la tasa de evaporación del bosque de eucalipto en condiciones de campo varía desde 1.5 mm/día en el invierno, hasta 6.0 mm/día en el verano. Un porcentaje adecuado de plantaciones forestales sobre las cuencas hace suponer que la calidad de agua no debería verse significativamente afectada. No obstante, los pesticidas, fertilizantes y herbicidas deben ser estudiados y analizados en mayor detalle puesto que, podrían afectar de manera directa la calidad de agua.

Se puede definir la calidad de agua como el nivel de pureza que presenta, para ello uno de los indicadores claves es la turbidez o la pérdida de transparencia por la presencia de partículas en suspensión. Cuando existe mayor turbidez la calidad de agua es menor. Del mismo modo, cuando la erosión del suelo es mayor, genera que lleguen más sedimentos a los ríos y esteros, es decir, se disminuye la calidad de agua de una cuenca. Los bosques son la cubertura de suelo más eficaz para mantener una calidad de agua adecuada, dado que, actúan como filtros naturales al recibir el agua lluvia y liberar esta agua de manera lenta a los cuerpos de agua.

Si se comparan las plantaciones forestales con praderas, estas últimas tienen menor capacidad de infiltración de agua que las plantaciones. Ejemplo, las praderas infiltran 3 a 99 mm/hora, versus 121 a 1.207 mm/hora en bosques de pino (CORMA, 2015). Dentro de este mismo contexto, muchos autores coinciden en que el principal efecto que tienen las plantaciones forestales sobre el balance hídrico es la cantidad de precipitación que es retenida por el dosel (pérdidas de agua por intercepción) y que, por lo tanto, se reduce su participación en la economía hídrica de estos ecosistemas. Huber e Iroume (2001) estudiaron los procesos de intercepción de precipitaciones en 29 ensayos, con distintos tipos de cobertura arbórea (bosque nativo y plantaciones forestales) establecidos entre la VIII y la X Regiones de Chile. Esta investigación estableció que las plantaciones presentan retenciones de precipitación entre el 18 y 35%, mientras que el bosque nativo presenta intercepción entre el 14 y 40%, siendo las pérdidas por intercepción en promedio mayores en las plantaciones forestales que en los bosques nativos (Pizzaro et al. 2005).

5.8.1.5. Índices de escorrentía de coberturas vegetales

La generación de escorrentía corresponde al resultado de una serie de interacciones entre la cobertura vegetal, el suelo y el agua que entra a un sistema a través de la precipitación líquida o sólida, y se constituye básicamente de procesos de intercepción, infiltración, percolación, evapotranspiración y escorrentía (Espíldora, 1975).

Según López y Blanco (1976), el escurrimiento superficial puede considerarse como opuesto al fenómeno de infiltración y presenta dos aspectos negativos: constituye un agente erosivo y representa una pérdida en el aprovechamiento de los recursos hidráulicos, ya que no constituye un aporte al agua retenida por el suelo que alimenta los pozos, suministra caudal a los ríos de forma regulada y sirve para el consumo de las plantas. La escorrentía está constituida por la sumatoria de tres componentes principales: escurrimiento, flujo subsuperficial y agua subterránea.

A) Escurrimiento: Se define como el agua que fluye por sobre la superficie del terreno hasta el cauce más cercano y sólo se produce en los eventos de precipitaciones.

En cuencas de suelos muy permeables, de cobertura densa y de poca pendiente, el escurrimiento es muy pequeño, por el contrario, en suelos arcillosos y con poca cobertura el escurrimiento es mayor; lo anterior es de suma importancia conocerlo ya que la escorrentía es el principal factor en la erosión de los suelos. En un evento de precipitación, cuando la intensidad de esta es superior a la tasa de infiltración, se produce un almacenamiento superficial que primero llena las depresiones del terreno, conformando el almacenamiento de retención. Luego que las depresiones se han llenado se inicia el almacenamiento de retención, el cual genera el escurrimiento. La tasa de escurrimiento dependerá del volumen del almacenamiento de retención y de la pendiente y rugosidad del terreno. En cuencas de suelos muy permeables, de cobertura densa y de poca pendiente, el escurrimiento es muy pequeño, por el contrario, en suelos arcillosos y con poca cobertura el escurrimiento es mayor.

B) Flujo Sub superficial: Se define como el flujo lateral desde la zona de humedad del suelo. Después de la infiltración el agua en el suelo continúa moviéndose en función de los gradientes hídricos, especialmente el gradiente vertical y si se encuentra con una capa relativamente impermeable, se produce un flujo lateral el cual culmina con su intercepción por los cauces.

C) Flujo subterráneo: Está conformado por el agua que fluye desde el almacenamiento del agua subterránea hacia los cauces. Ocurre cuando los cauces interceptan el agua subterránea, ya sea desde el nivel freático como de acuíferos más profundos. A este flujo se le denomina flujo o caudal base.

Como se mencionó anteriormente, la cubierta vegetal de bosque brinda servicios ecosistémicos tales, como regulación de producción de agua (cantidad y calidad), conservación de suelos y de la diversidad biológica, oportunidades para el turismo y la recreación. Por lo que, se ha progresado en determinar y comprender la relación entre la magnitud y calidad de estos servicios con variables relevantes, como uso de suelo (bosque nativo, plantaciones de especies exóticas, praderas y otros), estructura (bosque adulto o renoval), y estado de conservación e intervención de los bosques (Lara, 2005). La producción hídrica de cuencas con cubiertas de bosque nativo ayuda a la acumulación y entrega gradual del agua a ríos y arroyos, produciendo en verano un flujo de agua que es entre 3 y 6 veces más alto que el de cuencas con otros tipos de cobertura vegetal, tales como praderas o plantaciones forestales De igual modo, en épocas de máxima intensidad de lluvia, la cubierta forestal posee un papel regulador más eficiente, disminuyendo la escorrentía y con ello las probabilidades de crecidas e inundaciones (López y Blanco, 1976). Es necesario recalcar que, la influencia de la cobertura sobre las precipitaciones se encuentra definida por varios factores como son: tipo de ramificación (Donoso, 1994), capacidad de absorción de agua de las hojas, tipo de follaje, la densidad y el estado sucesional del bosque (Leonard, 1965).

El suelo es un factor clave que afecta directamente al crecimiento vegetal de bosques y al agua que entra o sale del sistema, debido a que el flujo que circula a través del suelo es proporcional al diámetro de los poros. El tamaño de los poros incide sobre la cantidad del agua que puede retener el suelo, asimismo,

regula la energía con que la misma está retenida, siendo esta energía la encargada de regular el movimiento de agua hacia la planta, atmosfera y otras zonas del suelo (Gil,2001).

La erosión corresponde al desgaste superficial del suelo, causado por acción de agentes geológicos como agua, gravedad, viento o hielo, a través de procesos naturales. La erosión hídrica es la principal forma de erosión en suelos forestales (Gayoso y Alarcón, 1999). Las consecuencias de este proceso se manifiestan tanto en el lugar donde se producen (pérdida de la fertilidad), como fuera de él (sedimentación). Además, la producción de sedimentos puede alterar la calidad fisicoquímica del agua, aumentando la turbidez y disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto, lo cual puede tener efectos perjudiciales en las poblaciones de fauna y flora acuáticas y la disminución de la calidad de su hábitat (Gayoso e Iroume, 1995).

Para calcular los índices de escorrentía de diferentes coberturas vegetales, se han creado modelos y coeficientes para cada uno de los usos. Estos serán detallados en la metodología de trabajo.

5.8.2. Factores socioeconómicos

5.8.2.1. Población

Las poblaciones suelen tener una creciente demanda de agua para uso doméstico, municipal e industrial, lo que agota las fuentes de agua cercanas a los centros urbanos principalmente. Como resultado de esto, muchos centros "monopolizan" el uso del agua para actividades, como el riego, por ejemplo. A su vez existe un aumento de descargas de aguas servidas en los cuerpos de agua tanto en volumen como en el grado de concentración de elementos contaminantes. Cuando las poblaciones tienen una rápida expansión se produce una demanda del recurso, tanto para el abastecimiento de agua como para ciertas actividades económicas, a su vez suele ocurrir una ocupación generalizada de las riberas de los ríos por las construcciones, eliminando gran parte de la vegetación ribereña y deteriorado la funcionalidad de las riberas. Estas construcciones alteran la superficie de las cuencas poniendo en peligro las posibilidades de mantener el abastecimiento de agua y asegurarlo en el futuro para las poblaciones. Otro aspecto importante es la inadecuada ubicación de algunos centros poblados que al estar ubicados muy cerca de ríos y quebradas sufren de inundaciones y/o deslizamientos debido a una mala planificación, zonificación y control de la ocupación y uso de la tierra (Dourojeanni & Jouravlev, 1999).

5.8.2.2. Desarrollo industrial

El agua no solo es un importante recurso vital sino también un recurso económico e industrial, ya que se usa en varias actividades industriales, considerando un consumo elevado de agua que muchas veces resulta contaminada. La creciente actividad industrial en cuencas hidrográficas, generan una fuerte contaminación del agua superficial y subterránea, cambios en el régimen hidrológico natural, degradación de suelos, e incluso efectos negativos en la salud humana, causando inestabilidad social, económica y politica de un territorio. (Perevochtchikova & Arellano, 2008). En los sectores productivos el uso de agua es primordial para el desarrollo de ciertos procesos, lo que causa vertimientos que deben cumplir

con lo estipulado según las normativas vigentes, es decir, las industrias deben tratar las aguas residuales, previa descarga a los recursos hídricos (Miranda, 2017). El Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos calcula que, en los países en vías de desarrollo, el 70 por ciento de los desechos industriales se descargan sin recibir tratamiento alguno en el agua y allí contaminan el suministro de agua apta para el uso. Asimismo, las industrias suelen incinerar los desechos y depositarlos en rellenos sanitarios, los cuales producen contaminación cuando agentes y elementos contaminantes se filtran por el suelo hasta llegar a los sistemas de aguas subterráneas o cuando los contaminantes atmosféricos se incorporan a la precipitación pluvial como lluvia ácida.

5.8.2.3. Aspectos sociales

El agua es un componente social debido a que se ve afectado por decisiones políticas y económicas que determinan nuestra relación social con este vital líquido. Como se mencionó anteriormente, el grado de deterioro ambiental es evidente (huracanes, sequías, contaminación de las fuentes hídricas, entre otros), este problema corresponde a una cultura de corte capitalista, en donde el crecimiento económico excede las preocupaciones ambientales y de bienestar social. Sin embargo, temas ambientales han sido prioridades para ciertos gobiernos, organizaciones civiles, centros investigativos, entre otros, que buscan aportar elementos para una mayor discusión y toma de decisiones (Peña, 2007).

El agua es una de las mayores preocupaciones de la humanidad tanto por el riesgo de escasez mundial como por el déficit de su calidad y las desigualdades en el acceso. El consumo doméstico es dos veces más importante que el de la industria y es ahí donde las disparidades se hacen más fuertes. En los países desarrollados utilizan agua para el consumo doméstico, diez veces más agua que los países en vías de desarrollo (Navarro, 2004). A su vez, el agua ha estado sujeta a diversas transformaciones institucionales que además de generar cambios en los modelos de organización y en la economía también se crean conflictos sociales en torno a la gestión del agua y los servicios públicos esenciales de agua y de saneamiento (Castro, Kloster, & Torregrosa, 2002). Dicha conflictividad se expresa en diferentes formas de acción por parte de la población y de agrupaciones indígenas, que van desde una demanda formal para obtener una conexión de red de agua hasta acciones violentas con instituciones y/o empresas que suelen utilizar el agua de manera inadecuada. Por ejemplo, en comunidades indígenas el agua es un tema muy latente y en constante conflicto, sobre todo, cuando el Estado comenzó a administrar y entregar a privados nacionales y extranjeros sus territorios y bienes naturales, las cuales contenían vastas áreas de bosque nativo, que fueron gradualmente alterados para habilitar tierras agrícolas, forestales, entre otras, generando cambios en el paisaje y conflictos socio ambientales. En este contexto las plantaciones forestales producen una creciente aridez o desecación del suelo forestado, disminuyendo la cantidad de agua disponible en los valles localizados a los pies de laderas forestadas, deteriorando las condiciones de la producción agrícola de la que campesinos Mapuche, dependen para su subsistencia (Torres et al. 2016).

6. Metodología

6.1. Inventario para la recopilación de información de la cuenca del Rio Leufucade.

Se clasificó y procesó información secundaria (información proveniente de planes, proyectos de investigación académica, informes gubernamentales, publicaciones, leyes, normativas, entre otros), confiable y representativa en; fuentes, escalas y formatos, además de obtener información evaluada como relevante y útil en el análisis del componente de cuencas hidrográficas. Cabe mencionar que se privilegió aquella información obtenida que refiera a las funciones, intervenciones, actividades y usos que se desarrollan en el territorio de la cuenca en sus aspectos económicos, sociales y ambientales.

El inventario de información de cuenca incluyó datos pertinentes a la gestión de la cuenca, a saber:

- Características biofísicas: suelos, topografía, geología y geomorfología, caracterización climática.
- Usos de suelo
- Datos sobre el nivel de caudal y precipitaciones de la cuenca en estudio.
- Datos de clase de sitio
- Datos de calidad de sitio forestal
- Características demográficas
- Actividades Económicas

Para esta fase de recopilación de información y preparación, se crearon materiales cartográficos, con el software ArcGis y tablas, para el análisis de los componentes y así presentar un inventario adecuado que identifique problemas, conflictos y potencialidades que tenga la cuenca en estudio para realizar un óptimo diagnóstico.

6.2. Diagnóstico de la cuenca del Rio Leufucade.

En esta fase se generó una reflexión, análisis y sistematización de toda la información, recopilada y clasificada en la fase previa, suficiente y necesaria para conocer precisamente la situación actual del sistema regional de cuencas hidrográficas.

Se diagnosticó información sobre las correspondientes problemáticas y potencialidades que tiene la cuenca del Río Leufucade. Constituyendo una línea base técnico-social que integró diferentes elementos de análisis de problemáticas y potencialidades de la cuenca en estudio, considerando las dinámicas biofísico-sociales, económicas y ambientales. Se generó un escenario biofísico y socioeconómico natural para crear discusión sobre la evolución futura que tendrá la cuenca. El diagnóstico realizado describe y considera lo expuesto en el inventario para interpretar la configuración y funcionamiento de la cuenca.

6.2.1. Diagnóstico comunidades indígenas y centros poblados presentes en la cuenca del Rio Leufucade.

Mediante datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadísticas en conjunto con IDE (Infraestructura de Datos Espaciales de la Región de Los Ríos) se identificaron los asentamientos humanos presentes en la cuenca, con la finalidad de identificar la cantidad de población que existe, así como su localización, sus tendencias y procesos demográficos.

6.2.2. Diagnóstico la cuenca del Rio Leufucade respecto a sus actividades socioeconómicas

Caracterizar la base socioeconómica de la cuenca en estudio llevó a identificar los principales sectores, actividades económicas y productivas que se desarrollan en conjunto con su expresión en el territorio, relacionando las principales actividades productivas con el consumo de agua de la cuenca del Río Leufucade.

6.2.3. Diagnóstico del Balance Hídrico de la Cuenca del Río Leufucade.

En esta fase se analizó y describió primeramente los datos de caudales y precipitaciones que presenta la cuenca del Río Leufucade desde el año 2014 al 2017 con datos obtenidos de la estación Purulón de la Dirección General de Aguas. De igual forma, se analizó el contexto regional de precipitaciones, con datos temporales de las estaciones de la Dirección General de Aguas, para obtener un conocimiento aproximado de la cantidad de precipitaciones que ha tenido la Región de Los Ríos. Asimismo, se relacionaron los datos obtenidos con informes y documentos que demuestran los periodos de sequías y variabilidad climática que han afectado los últimos años tanto al país como a la región. También, se evaluó el tipo de cobertura vegetal actual que tiene la cuenca en estudio y como ésta afecta al régimen de agua.

Los datos obtenidos del diagnóstico se evaluaron mediante un análisis FODA, que ayuda al análisis de las Fortalezas (factores críticos positivos), Oportunidades (aspectos positivos que se pueden aprovechar utilizando las fortalezas), Debilidades (factores críticos negativos que se deben eliminar o reducir) y Amenazas (aspectos negativos externos que podrían obstaculizar el logro de los objetivos).

6.3. Generación de escenarios

Esta fase de la metodología fue congruente con el diagnóstico actual del territorio de la cuenca del Rio Leufucade. Todo lo desarrollado en el inventario y diagnóstico, otorgó la situación actual junto con las tendencias de la cuenca. Se realizaron dos escenarios alternativos, con distinta cobertura vegetacional con el software ArcGIS. Uno con visión proteccionista y otro conservacionista, para analizar los indicadores de cobertura vegetal, manejo de las actividades económicas y asentamientos humanos, con el objetivo de obtener una mejor producción de agua de la cuenca en estudio.

6.3.1. Escenario 1: conservacionista

I. Capacidad de suelo agrícola

- En la clase II Y III se orientó específicamente a los usos de suelos agrícolas y/ o praderas, debido a que son suelos apropiados para los cultivos agrícolas, pastos, pastoreo, entre otros usos. El bosque nativo existente en esta zona, no se modificó, debido a la Ley Nº 20.283 (Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal) que establece normas de protección ambiental, mediante reglas que resguardan ciertos valores ecológicos. La primera norma del Título III apunta a la obligación de que la corta de bosques nativos deberá ser realizada de acuerdo a las normas que se establezcan en la propia Ley, sin perjuicio de lo que establezca la Ley Nº 19.300, es decir, la corta de bosque nativo también debe someterse en su caso, al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, esto con el fin de preservar no solo la masa forestal a intervenir, sino que también resguardar la calidad de las aguas, evitar el deterioro de los suelos y la conservación de la diversidad biológica. Junto a esta norma general, se especifican una serie de prohibiciones que abarcan a todo tipo de corta de bosque nativo.[15]
- La clase VI y VII son zonas de nula producción agrícola, por lo cual se priorizó por los usos forestales, como el bosque nativo y las plantaciones exóticas. En este sentido, se clasificaron las ocupaciones forestales según la calidad de sitio forestal.
- La clase IV tiene una baja producción agricola, debido a que, son muy limitados, con métodos intensivos de manejo para lograr una producción óptima. En esta clase se consideró que en las zonas de mayor altura (>200 metros), se opto por los usos forestales, debido a que la baja producción mas las altas pendientes pueden aumentar la erosión y por ende afectar la producción de agua. Sin embargo, la definición del uso por el cual se optará dependerá también de la calidad de sitio forestal y la cantidad de comunidades y centros poblados que existan en ella.

II. Calidad de sitio forestal

La calificacion de de las zonas óptimas para el desarrollo de plantaciones forestales está definido en el trabajo de Gerding (1994). En esta evaluación se definieron distintos parametros que interactuan en un territorio y que influyen en la producción de las especies exóticas en el rubro forestal. El resultado de esta clasificacion en la cuenca del Río Leufucade arroja que:

a) Zonas con buena calidad de sitio forestal, presentan una alta productividad forestal tanto de *E. nittens*, *P. radiata, P.oregon.* El tipo de uso forestal de estas zonas dependera de la clase de suelo (principalmente las clases VI y VII) y de la altitud (<500 metros). Las zonas que presentan estas caracteristicas son: 1-0.3; 2-0.1; 2-0.4; 2-0.3; 2-0.6; 2-0.7.

[15] Veasé Ley 20.283 Op. Cit. Arts. 8 y 15

b) Zonas con moderada calidad de sitio forestal, presentan una productividad moderada en las especies *E. nittens*, *P. radiata, P.oregon*. El tipo de uso forestal dependerá de los criterios mencionados anteriormente, sin embargo, dado que la productividad forestal no es muy alta, no será la primera prioridad en el ordenamiento de los usos de suelo. Las zonas que presentan estas caracteristicas son: 2-0.5; 3-0.1.

c) Zonas con baja calidad de sitio forestal, presentan una baja productividad forestal por lo cual en ella no deberían existir plantaciones forestales que contengan las especies *E. nittens*, *P. radiata, P.oregon*. Las zonas que presentan estas caracteristicas son: 1-0.2; 2-0.2.

III. Prioridades de uso de suelo

Con los criterios de Clase de suelo y Calidad de sitio forestal ya establecidos, se procedió a relacionar ambos parametros con el fin de obtener las prioridades de uso de suelo para cada una de las combinaciones entre los criterios (Tabla 1).

Tabla 1. Definición de las prioridades de uso de suelo en funcion de la relación entre Clase de suelo y Calidad de sitio forestal.

	ZONA – DISTRITO-ÁREA DE CALIDAD DE SITIO FORESTAL									
CLASE DE CAPACIDAD DE USO DEL SUELO	**1-0.2**	**1-0.3**	**2-0.1**	**2-0.2**	**2-0.3**	**2-0.4**	**2-0.5**	**2-0.6**	**2-0.7**	**3.0-1**
II	**Agr**			**Agr**	**Agr**		**Agr**	**Agr**	**Agr**	
III	**Agr** **BN**		**Agr** **BN** **PF**	**Agr** **BN**	**Agr** **BN** **PF**			**Agr** **BN** **PF**	**Agr** **BN** **PF**	**Agr** **BN**
IV	**BN** **Agr**	**PF** **BN**	**PF** **BN** **Agr**	**Agr** **BN**	**PF** **BN** **Agr**	**PF** **BN** **Agr**		**PF** **BN** **Agr**	**PF** **BN** **Agr**	**BN** **Agr**
VI	**BN**	**PF** **BN**	**PF** **BN**	**BN**		**PF** **BN**	**BN** **PF**	**PF** **BN**	**PF** **BN**	**BN**
VII	**BN**	**PF** **BN**	**PF** **BN**	**BN**		**PF** **BN**	**BN** **PF**	**PF** **BN**	**PF** **BN**	**BN**

Donde Agr corresponde a las praderas y sectores de produccion agricola; BN corresponde a bosque nativo; y PF a las plantaciones forestales exoticas. Cuando no se intersectan las zonas de calidad de sitio forestal con las clases agricolas se presennta como un espacio en blanco. Fuente: Elaboración propia.

IV. Criterios adicionales

Para la definición de qué usos de suelo corresponderán a cada una de las zonas vistas anteriormente, se utilizó como herramienta principal la Tabla 1. Sin embargo, se utilizaron complementariamente otros criterios para obtener un análisis más acabado y pulcro.

1. **Altura**: En todas las zonas que se encuentren a más de 500 metros de altura se estableció únicamente bosque nativo (BN). Esto es debido a que, dadas las condiciones climáticas a estas alturas, la productividad de la industria forestal es baja, sumado al gran impacto por erosión que producen las prácticas forestales (mayores precipitaciones en zonas de tala-rasa).
2. **Bosques riparios**: Alrededor de los cursos de agua se establecieron 60 metros de bosque riparios (30 metros a cada orilla), según el Decreto Nº 82 de 2011 Reglamento de suelos, aguas y humedales de la Ley Nº 20.283, el cual, define Zonas de protección y actividades que prohíben la eliminación o menoscabo de la vegetación asociada a cauces y cuerpos de agua.
3. **Comunidades y centros poblados**: se definió una zona buffer de 500 metros a cada centro poblado y en las cuales no podrá haber bosques.
4. **Altura en zonas con Clase IV**: En las zonas con clase IV y que se encuentren a más de 200 metros de altura, se priorizará para los usos forestales, tales como bosque nativo y plantaciones exóticas. No obstante, esta disposición no será absoluta, dado que se evaluarán según las condiciones presentes en estas zonas.

V. Índice de escorrentía superficial.

Para calcular el escurrimiento medio o volumen medio en cuencas pequeñas o áreas de drenaje reducidas, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento, de tal manera que la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\boldsymbol{Vm = A * C * Pm}$$

Donde: Vm = Volumen medio que puede escurrir (miles de m^3). A = Área de la cuenca (km^2) C = Coeficiente de escurrimiento que generalmente varía de 0.1 a 1.0. Pm = Precipitación media (mm).

El coeficiente C es una medida de la proporción de la lluvia que se convierte en escorrentía. Los factores que afectan al coeficiente de escorrentía son el tipo de suelo, el uso de suelo de la cuenca y la pendiente del terreno. Los coeficientes de escorrentía para cada uso de suelo se estimaron mediante los siguientes coeficientes:

- (Lara et al 2009) estiman el coeficiente de bosque nativo en 0.2 y de plantaciones forestales exóticas en 0,6.
- Las zonas urbanas según Castellón (2014) se estiman en 0,5 correspondiente a zonas de viviendas medias altas.

- Las praderas según ASCE (1972) & Viessman et al. (1977), citado por Ministerio de vivienda y urbanismo (1996) estima para praderas de suelos arcillosos y pendiente media, un coeficiente de 0.2
- Los terrenos agrícolas se estimaron según Velasco y Molina (1991) que estiman para este uso de suelo un coeficiente promedio de 0,3.
- Los matorrales según Benitez et al (1980) citado por Lemus y Navarro (2003) estima para este uso un coeficiente promedio de escorrentía de 0,3.

6.3.2. Escenario 2: proteccionista

En este escenario se simplificarán los criterios (en relación con el Escenario 1) a utilizar para el ordenamiento de los usos de suelo de la cuenca del Río Leufucade. En este sentido, el parámetro principal a utilizar serán las Clases de suelo agrícola. Esto es debido a que para este escenario no existirán las plantaciones forestales exóticas, por lo cual solamente se considerarán en este análisis las praderas (y zonas agrícolas) y el bosque nativo. Por lo tanto, la clasificación de los usos de suelo será:

1. Clases II y III: Debido a las buenas condiciones que presentan estas clases de suelo, se orientara únicamente en los usos de suelo de carácter agrícola, pastos y pastoreo.
2. Clases VI y VII: Dadas las nulas condiciones que presentan estas clases de suelo para la productividad agrícola, se consideró que estas zonas serán únicamente de bosques nativos.
3. Clase IV: De forma similar a lo ocurrido en el escenario 1, en esta clase se separó en dos clasificaciones que dependen de la altura en la cual se encuentran: a) zonas con clase IV menores a 200 metros de altura, se consideró como pradera y zonas agrícolas; zonas con clase IV mayores a 200 metros, se consideró únicamente como bosque nativo.

7. RESULTADOS

7.1. Inventario

7.1.1. Características biofísicas

El clima de la cuenca en estudio es templado lluvioso con influencia mediterránea[16]. Presenta extensas precipitaciones anuales que alcanzan los 1.800 mm con una temperatura promedio anual que varía entre los 10° y 12° C. Las precipitaciones liquidas son más abundantes entre los meses de mayo y agosto. Entre enero y marzo se produce el mayor déficit hídrico anual (Tabla 2). [17]

Gran parte de la cuenca en investigación se encuentra ubicada en la comuna de Lanco. Esta comuna tiene terrenos sinuosos y accidentados. Posee zonas intermedias y valles que bordean al Río Leufucade y el Río Cruces. La cabecera de la cuenca en estudio se ubica en la comuna de Panguipulli. Esta comuna se caracteriza por variados periodos de glaciación los cuales originaron diversas formas creadas por depósitos morrénicos, fluvioglaciares y glacilacustres, los que ocupan zonas de borde del sistema lacustre de la comuna.

Tabla 2: Precipitaciones mensuales de la cuenca del Rio Leufucade entre los años 2014 y 2017.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	162	76,8	146,6	81,9	194,2	294,5	262,6	138,4	168,6	83,4	45	49,6
2015	0,6	0,2	15,3	102,4	240,7	292	435,8	283,8	117,3	88,2	53,1	76,9
2016	4	15	33,1	116,2	88,9	35,3	274,2	193,9	73,9	131,5	58,2	69,4
2017	41,6	73,9	61	80,7	147,2	274,9	138,3	352,1	92,3	181,4	36,3	42,4

Fuente: Datos otorgados por la estación ubicada en sector Purulon, DGA 2018 (Longitud W: 72° 41' 27" y Latitud S: 39° 28' 41" Altitud (msnm): 97

Tabla 3: Caudales mensuales de la cuenca del Rio Leufucade entre los años 2014 y 2017.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	7,85	7,29	7,16	9,07	20,49	68,49	41,70	62,19	30,58	16,57	9,89	6,16
2015	4,23	3,17	2,81	3,99	6,82	59,85	65,10	77,13	39,54	30,33	10,56	8,30
2016	4,92	3,83	3,44	4,99	4,62	4,89	19,12	38,65	16,61	14,06	11,15	8,06
2017	5,59	4,65	4,92	4,86	9,53	35,04	33,35	55,87	48,34	39,51		

[16] Según JKROOTEJ 1994. Véase Pladeco de la Comuna de Lanco 2015-2019 pag20

[17] Información obtenida del Plan de desarrollo comunas de Panguipulli 2013-2017

La cuenca del Río Leufucade, presenta rellenos de sedimentos fluviales formados por erosión fluvial e influencia tectónica. [18] Además, presenta depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa (con edad máxima del Pleistoceno y edad mínima del Holoceno), igualmente, presenta depósitos morrénicos, fluvioglaciares y glaciofluviales (con edad máxima del Pleistoceno y edad mínima del Holoceno).[19] Se caracteriza por tener rocas metamórficas, es decir rocas que tuvieron un proceso de metamorfismo, el cual es una respuesta a cambios físicos y químicos en el entorno de una roca ya preexistente. Estas rocas, se ubican en el sentido este-oeste de la cuenca. [20] En la zona aguas arriba de la cuenca, que como se mencionó anteriormente pertenece a la comuna de Panguipulli, presenta formaciones rocosas de origen sedimentario volcánico del periodo Terciario y Cuaternario y rocas hipabisales e intrusivas pertenecientes a los períodos Jurásico Terciario. Existen infiltraciones de aguas meteóricas las que escurren por el subsuelo hasta cuerpos lacustres como el Lago Panguipulli en el cual se infiltran las aguas a través de material morrenico ocasionando un constante suministro a los acuíferos. A su vez, la cuenca presenta yacimientos minerales metálicos (Tabla 4) y cuatro sectores de yacimientos no metálicos, 3 son de Áridos y 1 de Diatomita. Los yacimientos de Áridos son sedimentarios-clásicos con tipo de roca volcánico-sedimentario y se encuentran en explotación.

Tabla 4. Yacimientos minerales metálicos en la cuenca del Río Leufucade.

Nombre			
Huenuye (Estero Chaura)	Au	Pirulon del Fundo Huerma (est.Loncoche)	Au
Estero Chaura (Malalhue)	Au	Rio Leufucade	Au
Contra (Rio Leufucade)	Au	Huecima	Au
Huenuye	Au	Purulon	Fe
Estero Huillileufu y Troltrohue	Au	Hueima	Fe
Estero Cuinco	Au	Estero Lumaco	Au

Fuente: Infraestructura de datos espaciales (IDE) Región de Los Ríos.

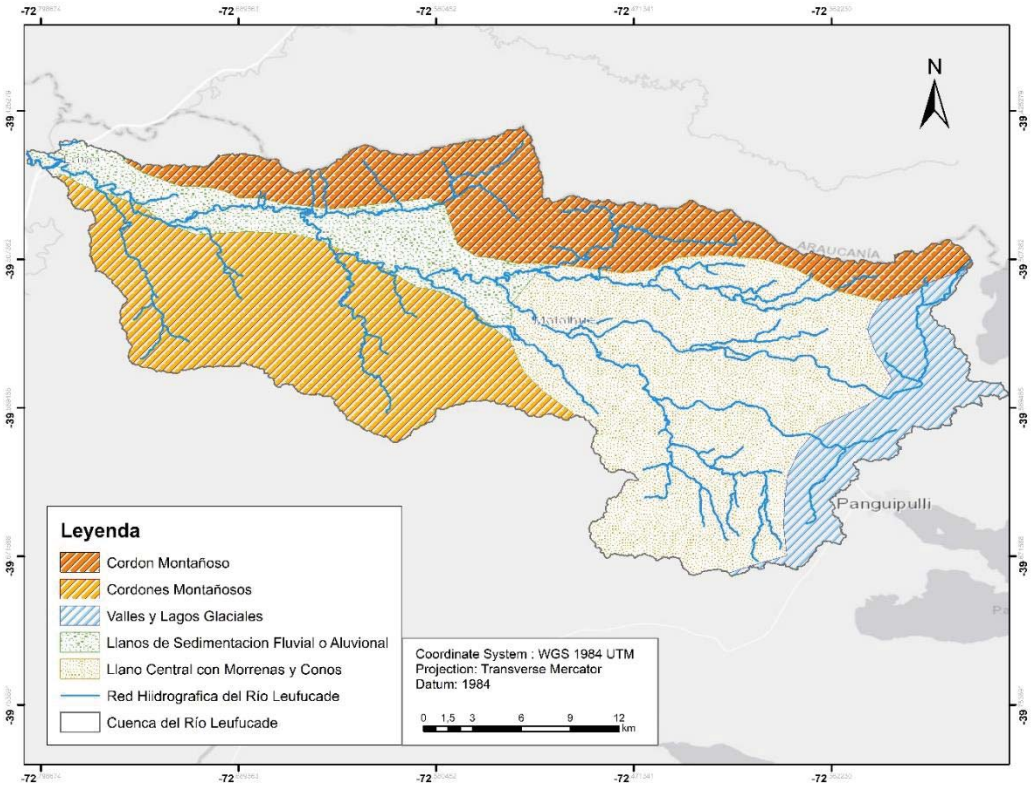
[18] http://www.ceachile.cl/Cruces/Geologia_y_geomorfologia.htm

[19] Véase Ide región de los ríos

[20] Subiabre y Rojas 1994, citados en I. Municipalidad de Lanco, Plan de Desarrollo Comunal, Área Ordenamiento Territorial y Recursos Naturales, Parte III, Informe Final, 2006)

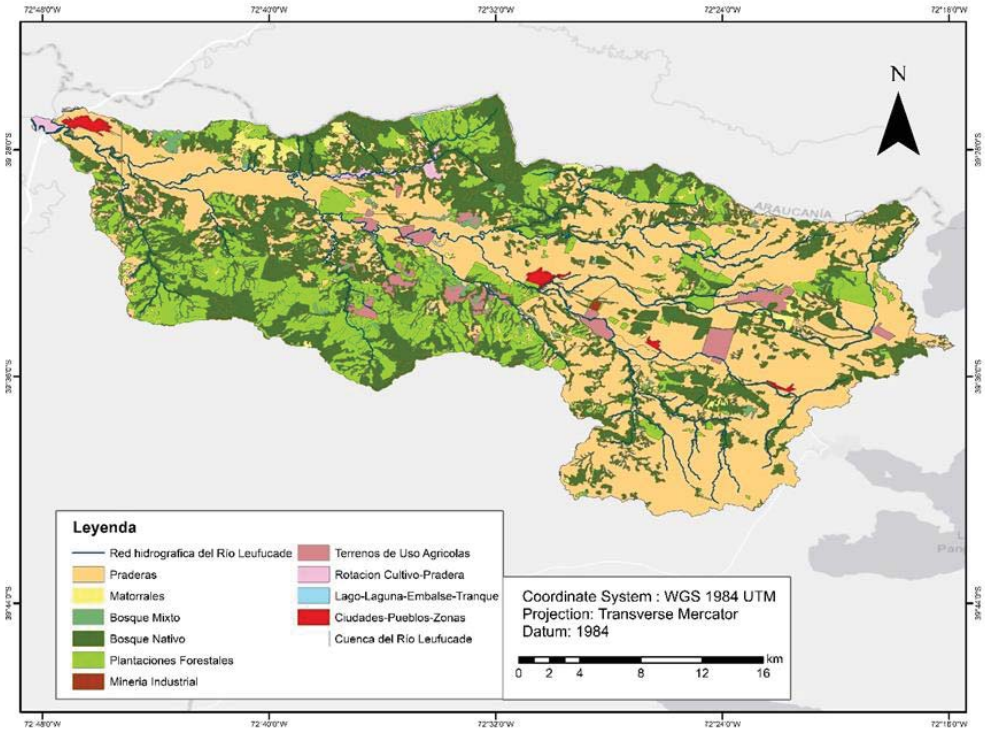
En cuanto a la Geomorfología, el Río Leufucade, nace en el margen este del naciente valle central. Las unidades geomorfológicas presentes se clasifican en: Cordón Montañoso, Cordones Montañosos, Llano central con morrenas y conos, Llanos de sedimentos fluvial o aluvial y Valles y lagos glaciales.

Figura 5. Geomorfología de la cuenca del Río Leufucade (IDE Los Ríos, 2014)



7.1.2. Usos de suelo

La **Figura 6** presenta la distribución de los usos del suelo de la cuenca del Leufucade. Fuente: SIT CONAF (2013)



7.1.2.1. Plantaciones Forestales

Corresponde a un bosque en el cual su estrato arbóreo está compuesto mayoritariamente por especies exóticas. En la cuenca en estudio se caracterizan por ser plantaciones jóvenes recién cosechadas y adultas. Las Plantaciones Forestales ocupan un total de 13.435,76 ha de la cuenca en análisis. Las especies identificadas se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Plantaciones Forestales presentes en la cuenca

Pinus Radiata	Pino Insigne
Eucalyptus Globulus	Eucalipto
Eucaluptus Nintens	Eucalipto
Pseudotsuga Menziesii	Pino Oregón
Sequoia Sempe	Sequoia

7.1.2.2. Praderas y Matorrales:

Corresponde a zonas con cuentan con formaciones arbustivas, herbáceas y arbustivos- herbáceas. Se distinguen en; Matorral, Matorral Arborescente y Praderas perennes. De cobertura abierta, semidensa y densa. Las Praderas y Matorrales ocupan un total de **31378,9** ha de la cuenca en análisis. Las especies identificadas se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Praderas y Matorrales presentes en la cuenca.

Matorral	*Rubus Ulmifolius*	Zarzamora
Matorral	*Chusquea Quila*	Quila
Matorral	*Fuchsia Magellanica*	Chilco
Matorral	*Rosa Moschata*	Rosa Mosqueta
Matorral	*Buddleja globosa*	Matico
Matorral Arborescente	*Aristotelia Chilensis*	Maqui
Matorral Arborescente	*Myrceugenia Excussa*	Pitra
Matorral Arborescente	*Lomatia Ferruginea*	Fuingue
Matorral Arborescente	*Berberis Buxifolia*	Calafate
Matorral Arborescente	*Chusqyea Coleu*	Colihue
Matorral Arborescente	*Gaultheria mucronata*	Chaura
Matorral Arborescente	*Laurelia Sempervirens*	Laurel
Matorral Arborescente	*weinmannia trischosperma*	Tineo-Palo Santo
Matorral Arborescente	*Ribes Punctanum*	Zarzaparrilla
Praderas Perennes	*Holcus Lanatus*	Pasto Miel
Praderas Perennes	*Taraxacum Officianalis*	Hierba del chancho
Praderas Perennes	*Dactylis Glomerata*	Pasto Ovillo

7.1.2.3. Bosques Nativos y Mixtos

Se califican por tener estructura: renoval, (bosque nativo secundario originado ya sea de semillas y/o reproducción vegetativa después de una perturbación antrópica o natural; adulto (bosque primario por lo general heterogéneo en cuanto a su estructura vertical) y adulto renoval (bosques con ambas estructuras mezcladas, originados por la intervención humana u ocasionados por desastres naturales, donde parte del bosque es removido dando la oportunidad al establecimiento de nuevos individuos entre el bosque original). Su cobertura es densa, semidensa y abierta. Los bosques nativos y mixtos ocupan un total de 19.823,92 ha de la cuenca en análisis. Las especies reconocidas son las que se mencionan en la Tabla 7.

Tabla 7. Especies vegetales presentes en Bosques Nativos y Mixtos de la cuenca

Nothofagus Oblicua	Roble
Nothofagus Dombeyi	Coihue
Nothofagus Alpina	Raulí
Eucryphia Cordifolia	Ulmo
Gevina Avellana	Avellano
Laurelia Philippiana	Tepa
Lomatia Hirsuta	Radal
Luma Apiculata	Arrayan
Persea Lingue	Lingue
Maytenus Boaria	Maitén
Amomyrtus Meli	Luma
Rhaphithamus Spinosus	Arrayan Macho
Aextoxicon Punctatum	Olivillo
Acer sp	Alerce Europeo
Drimys winteri	Canelo
Laurelia Sempervirens	Laurel
Blepharocalyx cruckshanksii	Temu
Saxegothaea conspicua	Mañío de hojas cortas
Podocarpus Nubigena	Mañío de hojas punzantes
Podocarpus Saligna	Mañío de hojas largas
Chusquea Coleu	Colihue
Embotthrium coccineum	Notro

7.1.2.4. Terrenos de usos agrícola y rotación cultivo-pradera

Corresponde a zonas actualmente destinadas a la producción agropecuaria. En la cuenca en estudio se encuentra en menor medida las rotaciones de cultivos y praderas a diferencia de los usos agrícolas Estos usos, ocupan un total de **1.891,42** ha de la cuenca en análisis.

7.1.2.5. Ciudades – Pueblos y Zonas Industriales:

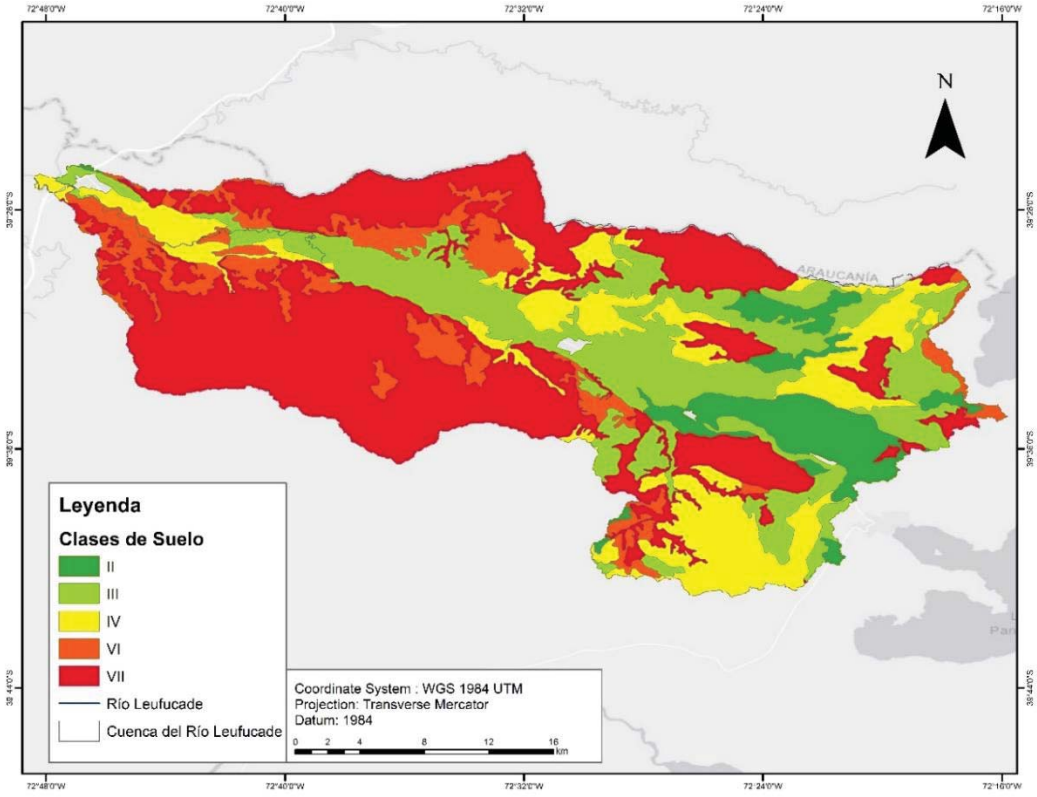
La gran mayoría ubicada en la comuna de Lanco. Comprende un total de **363,67**ha de la cuenca en estudio.

7.1.3. Capacidad de uso del suelo

El Comité de la Sociedad de la Ciencia del Suelo Americana define la calidad del suelo (CS) como *"la capacidad funcional de un tipo específico de suelo, para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y sostener el asentamiento y salud humanos, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo"*. La agrupación de los suelos en Clases de Capacidad de Uso (Figura 7), es una ordenación de los suelos existentes, para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos; además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Está basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos. Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, que se designan con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso (SAG, 2001).

Clase I: Estos suelos tienen pocas limitaciones que restringen su uso. Suelos casi llanos con pequeños problemas de erosión. Suelos profundos, generalmente bien drenados y fáciles de trabajar, tienen buena capacidad de retención de agua, están bien provistos de nutrientes y responden a la fertilización. No están sujetos a daños por inundaciones, con clima favorable para el crecimiento de muchos de los cultivos agronómicos comunes, productivos y adecuados para un cultivo intensivo En caso de drenaje artificial del suelo, el sistema de drenaje deberá ser tal que pueda operarse sin necesidad de métodos especiales.

Figura 7. Clases de suelo agrícola de la cuenca del Rio Leufucade. Fuente CIREN (2013) "CC BY 4.0 CIREN"



Clase II: Los suelos de esta clase tienen algunas limitaciones que reducen los cultivos posibles de implantar o requieren moderadas prácticas de conservación. Son apropiados para el cultivo con métodos sencillos en forma permanente. Pueden ser usados para cultivos agrícolas, pastos, pastoreo, intensivo o extensivo, producción forestal, conservación, etc. Las limitaciones de los suelos de esta clase pueden incluir: Susceptibilidad moderada a la erosión por el agua o el viento, profundidad menor de la de un suelo ideal, daños por inundaciones. Los métodos de mejora que se pueden aplicar según su combinación de las características del suelo, clima y sistemas de cultivo de cada lugar, son: Lucha contra la erosión, conservación del agua del suelo, remoción de piedras.

Clase III: Son suelos aptos para cultivo permanente utilizando métodos intensivos. Estos suelos presentan severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación o ambas. Pueden ser utilizados para cultivos agrícolas, pastos, pastoreo extensivo, producción forestal, mantenimiento de la vida silvestre, entre otras. Las limitaciones de estos suelos pueden ser: Pendientes moderadamente elevadas, alta susceptibilidad a la erosión por agua o viento, o efectos adversos severos de pasadas erosiones, frecuentes inundaciones. Las mejoras incluirían Medidas

contra la erosión (rotaciones extensas de cultivos, cultivos de fajas, desagües, zanjas de desvío, entre otras), drenaje y métodos intensivos de riego.

Clase IV: Son suelos apropiados para cultivos ocasionales o muy limitados con métodos intensivos. Estos presentan limitaciones muy severas que restringen la elección de la clase de cultivo o requieren un manejo cuidadoso, o ambos a la vez. Pueden ser usados para cultivos agrícolas, pastos, producción forestal, mantenimiento de la vida silvestre, entre otras. Terrenos de uso limitado (generalmente no aptos para cultivos y adecuados para praderas y árboles). Las limitaciones de esta clase son: Pendientes muy pronunciadas, susceptibilidad severa a la erosión por agua o viento, frecuentes inundaciones, moderados efectos adversos del clima, salinidad o alcalinidad severa.

Clase V: Los suelos de esta clase no son apropiados para cultivo, pero son adecuados sin limitaciones de carácter especial para vegetación permanente, como praderas y masas arbóreas. No tienen problemas de erosión, pero poseen otras restricciones que no resulta práctico eliminar, que limitan su aptitud a pastos, masas arbóreas o mantenimiento de la vida silvestre. Las limitaciones de estos suelos son: Hidromorfia permanente, incluso tras drenaje, inundaciones frecuentes por cursos de agua, elevada pedregosidad. En estos suelos no hay necesidad de prácticas especiales para proteger el suelo, si bien para mejorar la producción convendría restringir el pastoreo o el corte de árboles maderables.

Clase VI: Estos suelos son adecuados para soportar una vegetación permanente, pudiéndose dedicar a pastos o bosques con restricciones moderadas. No son adecuados para cultivo y las limitaciones severas que tienen restringen su uso a pastoreo, masas forestales y mantenimiento de la vida silvestre. Son suelos con limitaciones permanentes no corregibles, tales como: Pendientes muy pronunciadas, susceptibles a erosión severa, excesiva humedad o inundabilidad, baja capacidad de retención de agua. Es necesario aplicar medidas de mejora para los pastos, tales como siembras, abonos, encalados, división racional de los rebaños, división racional de los rebaños, a veces exclusión total del ganado durante algún tiempo o bien prácticas de drenaje, como surcos a nivel, canalizaciones o prácticas de ambos tipos a la vez. El mal cuidado de estos suelos puede conducir al agotamiento de la vegetación.

Clase VII: Son suelos apropiados para mantener una vegetación permanente con severas restricciones. Tienen limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos y restringen su uso, fundamentalmente, al pastoreo. Las limitaciones son más severas que de la clase VI, tales como: Pendientes muy pronunciada, erosionabilidad muy alta, suelos superficiales de muy poco espesor, pedregosidad elevada, clima desfavorable. Estos suelos no pueden ser usados con libertad para pastoreo, salvo que se apliquen prácticas de manejo, tales como, fertilización abundante, regulación cuidadosa del pastoreo, resiembras de protección, entre otras. Se recomienda que la mayor parte de estos suelos deban destinarse a bosques más que a pastos, en cuyos casos se deberá excluir el ganado, prevenir los incendios y seleccionar los ejemplares de corta.

Clase VIII: Estos suelos no son apropiados para el cultivo ni para la producción de vegetación útil y permanente. Comprende principalmente terrenos quebrados, pedregosos, áridos o pantanosos, imposibles de desecar. Su uso está excesivamente limitado, solo debe ser usado para recreo, abastecimiento de agua, mantenimiento de la vida silvestre o propósitos estéticos.

Como resumen de lo señalado se presenta la **Tabla 8.** Fuente: Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. (1981)

TIPOS DE USOS	CLASES AGRICOLAS							
	Aptas para cultivo y otros usos				Generalmente no aptas para cultivo			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Cultivos	x	x	x	x				
Pastos	x	x	x	x	x	x		
Pastoreo	x	x	x	x	x	x	x	
Forestal	x	x	x	x	x	x	x	
Vida Silvestre	x	x	x	x	x	x	x	x
CARACTERISTICAS DEL TERRENO								
Pendiente	Llana	Suave	Moderadamente Fuerte	Fuerte	Suave	Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte
Erodabilidad	Nula	Moderada	Alta	Severa	Severa	Severa	Severa	Severa
Peligro de inundación	Nulo	Ocasional	Frecuente	Frecuente	Frecuente	-	-	-
Profundidad del suelo	Ideal	Menor que la ideal	Somera	Somera	Somera	Somera	Somera	Somera
Estructura del suelo y facilidad de laboreo	Buena	Algo desfavorable	-	-	-	-	-	-
Drenaje	Bueno	Corregible	Muy lento	Suelo anegado	-	Suelo anegado	Suelo anegado	Suelo anegado
Capacidad de retención de agua	Buena	Moderada	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Salinidad	Nula	Débil a moderada	Moderada	Severa	-	Severa	Severa	Severa
Status de nutrientes	Bueno	Moderado	Bajo	-	-	-	-	-

7.1.3.1. Evaluación de la Productividad de Sitios Forestales

Schlatter, Gerding y Huber (1995) definieron sitios de calidad de producción forestal desde la región del Bio- Bio hasta la región de Los Lagos, en un "Sistema de ordenamiento de la tierra" en donde se evaluaron los suelos según los criterios de Laatsch (1967) considerando, (1) Macroclima (2) Clima local y (3) Suelo: características y propiedades físicas y características y propiedades químico-nutritivas. Las unidades geográficas básicas desarrolladas en esta clasificación de la tierra se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Criterios para evaluar la calidad de sitio forestal.

Sistema de ordenamiento de la tierra			CLIMA			SUELO					CALIDAD		
Zona	Distrito	Área	T°	HEL	OTRO	PROF	CAA	ESTR	DRIN	OTRO	Euca	P.rad	P.Oregon
1	0	3	+	\	ps \	+	+	+	+		6.5	I-II	I-II
1	0	2	+	\	ps \	/	+	+	/		4.5	III	III
2	0	1,4	+	\	ps \	+	+	+	+		6.5	I-II	I-II
2	0	5	\	/	ps \	\	+	+	+		5.0	II-III	I-II
2	0	2	+	/	ps \	\	+	+	/		4.0	III	III
2	0	3,6	+	\	ps \	+	+	+	+		6.5	I-II	I-II
2	0	7	+	\	ps \	+	+	+	+		6.0	II	I-II
3	0	1				+	+	+	+		5.5	II	I-II

T° Regimen de Temperatura, PP: Regimen de Precipitaciones anuales HEL : Heladas (frecuencia, intensidad) ps\ : Periodo seco(longitud); PROF: Profundidad arraigable, CAA: Capacidad de agua aprovechable, ESTR: Estructura DRIN: Drenaje Interno; EUCA: Eucalyptus sp. Rango de notas 1 (muy malo) – 7 (excelente), P rad: Pinus Radiata (Pinus Insigne, Pino Radiata, Pino) Clase de Sitio: I: (>30 m) II: (24-30m) III: (<24m)
P.Oreg: Pseudotsuga menziesii (Pino Oregón) Clase de Sitio: I: (alta) II: (media) III: (baja); + : adecuado, positivo, favorable - : inadecuado, insuficiente, limitante \ : + hacia – /: - hacia +

El Sistema se estructura de la siguiente manera y se grafican en la **Figura 8:**

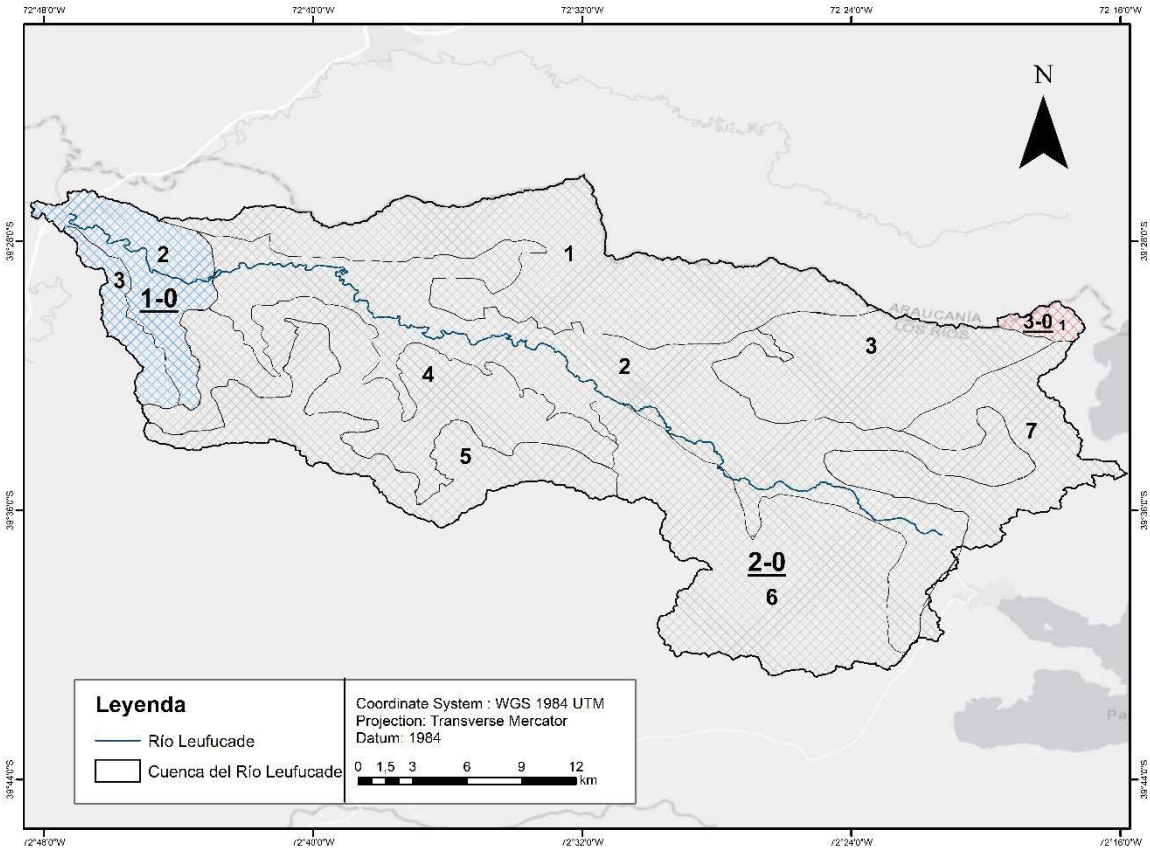
Zona de crecimiento: parte de una región macroclimática, definida por el clima en su variación longitudinal, causada por cambios geomorfológicos mayores (cordilleras). Aplicable para explicar el cambio de especies y diferencias de productividad. Estas subregiones son caracterizadas en base a datos climáticos.

Distrito de crecimiento: subdivisión de la anterior, definida por el clima en su variación latitudinal. Permite precisar la elección de especies forestales y determinar diferencias de productividad en la zona de crecimiento, además de servir de base para diseñar ensayos a gran escala. Está compuesta por varias áreas de crecimiento.

Área de crecimiento: subdivisión de la anterior según unidades geomorfológicas mayores, separándolas por niveles altitudinales (principalmente climáticos) y por materiales de origen de los suelos. Representan grupos de sitios afines para la planificación forestal.

Sitio: unidad geográfica en la cual la productividad forestal es similar. Es definida fundamentalmente por las características físicas del suelo y permite tomar decisiones de manejo forestal a nivel predial.

Figura 8. Zonas de calidad de sitio forestal de la cuenca del Río Leufucade. Según los criterios de calidad de sitio, la zona 2-0.5; y 3-0.1 tiene una calificación regular para las plantaciones de Eucalyptus sp, Pino Radiata y Pino Oregón. La zona 1-0.3; 2-0.1; 2-0.3; 2-0.6 y 2-0.4 tiene una calificación más cercana al excelente para las plantaciones de Eucalyptus sp, Pino Radiata y Pino Oregón. La zona 2-0.2 y 1-0.2 tienen tiene una calificación más cercana a lo menos adecuado para las plantaciones de Eucalyptus sp, Pino Radiata y Pino Oregón. La zona 2-0.2 tiene una calificación buena con respecto a las plantaciones de Eucalyptus sp, Pino Radiata y Pino Oregón. Fuente: Schlatter, Gerding y Huber (1995)

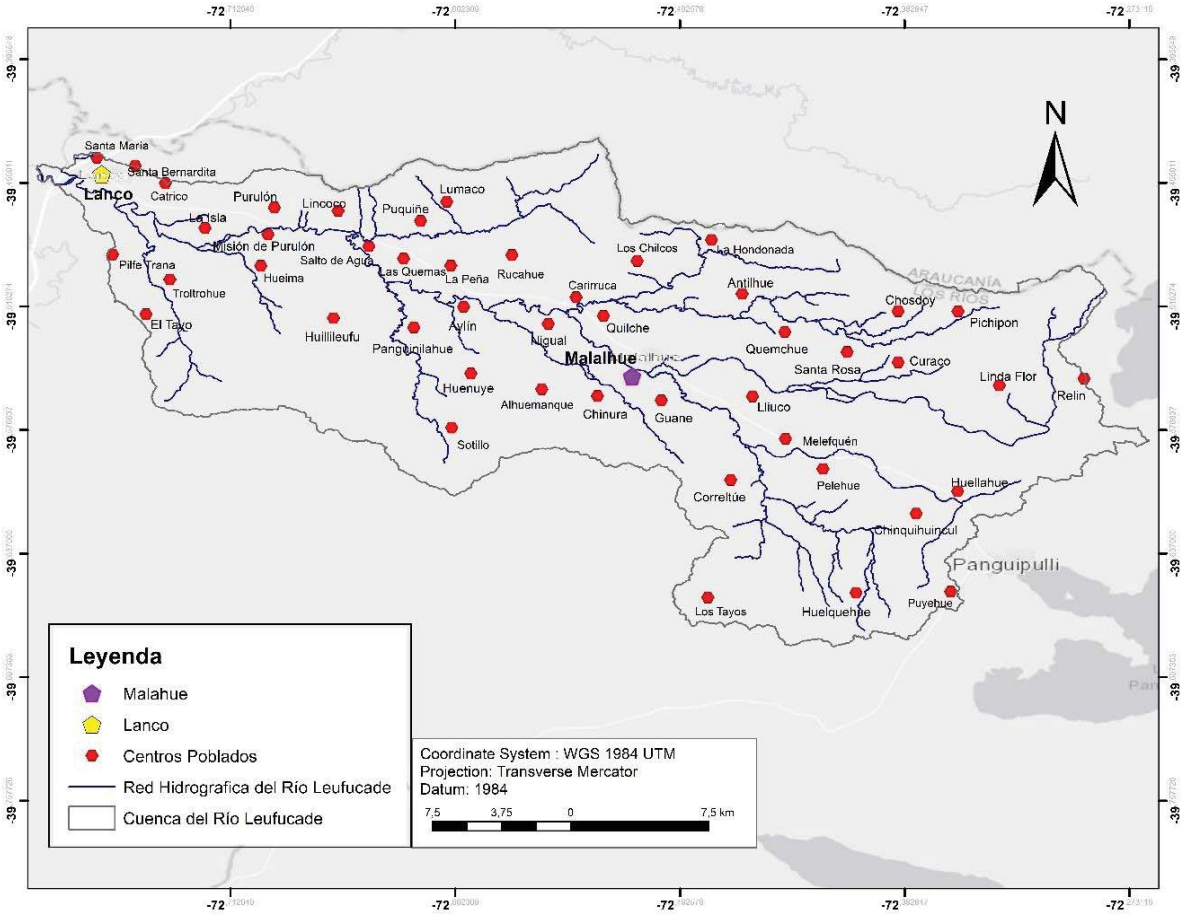


7.1.4. Características Demográficas

Las poblaciones humanas presentes en la cuenca del Río Leufucade se caracterizan por ser urbanas y rurales (Figuras 9 y 10; Tablas 10 y 11).

La localidad de Lanco, según el censo 2017 posee una población aproximada de 8521 habitantes. Exhibiendo un crecimiento moderado en los últimos años. Lanco, tiene una inclinación a la prestación de servicios y comercio, situada en transporte de carga. Según el Pladeco (2008) se presenta a la ciudad de Lanco como una futura *ciudad dormitorio*. [21]

Figura 9. Centros poblados presentes en la Cuenca del Río Leufucade



[21] Se considera una ciudad dormitorio, ya que, un número considerable de sus habitantes se desplazan a trabajar a comunas aledañas (Mariquina y Panguipulli) las que producen empleo un ejemplo de ellas son las empresas Aserradero Arauco, Celulosa Valdivia y Louisiana Pacific

La localidad de Malalhue ("lugar cercado" o "muralla de piedra") inicialmente, fue un poblado relacionado al transporte (tracción animal y pedestre). Posteriormente, fue consolidado como un lugar estratégico para la extracción de recursos como la madera.[22] Según el Censo 2017 cuenta con una población de 3.079 habitantes. Posee una vocación altamente agrícola. Además, se ha visto favorecida por el crecimiento del tránsito de la ruta 203 CH, constituyéndose como una localidad relacionada a la oferta de servicios al transporte y comercio afiliado.[23]

Tabla 10: Localidades rurales según comuna presentes en la cuenca del Río Leufucade.

Comuna de Lanco		Comuna de Panguipulli
Santa Rosa	Huenuye	Los Tallos
Nigual	Alhuemarique	Puyehue
Ailin	Chinura	Huelquehue
Pilfe Trana	Huane	Chinquihuincul
Troltohue	Sotillo	Huellahue
Los Chilcos	Pichipon	Correltue
Rucahue	Chosdoy	Pelehue
Santa Bernardita	Quilche	Melefquen
Salto de Agua	Huillilelfu	Lliuco
Mision de Purulon	El Tayo	Linda Flor
La Isla	Antilhue	Relin
Lincoco	Hueima	Curaco
Lumaco	La Peña	Carirruca
Catrico	Purulon	
Panguinilahue	Quemchue	
La Hondada	Santa Maria	
Las Quemas	Puquiñe	
Quilche		

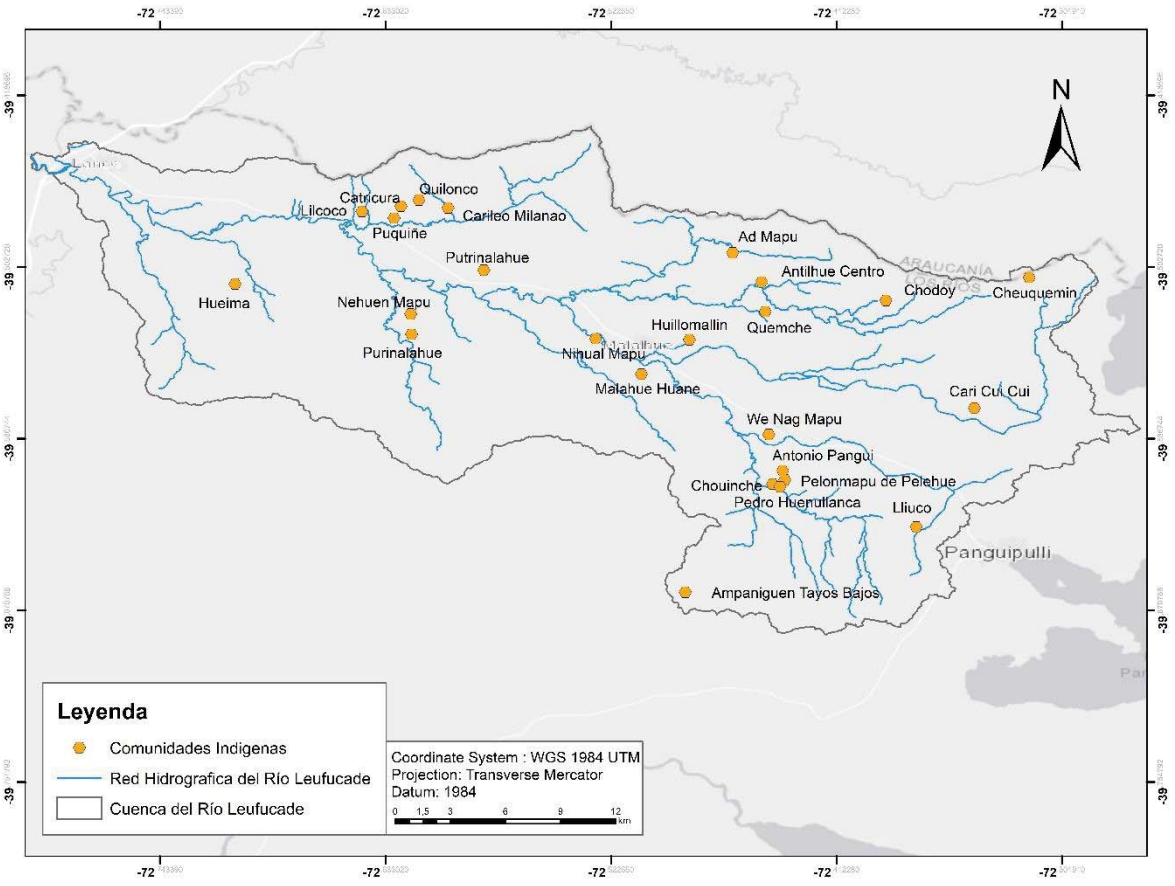
[22] Henriquez. Z, Skewer. J, Guerra. D, Solari. M "¿CONSENSO CONSTRUIDO O CONSTRUYENDO CONSENSO?: *PROPUESTA DE INDICADORES SOCIOAMBIENTALES PARTICIPATIVOS PARA LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO LEUFUCADE, COMUNA DE LANCO, REGIÓN DE LOS RIOS"* Fondecyt. Proyecto F-1090465: "Los Paisajes del Agua: Prácticas Sociales y Sustentabilidad.

[23] Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 Región de Los Ríos pág. 118

Tabla 11: Comunidades indígenas constituidas y reconocidas oficialmente por la Corporación de Desarrollo Indígena (CONADI) que se encuentran presentes en la cuenca del Río Leufucade.

Nombre	Localidad
Canileo Millanao	Puquiñe2
Puquiñe	Puquiñe
Quemchue	Quemchue
Catrieura	Puquiñe
Lilcoco. Ex . Comunidad ind. Jose	Lilcoco
Qulorico	Puquiñe Alto
Chodoy	Chodoy
Putrinilahue	La Peña
Malalhue Huane	Huane
Huillomallin	Huillomallin
Nehuen Mapu	Huima
Ad Mapu	Panguinilahue
Panguinilahue	Antilhue Alto
Antilhue Centro	Panguinilahue
Nihual Mapu	Antilhue Centro
Mauricio Huitra Millanquir	Nihual
Ampaniquen Tayos Bajos	Ancacomoe
Pelonmapu de Pelehue	Tayos Bajos
Chouinche	Pelelhue
Lliuco	Huequehua
Can cui cui	Cari cui cui
Cheuquemil	Linda Flor
We Nag Mapu	Melefquen
Antonio Pangui	Pelehue
Pedro Huenu llanca	Pelehue
Quilche	Quilche

Figura 10. Comunidades indígenas presentes en la cuenca del Río Leufucade. Fuente: IDE los Ríos.



7.1.5. Actividades Económicas

La cuenca del Rio Leufucade posee un importante sector silvoagropecuario, posee actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Existen dos grandes empresas como Cran Chile, dedicada a la agroindustria[24]. y la empresa Lousiana Pacific dedicada a la actividad forestal, ambas ubicadas cercanas a la localidad de Malalhue.

En las localidades de Lanco, Quilche, Malalhue, El Arco, Huenuye, Quilquil, Penehue, Meliquina, Calafquen, Melelfquen y Correltue, se presentan actividades como:

- Plantaciones de frutales mayores (cerezos, ciruelos, manzanas rojas y verdes, entre otras)
- Hortalizas (alcachofa, coliflor, arveja, lechuga, zanahorias, entre otras)
- Ganado Caprino (cabritos, cabras)
- Ganado Ovino (Bueyes, toros, novillos, terneros, vaquillas, vacas), con un total aproximado de 58.114 de animales
- Forrajeos Permanentes, es decir tierra utilizada de manera continuada (durante cinco años o más)[25] En general son zonas aptas para cultivos y crianza de animales.

.

Como se mencionó anteriormente, la actividad forestal contiene plantaciones forestales primordialmente de Eucalipto y Pino, las que ocupan **12.200,95** ha de la cuenca en análisis.

[24]Ocean Spray procesa los berries cultivados por Cran Chile, cabe mencionar que esta última empresa es una de las más grandes e importantes de la comuna de Lanco.

[25] Datos obtenidos del Censo Agropecuario y Forestal 2007

7.2. Diagnóstico

7.2.1. Diagnóstico comunidades mapuches y centros poblados presentes en la cuenca del Rio Leufucade.

El agua representa un soporte vital para ecosistemas y seres humanos. La demanda de agua aumenta mediante el crecimiento de la población humana, no obstante, existe hoy en día una desigualdad en cuanto a la disponibilidad espacial y temporal de agua en distintos territorios. De manera que, los cursos de agua representan uno de los principales elementos en la constitución de asentamientos de población humana respecto a su existencia social, logrando así, establecer modalidades para su acceso, distribución, disposición, significado, entre otros (González 2007).

Con respecto a las comunidades mapuche presentes en la cuenca del Rio Leufucade, estas se presentan como un grupo social con una alta identidad territorial en distintos niveles. En este caso, el agua representa para ellos un rasgo preponderante de la naturaleza local. No solo, significa un lugar estratégico para establecer símbolos y relaciones reciprocas sino también, en su cosmovisión, vida de ritual y prácticas técnicas e instrumentales (Skewes, 2012).

Las comunidades mapuche presentes en el área de estudio se ubican mayoritariamente cercanas a esteros, los que permiten la práctica del autoconsumo e incluso en algunos casos para el transporte de madera (yuntas de bueyes). Algunas familias aun usan estos cuerpos de agua para lavar ropa y lana de la esquila. Además, utilizan el agua de pozos artificiales para el consumo y aseo personal. Otra unidad clave son las *cunetas*[26], las cuales ayudan acarrear aguas lluvias, delimitar territorios e identificar lugares.

El agua, también, se representa como una matriz natural que ayuda a la modalidad de articulación de las identidades locales, esto se establece mediante nodos donde su trasfondo ecológico es de naturaleza hídrica. A diferencia de los centros poblados chilenos, los mapuches crean un vínculo con el mundo hídrico en cuanto al principio del respeto reciproco, incluso, perciben que los comportamientos de las aguas afectan las conductas humanas.

Uno de los principales conflictos territoriales ha sido la alta dominación de la actividad maderera, de la cual, las comunidades mapuches han logrado mantenerse en el territorio. Empresas presentes en la cuenca construyen diques, piletas y presas que además de afectar al curso de las aguas, implantan invasivas estructuras al paisaje. Frente a esto, comunidades mapuches han sentido una amenaza constante hacia su territorio de forma ambiental, politica y cultural, lo cual, ha conllevado a una fuerte "unión de fuerzas" entre las comunidades. Un ejemplo, es la creación de la "Alianza Territorial Mapuche por la defensa del

[26] Se utiliza para denominar a una zanja que se crea a los costados de una carretera o camino para recibir el agua de la lluvia

Cerro Chanleufu", el cual, busca la defensa del cerro Chanleufu[27], a causa de, los fuertes impactos producidos por la empresa forestal Pedro de Valdivia, perteneciente a Forestal Arauco, que involucra los LofMapu de Antilhue, Chosdoy, Quemchue, Huillomallin y Malalhue, por el sur del cerro Chanleufu. Mediante estudios técnicos se concluyó que el modelo forestal de monocultivos de especies de rápido crecimiento (Pino y Eucaliptus) afecta la disponibilidad de agua, generando un desastre ecológico que afecta a las comunidades cercanas. De manera que, comunidades buscan la recuperación y protección de cuencas a través de prácticas de manejo de bosques. Otro ejemplo, es la creación de una Alianza territorial por la defensa del agua con las asociaciones mapuche de la Región de Los Ríos (Asociaciones de Panguipulli, Lanco, Mariquina, Mafil, Los Lagos, Paillaco y Valdivia).

Comunidades cercanas a Malalhue también se han visto afectadas por conflictos socioambientales, sobre todo, con la planta Louisiana Pacific, la cual ha provocado lluvias acidas y una alta contaminación en los esteros y ríos que abastecen a las comunidades vecinas. En definitiva, culpan a esta empresa de los actos de quema de siembras, muerte de animales, disminución de ejemplares y especies de aves, daño a plantas medicinales, alteración de los espacios culturales mapuches, entre otros.[28]

Campañas comunitarias de reforestación también se han hecho presente en la cuenca del Rio Leufucade. Existen convenios para que campesinos cuenten con asistencia técnica gratuita para el manejo sustentable de sus bosques nativos, para así generar experiencias en manejo y forestación de árboles nativos.[29]

Actualmente, varias de las comunidades presentes en la cuenca trabajan en conjunto con los municipios para generar planificación de acciones con la función de generar políticas de trabajo para mejorar las condiciones de vida las comunidades. También, reciben fondos CONADI para mejorar su equipamiento predial, emprendimiento urbano, entre otros, asimismo, la ayuda de INDAP en cuanto al otorgamiento de máquinas para algunas comunidades. Campañas comunitarias de reforestación también se han hecho presente en la cuenca del Rio Leufucade. Existen convenios para que campesinos cuenten con asistencia técnica gratuita para el manejo sustentable de sus bosques nativos, para así generar experiencias en manejo y forestación de árboles nativos.[30]

Es preciso destacar el alto valor cultural mapuche que tiene la cuenca del Rio Leufucade. Las 25 comunidades representan una alta identidad territorial. Sus costumbres y saberes han buscado la manera de mantenerse vigentes, cada año se celebran ciertos ritos fundamentales en la cuenca del Rio Leufucade, por ejemplo, el año nuevo mapuche.

El cuidado y respeto a los espacios religiosos y socioculturales representan un bienestar para las comunidades. Los más antiguos señalan que se debe pedir permiso para ocupar un espacio, extraer

[27] Ubicado al norte de la comuna de Lanco. Se debe agregar, que este cerro suministra agua para los hogares y regadíos a las localidades mencionadas en conjunto con localidades de la Región de la Araucanía. En general, el cerro Chanleufu abastece a unas 2000 familias aprox.
[28] Véase: Comunicado Público. 7 de febrero del 2015 "Declaración de comunidades mapuches por contaminación planta tableros Luciana Pacific".
[29] Programa de Extensión Forestal, ejecutado por la AIFBN
[30] Programa de Extensión Forestal, ejecutado por la AIFBN

productos o transitar. Cada espacio para ellos cumple una determinada función ya sea religiosa, social, medicinal, ecológica, por mencionar algunas. Cuando estos espacios son alterados o vulnerados por otras personas, las comunidades se ven altamente afectadas. Hoy en día existen presiones sobre los bienes naturales, que origina modos de comportamiento poco amables y respetuosas con estos espacios, sobre todo, en cuanto a la desprotección de los bosques y de las aguas del territorio.

Los establecimientos chilenos se ubican generalmente sobre los principales cuerpos y cursos de agua, afiliados a las rutas terrestres, así mismo buscan la domesticación de las aguas para organizar y dirigir la acción de las nuevas poblaciones. A diferencia de las comunidades mapuches, los centros poblados chilenos presentes en la cuenca, suelen implantar sus estructuras al medio hídrico (presas, piletas, diques, entre otros). Califican el agua como una unidad jurídica, instaurando derechos y concesiones que se inclinan a legitimar este recurso.

Los centros urbanos corresponden a Lanco y Malalhue, ambas ubicadas en la comuna de Lanco. Presentan un crecimiento moderado de su población. Se estima que el crecimiento de estas ciudades se debe a una migración interna dentro de la comuna de Lanco, es decir del campo a la ciudad, más que migración por parte de otras ciudades o comunas[31]. Esta situación genera preocupaciones a nivel demográfico en cuanto al insistente modelo de migración campo- ciudad.

Según la proyección INE para el 2015-2020, gran parte de los centros poblados presentes en el área de estudio tendrán una alta tasa de envejecimiento, concentrándose el mayor porcentaje en tramos de 45 a 64 años. Patrón común en varios centros poblados del país. Aun así, en el caso de la comuna de Lanco se observa un repunte significativo en el porcentaje de 0 a 14 años, superior al promedio regional y nacional.

Gran parte de familias concentradas en el sector rural chileno se organizan en Cooperativas y Comités de Agua Potable Rural (CAPR) para administrar las instalaciones y los recursos involucrados en el abastecimiento de agua para consumo humano. Huillomallin, La Isla, La Peña, Purulon, Salto de Agua, Puquiñe, son algunos de los centros poblados que han logrado concretar comités de agua potable rural.[32]

Actualmente el APR de Malalhue, se encuentra realizando una ampliación de cobertura para poder beneficiar a 3.700 personas, además, incluye un mejoramiento del antiguo sistema de agua potable rural. Se considera unos de los proyectos APR más grandes desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas, a través de su Dirección de Obras Hidráulicas, desde la creación de la Región de Los Ríos. Contempla una red de distribución de 20 kilómetros de tuberías, junto a la habilitación de pozos profundos existentes

[31] Véase PLAN DE DESARROLLO COMUNAL DE LANCO 2015 - 2019

[32] En relación a la Región de los Ríos, el agua potable rural en la región cuenta con 70 sistemas bajo tuición de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP y 7 en proceso de incorporación, otras 25 se encuentran a cargo de otros servicios o municipios y se proyectan acciones u obras en 100 localidades rurales en el marco del Programa de APR Semi-concentrado. Programa creado para proteger a las localidades más vulnerables, con la finalidad de dotar agua (de 120 lt/hab/ día) a sectores que tienen más de 50 beneficiarios, con un mínimo de 8 viviendas por kilómetro.

y un sistema de tratamiento de desinfección y utilización de filtros. A su vez se contemplan dos estanques de hormigón armado de 200 metros cúbicos cada uno y 25 metros de altura. El remodelado APR incluye la instalación de 74 nuevos conectados y la reconexión de 344 arranques existentes, además de la urbanización del recinto, como asimismo obras eléctricas y viales. Cabe mencionar, la nueva ley que regula los servicios sanitarios rurales (Ley N°20.998) que impulsa la capacidad de gestión de las organizaciones comunitarias, entregando la prestación del servicio sanitario en el ámbito rural, a los comités o cooperativa.[33] Actualmente se está construyendo uno de los APR más grandes de la comuna de Panguipulli, la cual cuenta con una inversión de dos mil veinticinco millones de pesos y permitirá dotar del vital elemento a 442 familias que equivalen a un total aproximado de mil 700 personas. Este proyecto formará parte de los 117 sistemas ejecutados en las 12 comunas de la Región y proporcionará agua a las localidades de Panguilelfún Alto, Panguilelfún Bajo, Cudilelfu, Anoheraque, Chinquihuincul, Pelehue Bajo, Pelehue Bajo, Pelehue Alto y Huerquehue. Este nuevo APR contempla un estanque metálico elevado con 100 mil litros de capacidad a 15 metros de altura y una red de distribución que se extenderá por 60 km. La obra también considera la instalación de 442 arranques, construcción de 102 cámaras de hormigón, habilitación y puesta en servicio de una planta elevadora. Al mismo tiempo, incluye trabajos de urbanización del recinto y las obras eléctricas necesarias para el funcionamiento del sistema. Su plazo de ejecución vence en diciembre del 2018.

Al igual que las comunidades mapuches, los centros poblados tienen una administración del uso de agua a nivel comunitario. El crecimiento de la industria forestal, el desarrollo de las centrales hidroeléctricas, las plantaciones de arándanos, entre otras, amenazan el territorio sobre todo en un acceso más restricto del agua para los centros poblados.

Los centros poblados, comienzan a sentirse afectados y desprotegidos por las actividades madereras y agroindustriales en relación con el uso de las aguas. Razón por la cual se han unido más con sus vecinos mapuches, ambos han creado una visión de protección del agua. producto de las altas tensiones, generando así actores colectivos (Skewes, 2012). De este modo, comunidades campesinas e indígenas se fortalecen en cuanto a la gestión de agua y el manejo de bosques nativos. Producción y uso del recurso hídrico son objetivos de talleres y jornadas realizadas por la CONAF, Municipio de Lanco, ONG, entre otros.

7.2.2. Diagnóstico de las actividades económicas presentes en la cuenca del Rio Leufucade.

Un 58,6 % de la superficie de la Región de los Ríos está cubierta por bosques, es decir, es una región indiscutiblemente forestal. 183.467 ha son de plantaciones forestales. Extrae anualmente 5 millones de metros cúbicos de madera. 81 % es para satisfacer la industria maderera regional, el otro 19 % se utiliza para el uso de leña. La industria maderera se abastece en un 96 % de bosques plantados, comúnmente el bosque nativo es utilizado para uso de leña. Para la creación de tableros, existen las siguientes plantas industriales; Contrachapados INFODEMA, Partículas MASISA, MDF Polincay, OSB Lousiana Pacific.

---

[33] "MOP ampliará cobertura de sistema de agua potable rural de Malalhue" (Publicado en 23 mayo, 2017) "La voz de Panguipulli" Recuperado de : http://www.lavozdepanguipulli.cl/?p=11942

En cuanto a la generación de astillas, las plantas industriales Forestal Calle y COALA industria Ltda. En general, las exportaciones de bienes forestales suman aproximadamente 400 millones de dólares al año.

Lousiana Pacific Chile S.A se encuentra ubicada en la cuenca del Rio Leufucade. Se localiza en la comuna de Panguipulli, específicamente en el Km 30 camino a Lanco y tiene una capacidad de 125.000 m^3 aproximadamente. Es una empresa internacional que realiza la fabricación importación y exportación de productos para la construcción de viviendas. Lousiana Pacific, también cuenta con una fábrica en la localidad de Lautaro, Región de La Araucanía, además de tener plantas en varios países tales como USA, Canadá, Brasil y Chile.

Actualmente la empresa Lousiana Pacific se encuentra en etapa de construcción de una tercera planta industrial que ayudará a duplicar la capacidad de producción en la fábrica ubicada en la comuna de Panguipulli. Con una inversión de US$ 55 millones, contempla añadir una capacidad de producción de 160 mil metros cúbicos de tableros, para llegar hasta los 290 mil metros cúbicos. La madera utilizada corresponde a especies nativas tales como roble-raulí-coigüe y exóticas en este caso pino y eucaliptus, sin embargo, se señala que el incremento de madera será únicamente de especies exóticas. Cabe mencionar, que la segunda planta industrial se encuentra en Lautaro, Región de La Araucanía. Además, se estima que generara 150 empleos directos y mil indirectos.[34] Desde que anunció Lousiana Pacific la ampliación de su establecimiento, hace dos años aproximadamente, se han presentados conflictos sociales.

El 1 de octubre del 2015 el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) rechazó el proyecto, considerando que produce una alteración en los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos por la intervención de sitios con significado cultural de uso tradicional. Asimismo, recalca los efectos negativos en la salud de la población producto de la generación de emisiones atmosféricas, sobre todo en la etapa de operación del proyecto. Aun así, la Comisión de Evaluación Ambiental de Los Ríos aprobó el proyecto de ampliación. Agrupaciones indígenas de Lanco y Panguipulli solicitaron un recurso de protección interpuesto ante la Corte de Apelaciones de Valdivia y el Tribunal Ambiental, los cuales fueron rechazados por incompetencia del tribunal e inadmisibilidad respectivamente.[35]

Ataques violentos se han presentado como rechazo a la construcción de ampliación de la planta maderera. En mayo del 2017 se produjo un ataque incendiario a varias máquinas de construcción que operaban en la edificación, debido a esto, la Cámara Chilena de la Construcción llamó al reaccionar del Estado para frenar estos actos de violencia, generando acciones de diálogo y consensos para los pobladores afectados. Posteriormente la Intendencia de Los Ríos presentó una querella en contra de quienes resulten responsables. A su vez, Malalhue rechaza este proyecto señalando que desechos industriales sin tratamiento son depositados en pozos de lastre cercanos a las comunidades, cursos de agua y humedales, durante los 20 años que lleva esta planta industrial operando. Señalan que: *"los desechos deben ser depositados*

[34] Extraído de: http://www.australvaldivia.cl/impresa/Economia-y-Negocios/2014/05/21/250595/Expansion-de-inversion-de-Louisiana-Pacific-en-Panguipulli-generara-150-empleos-directos-y-mil-indirectos/ciudad/

[35] http://www.alessandri.legal/abogados/casos-destacados/aprobacion-planta-louisiana-pacific-rca-cea/

en rellenos autorizados y que corresponde a cenizas y cortezas, pero que en realidad se están depositando todo tipo de desechos; tales como nailon, bidones y otros"[36]

Con respecto a la agroindustria Cran Chile Ltda., esta se localiza en la comuna de Lanco, tiene su sede en Aylin, Chile. Consta con 300 trabajadores aproximadamente, fue comprada en el 2013 por la cooperativa agrícola Ocean Spray Cranberries. Esta cooperativa estadounidense compró todos los terrenos y activos en donde se opera la recepción, almacenamiento, procesamiento y distribución de cranberries secos. Produce aproximadamente 430.000 barriles (20.000 toneladas métricas) de cranberries por año. Tiene dos líneas de productos: el jugo concentrado y los cranberries deshidratados dulces (30% de las ventas totales). Cran Chile es la única empresa de este tipo en el país, genera una de las mayores producciones de berries del mundo, además de ser el principal exportador de concentrado de frambuesa y arándanos azules de América Latina.

Cran Chile, utiliza economías de escala (sus granjas son aproximadamente 500% mayor por explotación que en América del Norte). Además, sus nuevas tecnologías son líderes en la industria operativa. Chile, es un país de libre comercio lo cual ayuda a la exportación de arándano en todo el mundo. Desde septiembre del 2014, Agrícola Cran Chile Limitada es el agente exclusivo de ventas de todos los productos de Ocean Spray Ingredient Technology Group (ITG) en Chile, Argentina y Uruguay.[37]

Esta zona tiene suelos fértiles, condiciones climáticas favorables (por ejemplo, precipitaciones líquidas constantes) y varios esteros y ríos que permiten el uso de sistemas de gravedad para regar las plantas de arándanos. Si bien son factores variables con altos riesgos de cambio, esta industria se ve con un rendimiento potencialmente favorable. Fernando Casari, gerente comercial de Cran Chile señala que: "*Tenemos el mejor acuerdo de libre comercio con Corea. El producto puede entrar al país libre de aranceles e impuestos. Después de todo es un mercado de vendedores: Si pudiéramos multiplicar nuestra capacidad de lo que tenemos hoy por dos o tres podríamos vender incluso ese gran volumen."* Las plantas de cranberries crecen en charcas llamados pantanos, puesto que la cosecha se realiza inundándolos, saliendo la fruta a flote. Es por esto, se recolecta por medio de bombas que succionan el agua y la fruta.

Ataques violentos también han sido parte de la industria Cran Chile. En abril del 2016 se produjo un ataque incendiario de maquinarias en el Fundo Ailín ubicado en el km 23 de la ruta CH-203, perteneciente a la empresa Cran Chile, evaluado en 200 millones de pesos. Posteriormente la Intendencia de Los Ríos presentó una querella en contra de quienes resulten responsables.

Últimamente se han formado alianzas estratégicas entre el municipio de Lanco y la empresa Cran Chile, en cuanto, al apoyo educacional de los alumnos del Liceo República de Brasil de Malalhue y Liceo Camilo Henríquez de Lanco además, de fortalecer el desarrollo productivo de los frambueseros y apicultores a través de capacitaciones e inclusión para personas con capacidades diferentes, para así, vincularse con el

[36] Municipalidad de Panguipulli. Sesión Ordinaria de Concejo Municipal 2015 ACTA N°42

[37] Veasé: Cran Chile web site: *www.cranchile.com*

territorio y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Lanco.[38] A su vez otorga beca a hijos de sus trabajadores que cursan la educación superior.

SINIA en el 2005 detectó extracción de áridos y construcción de tranque que no fueron presentadas al SEIA. En el 2006 detectó irregularidades en un ducto de descarga. Si bien la empresa presento un proyecto al SEIA para descargar sus aguas servidas y riles al sistema de alcantarillado, se presenció basuras de diversos tipos tales como, sacos, plásticos, entre otros. La empresa genera residuos sólidos industriales que se deben regularizar, además, se le indicó que deben regular los pallets que traen del extranjero.

También, existe actividad agrícola a menor escala. Trabajos multidisciplinarios desarrollados por el Municipio de Lanco e Indap ayudan a realizar jornadas para mejorar la capacidad técnica de agricultores, sobre todo, para recuperar el Bosque Nativo y los cursos de agua. [39] Reciben maquinarias como motocultores, desbrozadoras, máquinas de ordeña y construcciones como galpones, cobertizos e invernaderos. [40] Por otra parte, el programa PAE (Programa de Asociatividad Económica) ayuda a frambueseros, apicultores y hortaliceras a la generación de nuevos canales de comercialización, promoción y difusión de sus productos, a través de ferias agroecológicas. [41]

La actividad agropecuaria tiene una alta relevancia y es constantemente fortalecida por municipalidades, INIA, INDAP, entre otros. Pequeños agricultores se ven beneficiados por programas de fomento e innovación para la actividad agropecuaria. Además de fomentar la educación técnico profesional agropecuario.

Para la comuna de Lanco, el número de empresas ha aumentado entre los años 2007 -2011. Las microempresas son las que presentan un mayor número de trabajadores, seguidas por las pequeñas empresas, es decir, empresas que tienen entre 10 a 49 trabajadores. Mas del 55 % de la mano de obra se emplea en el sector silvoagropecuario, siendo en conjunto con el sector servicio el que más empleo genera. El promedio de ingreso económico mensual comunal es un poco mayor al regional, siendo de $361.007, el sueldo regional es de $354.665. Se presenta que el 94,8 % de la superficie total de la comuna se orienta a explotaciones silvoagropecuarias. Gran parte de la comuna se destina a praderas, plantaciones forestales, matorrales, bosque nativo, estas actividades son principalmente silvícolas y en menor parte se destina a actividades agrícolas como cultivos y forrajeras. La cuenca del Rio Leufucade, no queda ajena a los datos comunales, puesto que, se observa que existen varias microempresas sobre todo en el sector silvoagropecuario.

Lanco, es una de las comunas con menor producción de ganado a nivel regional, esto debido a que es una comuna de menor tamaño y la poca cantidad de praderas para este tipo de actividad productivo. En

---

Veasé: Cran Chile web site: *www.cranchile.com*
Cran Chile concretarán alianza estratégica centrada en Educación, Fomento y apoyo a la Discapacidad. (13 abril, 2017)

[39] Extraído de :http://www.munilanco.cl/portal/index.php/1318-agricultores-de-hueima-viajan-a-carahue-para-conocer-experiencia-productiva-de-avellanas

[40] PRODESAL es un programa de INDAP ejecutado por las municipalidades a las que INDAP traspasa recursos por medio de convenios de cooperación.

[41] Programa de Asociatividad Económica (PAE) busca desarrollar y fortalecer los negocios asociativos de empresas campesinas y grupos de emprendedores, contribuyendo al desarrollo económico de la Agricultura Familiar Campesina (AFC)

la cuenca del Rio Leufucade se reconoce ganado caprino y ovino, en menor medida que en otras comunas. Asimismo, se han desarrollado actividades y capacitaciones para mejorar la producción en términos numéricos y de calidad de ganado ovino, con la finalidad de, demostrar que la producción ovina es una actividad económica sustentable para la Agricultura Familiar Campesina.

En el sector turismo, la comuna de Lanco no ha sido explotada suficientemente, incluyendo la cuenca del Rio Leufucade. La cuenca en estudio presenta, sitios naturales, patrimonios históricos y manifestaciones culturales, por mencionar algunas, que no han sido lo idealmente potenciadas. Si bien, la cuenca en estudio es altamente silvoagropecuaria, también se observa un crecimiento del sector terciario, sobre todo en la oferta comercial, se identifica, cabañas, hostales y diferentes tipos de actividades a las orillas del rio Leufucade.

GORE (2014) identifica a la comuna de lanco como una macrozona con potencialidad para el desarrollo de plantaciones de frutales menores, sobre todo los valles interiores y planicies precordilleranas existentes entre Lanco y Panguipulli. Cabe mencionar que el arándano es la especie que ha experimentado el mayor crecimiento en los últimos años, seguido por el cranberry y la frambuesa.

7.2.3. Diagnóstico Hídrico de la Cuenca del Río Leufucade.

La disponibilidad de agua es la base para regular y administrar sectorialmente las solicitudes de derecho de aprovechamiento de agua, lo que, indirectamente ayuda al ordenamiento territorial para estimar potenciales presiones sobre la disponibilidad que se agregan según se expanden o incorporan funciones, usos y actividades en el territorio de una cuenca (SUBDERE, 2013).

Las precipitaciones se entienden como todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie terrestre tanto de forma líquida como sólida. Además, parte de la precipitación que alcanza el suelo se infiltra y otra parte se mueve por la superficie del terreno para integrarse a la red hidrográfica. Las precipitaciones que escurren en la superficie incrementan directamente el caudal de los cursos de agua, sin embargo, algunas veces suelen no ser aprovechadas en su totalidad y desembocan al mar sin beneficio (López y Blanco 1976).

Se observa que en el año 2014 la cantidad de precipitación anual aproximada de la cuenca del Río Leufucade es de 1.703, 6 mm; para el año 2015 la cantidad de precipitación anual aproximada es de 1.706,3, para el año 2016 la cantidad de precipitación anual aproximada es de 1.093,6 y en el año 2017 la precipitación anual total es de 1.522,1

Las precipitaciones son mayores entre los meses de mayo y agosto, mientras que, en enero y febrero se observa las menores precipitaciones. Esta tendencia se intensifica en el año 2015 y 2016, en contraste con el año 2014, el cual se observa precipitaciones más homogéneas. En el año 2014 y 2015 las precipitaciones totales anuales son bastante similares, no obstante, si comparamos la distribución de las precipitaciones de ambos años resultan diferentes, esto, se manifiesta en los meses de enero y febrero, para el año 2014 las precipitaciones son de 162 y 76,8 respectivamente, en cambio, para el año 2015 son de un 0,6 y 0,2 mm respectivamente y para el año 2016 son 4 y 15 mm respectivamente. Esto demuestra un aumento de

esta tendencia de concentración de las precipitaciones en las épocas invernales en desmedro de las estivales, esto afecta directamente a los caudales, los cuales están relacionados con la cantidad de precipitación que llega a la cuenca.

Al observar los datos de caudal anual de la cuenca en estudio, se identifica la tendencia mencionada anteriormente, es decir, en invierno los caudales son mayores y en verano son menores. Esto se aprecia en una reducción de los caudales en los años 2015 y 2016 en las épocas estivales y esto se debe directamente a la reducción de precipitaciones para estos mismos años, por otra parte, en la temporada invernal se observan caudales mayores, sobre todo en el año 2015.

Se observa en la cuenca de estudio, una disminución de las precipitaciones, esto debido a las sequias que han afectado al país en los últimos años. Cabe mencionar, que las fases secas y lluviosas de Chile están vinculadas a los centros de acción dominantes en superficie, en este caso el Anticiclón del Pacífico Sur Oriental (APSO) y el Cinturón de Bajas Presiones Subpolares (CBPP), más las configuraciones en altura (vaguadas, dorsales, altas y bajas segregadas) (Sarricolea y Meseguer-Ruíz, 2015). Además de las variaciones anuales de precipitaciones que son moduladas por el fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación Antártica (AAO). (Sarricolea et al,2014)

Las precipitaciones en la zona centro - sur de Chile se relacionan con los sistemas frontales provenientes del Océano Pacífico, regulados por la dinámica anual del Anticiclón del Pacífico y la variabilidad interanual asociada a El Niño Oscilación del Sur (ENSO). Si bien la fase cálida de ENSO en la zona central de Chile se asocia con un aumento de las precipitaciones medias invernales, en el sur los eventos El Niño se relacionan con una reducción de precipitaciones. Condiciones inversas son registradas sobre estas regiones bajo la fase fría de ENSO, La Niña (Montecinos y Aceituno 2003, en González Muñoz 2013). En la zona sur - austral de Chile y del hemisferio sur, las variaciones de precipitaciones se relacionan con las desigualdades en la presión atmosférica entre latitudes medias y altas, fenómeno conocido como Oscilación Antártica (AAO). Este tipo de variación considera una escala temporal intermensual a interanual, con una marcada tendencia positiva en los últimos 50 años. Valdivia se encuentra en un área transicional de la influencia de AAO y ENSO (González y Muñoz 2013).

Según el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2, 2015) un 25% del déficit de precipitación durante la mega sequía entre el periodo del 2010 -2015 se atribuye al cambio climático antrópico. Impacto, que seguirá contribuyendo a la ocurrencia de extensas sequías durante el siglo XXI a la zona centro y sur de Chile.

Chile ha tenido un aumento gradual de la temperatura desde mediados de la década de los 70, excepto en la franja costera donde las temperaturas se han mantenido o disminuido. Al tener temperaturas más altas, aumenta la pérdida de agua desde zonas cubiertas por nieve (sublimación), cultivos y vegetación natural (evapotranspiración), y lagos y embalses (evaporación), exacerbando el déficit hídrico. Esta escasez hídrica se ha desplazado desde la zona centro norte del país hacia el sur de Chile.

Durante el año 2010- 2015 existieron condiciones neutras en el Pacífico ecuatorial, sin observarse un enfriamiento significativo del Pacífico tropical, a excepción del 2010 caracterizado como un evento de La Niña. Sin embargo, en el 2015 se observó un desarrollo de un evento El Niño intenso con ocurrencia de tormentas importantes en el norte de Chile, manteniendo el déficit de precipitación en la zona central del país. Históricamente, bajo condiciones neutras puede haber déficit o superávit de precipitación en Chile, la ocurrencia de cinco años secos como la que afectó al país es baja, generando la actuación de otros factores climáticos para la mantención de la mega sequía. Además de causar impactos hídricos en ríos, lagos y costas, también se ha visto afectada la vegetación debido a que las plantas reducen su pérdida de agua por evapotranspiración cerrando las estomas de sus hojas causando bajo nivel de fotosíntesis y crecimiento, causando un estrés hídrico en sus funciones.

Cabe recalcar que, Chile es considerado vulnerable al cambio climático por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, debido a que cumple con siete de las nueve características definidas (MMA, 2011). [42]De igual modo, gran parte de las actividades económicas del país son primarias, dependiendo directa o indirectamente de las condiciones climáticas. Se estima que a medida que avanza el Siglo XXI las temperaturas irán en aumento, pronosticando un incremento de 4°C al año 2031 en todo el territorio del País. Para las precipitaciones, al año 2030 se espera una disminución de éstas entre 5 y 15 por ciento, desde la cuenca del Río Copiapó hasta la cuenca del Río Aysén. Esta tendencia se seguirá profundizando al año 2050, y para fines de siglo, la precipitación se habrá reducido en torno a un 30 por ciento en la zona central del país. Los eventos climáticos extremos también se modificarán en cuanto a su frecuencia y magnitud: se espera un aumento en la probabilidad de eventos de sequía especialmente a partir del año 2050 (CEPAL, 2012).

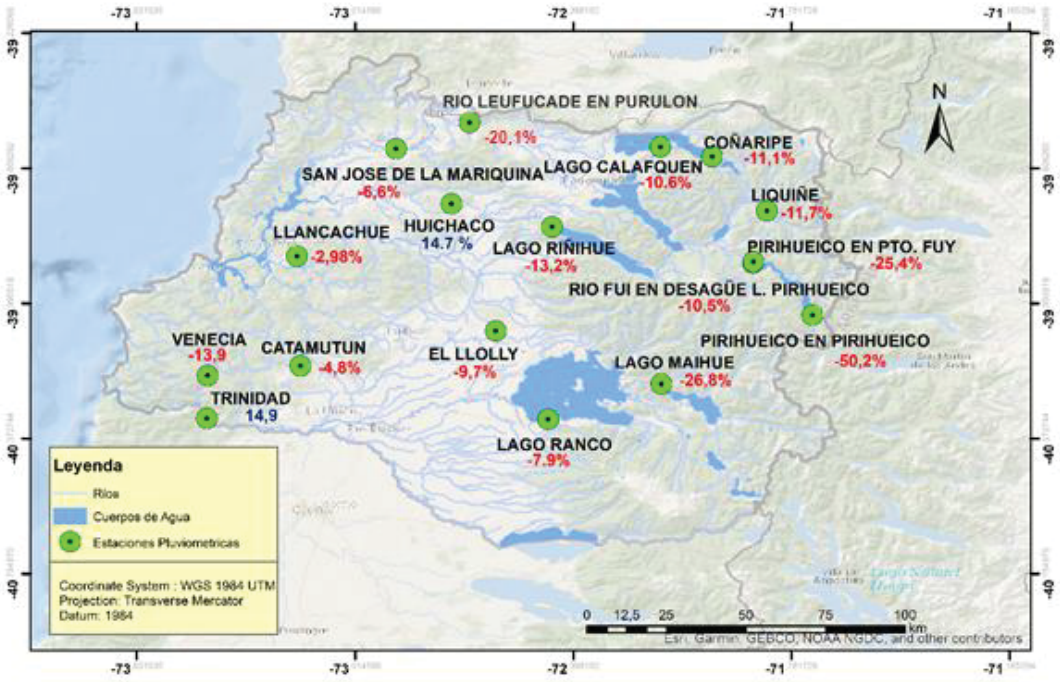
La red de la DGA es una red relativamente pequeña, tiene varias estaciones nuevas (Figura 11). Dado que son pocos datos y la fecha de periodos de datos no son iguales en todas las estaciones, no es posible hacer un análisis en conjunto de todos los puntos de muestreo, no obstante, se observa una baja generalizada de precipitaciones en la mayoría de las estaciones medidas, lo cual da señales que la Región de Los Ríos está siendo afectada por el cambio climático global. Actualmente, según la ONEMI en su Informe de "Perspectiva Riesgo Meteorológico para la Gestión de Protección Civil Análisis Mensual del mes de Julio del 2018*"* demuestra que existe un déficit de precipitaciones en la zona centro y sur del país, esto a pesar de que se han presentado continuos eventos de lluvia en el tramo sur. Una de sus proyecciones es que existen posibilidades de llegar a una condición El Niño para la primavera. Actualmente nos encontramos en condiciones neutras, con parámetros meteorológicos, dentro de la normalidad, sin posibilidad de indicar eventos sinópticos de escala diaria (sistema frontal, núcleo frío, otros). Sin embargo, los registros históricos muestran que ciertos eventos extremos, se presentan bajo

[42] Chile posee; áreas de borde costero de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal; además Chile es propenso a desastres naturales; presenta zonas propensas a la sequía y desertificación; contiene zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; zonas de ecosistemas frágiles; y población dependiente de un régimen hidrológico basado en el derretimiento de nieves invernales acumuladas.

condiciones neutras por lo que, el Sistema Nacional de Protección Civil, debe mantener y reforzar la vigilancia de los reportes meteorológicos para actuar con prontitud frente a algún evento excepcional.

Los cambios de precipitaciones en la región afectarán en; la calidad de los suelos, sobre la productividad y sobre la ocurrencia de plagas y enfermedades, aumentará la magnitud y extensión de los procesos erosivos, alterará la productividad de la agricultura, damnificará los sistemas socio-productivos, además de generar impactos en la biodiversidad animal y vegetal.

Figura 11. Análisis de porcentaje de disminución de precipitaciones en la Región de los Ríos Fuente: datos de estaciones de la DGA.



Estacion	Periodos	Estacion	Periodos	Estacion	Periodos
Lago Riñihue	(1990-2017)	Liquiñe	(1993-2017)	Río Leufucade en Purulon	(2014-2017)
Río Fuí en desague L. Pirihueico	(2005-2017)	San José de la M.	(1999-2017)	Lago Maihue	(1990-2017)
Pirihueico en Pirihueico	(1992-2017)	Huichaco	(1994-2017)	Catamutun	(1997-2017)
Pirihueico en Pto Fuy	(1999-2017)	LLancahue	(1990-2017)	Venecia	(1997-2017)
Coñaripe	(1997-2017)	Lago Ranco	(1990-2017)	Trinidad	(1997-2017)
Lago Calafquen	(1990-2017)	El Llolly	(1994-2017)		

7.2.4. Usos de Suelo de la Cuenca del Río Leufucade.

Las cubiertas vegetales se encuentran relacionadas con la cuantía, distribución y posibilidades de aprovechamiento de los recursos hídricos. Cambios antrópicos o naturales que se generan en los ecosistemas tienen repercusiones en el balance hídrico (Ward y Trimble 2004).

- Gran parte de la superficie de la cuenca en estudio está compuesta por praderas y matorrales. Del total de superficie 65.456,18 ha, las praderas abarcan 29.902 ,12 ha y matorrales 841,65 ha.

Estas praderas generan gran impacto en el rendimiento hídrico, puesto que, no son capaces de retener el flujo en la misma proporción que lo realiza la vegetación arbórea. Los bosques tienen mayor capacidad de retención de flujo gracias a sus raíces más profundas y a la intercepción de sus hojas, mientras que las praderas oponen menor resistencia a la escorrentía, y por ende arrojan un coeficiente de escorrentía superior al que produce la cobertura de bosques. De tal manera que, una parte importante del agua que precipita escurre, reduciendo notablemente el flujo base de la cuenca (Troncoso, 2009).

- Existen Plantaciones Forestales en altas pendientes, las cuales no son totalmente adecuadas para el control de la erosión. Se ha comprobado que áreas con pendientes que han sido plantadas con *Eucalyptus globulus* desarrollan un sotobosque insuficiente para prevenir la escorrentía, al ser una especie de rápido crecimiento con corpulentas ramas, logra proveer bastante sombra, pero poca hojarasca. Ciertamente los niveles de intercepción que tiene una plantación son mayores que los niveles de una pradera, pero inferior a un bosque matorral nativo de alta cobertura (FAO, 1987 en: Iroume 1995). Así mismo, las operaciones de manejo forestal en altas pendientes incrementan la tasa de erosión, generan pérdida de suelo y nutrientes lo que causa una baja fertilidad. Cabe mencionar, que estas transferencias de nutrientes y sedimentos a través de la escorrentía influyen negativamente en la calidad de las aguas (Gayoso & Alarcón, 1999).
- En la cuenca del Río Leufucade no se observan grandes bosques riparios. El área riparia es un área que se encuentra junto o directamente influenciada por un cuerpo de agua. Riparios significa "perteneciente al banco de un río" por lo tanto, se refiere a comunidades bióticas que viven a ambos lados de los ríos, quebradas, lagos e incluso algunos humedales (Robbins y Caín 2002). Los bosques riparios conservan una alta biodiversidad de plantas y animales en comparación con las áreas no riparianas. En síntesis, suelen ser sectores fértiles y altamente productivos con mejor calidad de suelos, lo que ayuda a la defensa para la protección de la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. Además, actúan sobre la organización de la diversidad y la dinámica de las comunidades asociadas con ecosistemas acuáticos y terrestres (Torres, 2005).
- El Bosque Nativo es insuficiente y fragmentado, es importante que los bosques al interior de una cuenca estén conectados entre sí. Esto permite que los animales, insectos y semillas puedan desplazarse, asimismo, existen pequeños parches boscosos a punto de desaparecer. De igual modo, la vegetación y las masas boscosas actúan sobre la infiltración del agua en el suelo, ayudan al continuo aporte de materia orgánica que origina una estructura más granular del suelo, que favorece la infiltración. Además, existe consenso en que el impacto de los bosques sobre la escorrentía consiste en la modificación de la forma en que estos volúmenes acceden a los cauces, disminuyendo drásticamente las aportaciones superficiales y aumentando las aportaciones subterráneas. Asimismo, el bosque genera un eco clima particular en comparación con el de un sitio descubierto, dado que al interior de éste se produce una reducción de la luminosidad de hasta un 90%, disminuyendo la temperatura media anual en unos 4º C. También se reduce la velocidad del viento a la cuarta parte y se presentan condiciones de mayor humedad con un aumento medio del orden del 10% diario (Pizzaro, et al 2005).

En general, se observa que la cuenca es muy sensible a los cambios de precipitaciones, es decir, si disminuyen las precipitaciones disminuirán considerablemente los caudales. Esto, se puede producir debido a que gran parte de la superficie de la cuenca está constituida por praderas con poca cobertura de bosque nativo. Como se mencionó anteriormente, la alteración del reemplazo del bosque nativo a otro tipo de cubierta vegetal produce impactos en la redistribución de las precipitaciones, en las variaciones de las reservas de agua y suelo y en la cantidad de agua involucrada en la evapotranspiración y percolación (Echeverria, 2017)

7.2.5. Diagnóstico general de la Cuenca del Río Leufucade

La cuenca del Río Leufucade presenta múltiples tipos de actividades ya sea, económicas y sociales. Tiene un crecimiento leve de sus localidades principales, una de las causas de esto, son las industrias que existen en el territorio estudiado. Cran Chile y Lousiana Pacific, tienen una permanencia y visión estratégica que se proyecta al largo plazo, por lo que se hace necesario evaluar los impactos y generar un marco de acción que permita anticiparse a estos efectos. Debido a esto, ciertos grupos comunitarios no siempre son afines para aceptar el ingreso y el crecimiento de las industrias, las que suelen producir; daños ecológicos y ambientales, cambios en el paisaje y cambios culturales, índices de contaminación en el aire, suelo, entre otras causas.

La toma de decisiones para evaluar y establecer industrias en ciertos sectores, suelen ser centralizadas y poco participativas con las comunidades locales. La gestión ambiental pública debe mejorar la correlación entre el Estado y la participación ciudadana. Lamentablemente, la participación ciudadana no es vinculante, se considera que tiene poder de "voz" y no de "voto", debido a que suelen ser partícipes de las discusiones, pero no de la toma de decisiones. Además, la ciudadanía tiene una escasa educación ambiental, lo que genera opiniones basadas en ideas y opiniones poco técnicas. Claramente para solucionar este problema el Estado debe mejorar la educación ambiental a nivel nacional, regional y local. De este modo, la correlación entre ambos entes ayudará a mejorar la toma de decisiones de futuras normas, planes, y proyectos para lograr un desarrollo sustentable.

En otro aspecto, la cuenca del Río Leufucade tiene un alto patrimonio histórico- cultural, siendo un buen destino turístico que potenciar en conjunto con el crecimiento del sector terciario. Lo ideal, sería que este crecimiento turístico tenga un desarrollo sostenible, con un control adecuado de turistas y de prácticas de manejo turístico, por ejemplo, ciertos turistas pueden ejercer un impacto negativo en las culturas que visitan, en particular si llegan en gran número, por otra parte, el propio crecimiento turístico puede llevar a los habitantes del lugar a un cierto rechazo de la propia actividad turística, por las incomodidades a las que se ve sometida su vida diaria, creando un rechazo hacia el propio turista.

En relación con el balance hídrico de la cuenca en estudio, se evalúa a la cuenca como muy perceptible frente a los cambios climáticos, de igual modo, un excesivo crecimiento agrícola, urbano, grandes cambios en los usos de suelo, entre otros, también son procesos a largo plazo que afectan la cantidad y la calidad de los recursos hídricos. El consumo de agua por parte de la población y de la industria trasciende los aspectos técnicos y representa un desafío político, social, económico y cultural para lograr satisfacer las

demandas del uso de agua. Además, de seguir impulsando la toma de conciencia con el uso del agua, mediante la participación de actores sociales, promoviendo el manejo sustentable los cuerpos de agua.

Sobre la base de los antecedentes presentados en el diagnóstico de la cuenca, se realizó un análisis FODA, el que se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Análisis Foda de la cuenca del Río Leufucade.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
• Disponibilidad de un significativo y diversificado patrimonio • Ventajas comparativas en el sector agrícola • Conectividad de la Infraestructura vial Ruta CH 203 • Existencia de asociaciones preocupadas e implicadas por la conservación de los recursos hídricos	• Cuadros técnicos insuficientes con poca especialización • Ataques violentos por falta de comunicación • Uso desequilibrado del suelo • No se dispone de suficiente información de datos hidrometereológicos • Planificación y toma de decisiones centralizada • Escasa inversión gubernamental para la conservación del ambiente
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
• • Crecimiento e ingreso desproporcionados de grandes empresas industriales • Presencia de capital privado y extranjero para la explotación • Fuertes cambios climáticos (precipitaciones, sequias, aumento de la temperatura) • Pérdida de los Recursos Naturales • Normas, códigos y leyes que generen alteraciones negativas para el medio ambiente • Disminución del patrimonio ambiental. • Tecnologías altamente impactantes	• Interés de autoridades gubernamentales en el fortalecimiento del R. Hídrico • Nuevos planes y programas para el mejoramiento del R. Hídrico. • Mayor interés en la ecología-> Alianzas • Ofertas naturales aprovechables para actividades ecoturísticas. • Actividades de agroindustriales para el desarrollo económico local • Apoyo de profesionales para desarrollar investigaciones • Aplicación de incentivos para proteger los bosques, rehabilitar bosques ribereños y para el manejo forestal sostenible y reforestar.

7.3. Plan de ordenamiento territorial

7.3.1. Escenario 1: Conservacionista

La Figura 12 presenta la distribución de los usos del suelo resultante de la aplicación de los criterios que buscan una mejor relación entre la capacidad y calidad de los suelos y la utilización que de ellos se hace. La Figura 13 por su parte, da cuenta de la variación porcentual de la participación de cada uso del suelo en la situación actual y en la nueva distribución correspondiente al escenario conservacionista. El proceso de generación de este escenario se detalla a a continuación en los siguientes puntos.

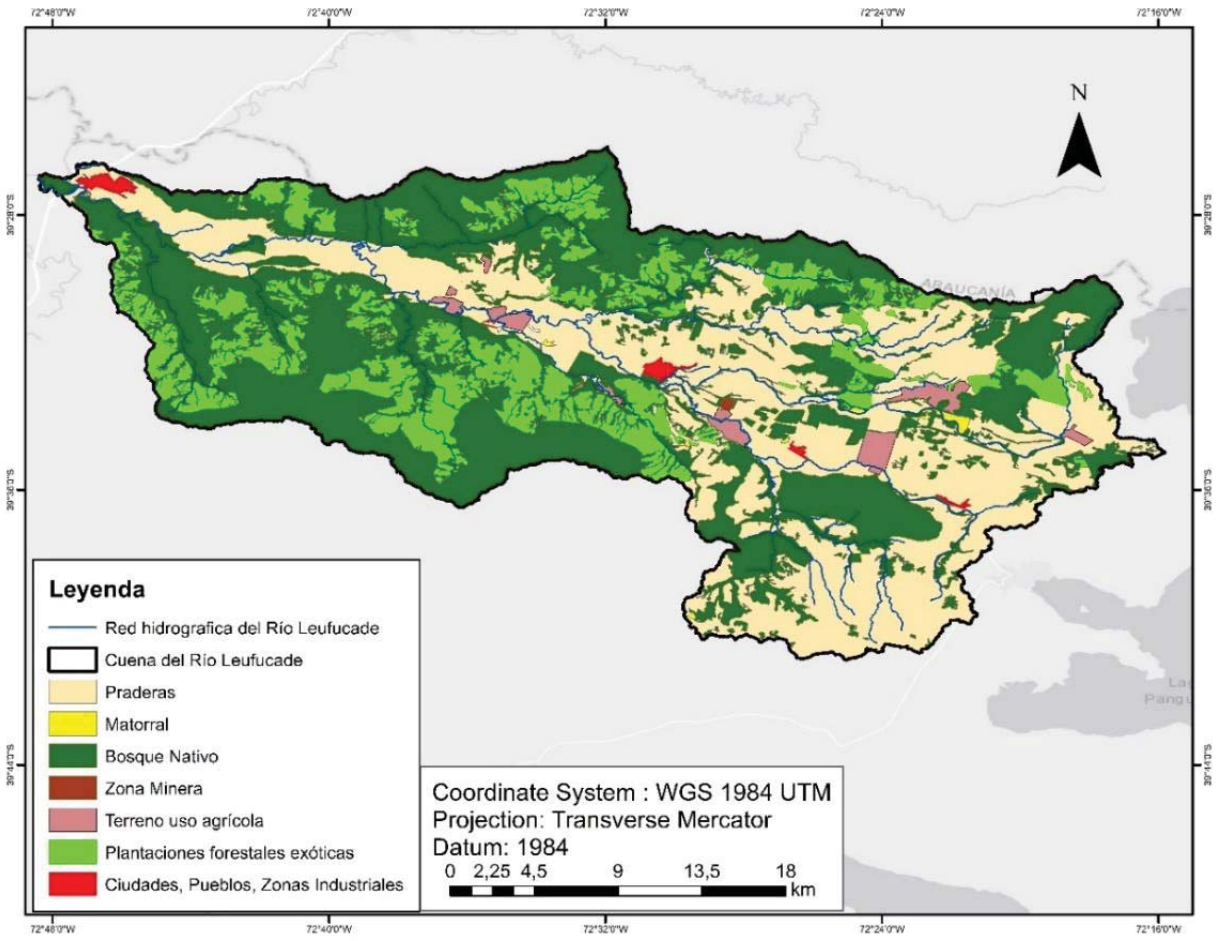
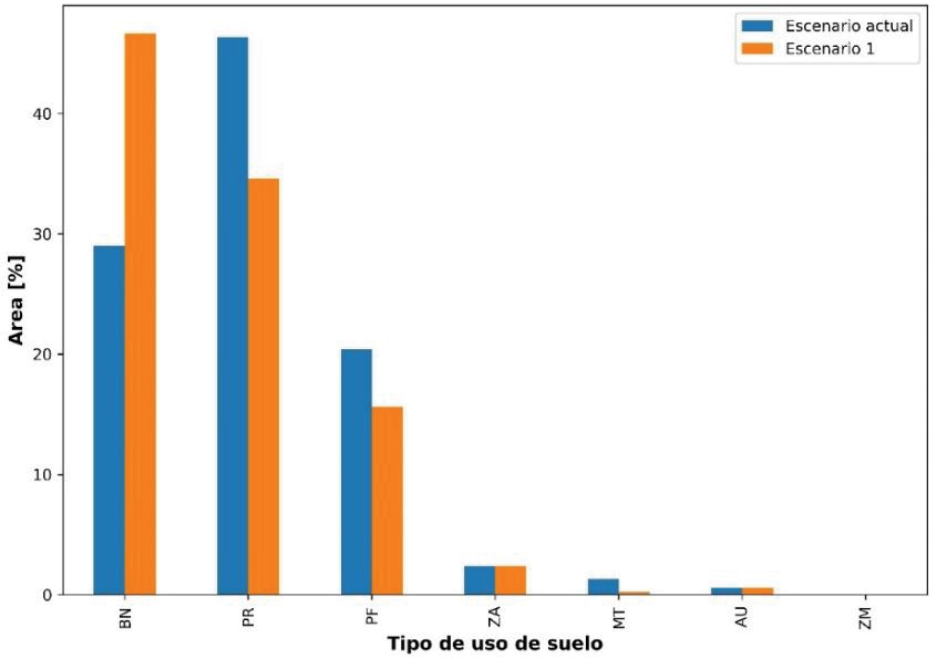
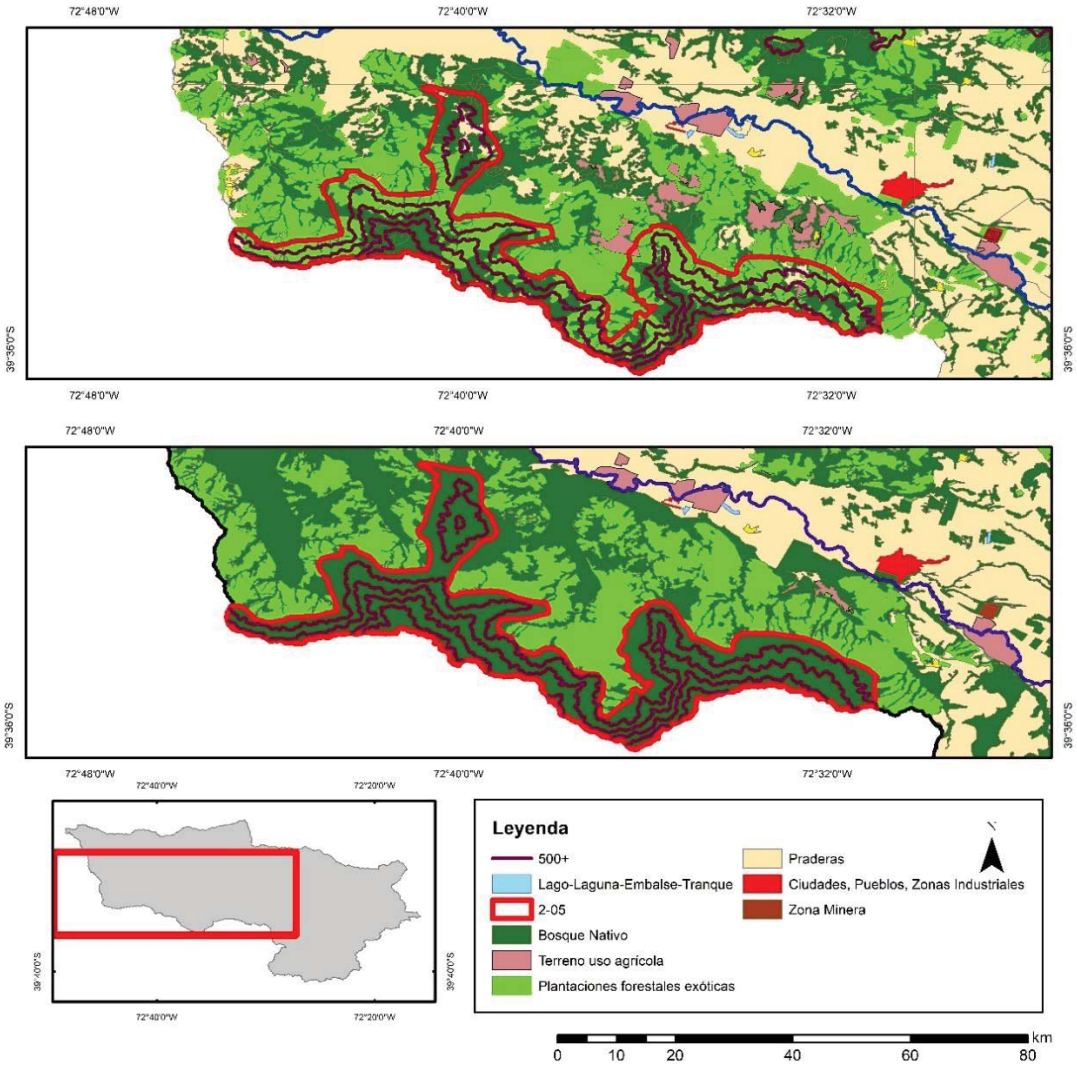


Figura 13. Cambio de los porcentajes de cobertura de uso de suelo. Comparación entre la situación actual con el Escenario 1. BN: Bosque nativo; PR: Praderas; PF: Plantaciones forestales; ZA: Zonas agrícolas; MT: Matorrales; AU: Áreas urbanas y ZM: Zona Minera.

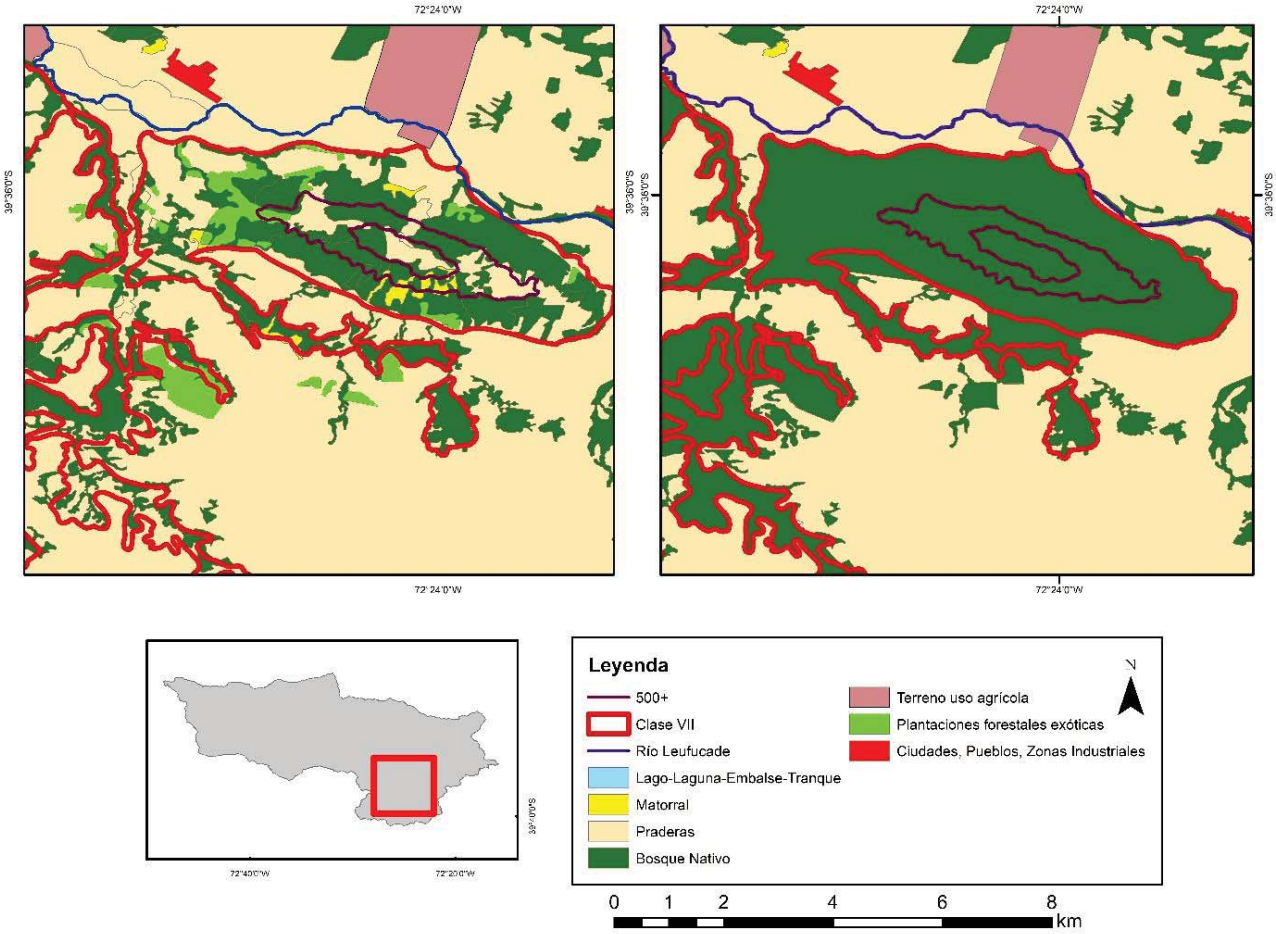


7.3.1.1. Bosque Nativo: Se aumentó la cobertura de este tipo de uso de suelo de 19.121 ha (29% de la superficie total de la cuenca) a 30.721 (46,6 % de la superficie total de la cuenca). Las zonas que se transformaron en bosque nativo siguieron los parámetros que fueron mencionados en la tabla 1. Como ejemplo se presentan los cambios efectuados en dos sectores de la cuenca (Figuras 14 y 15).

a. Figura 14. Zona 2-0.5, el uso actual del suelo posee gran parte de plantación forestal y se modificó totalmente a bosque nativo, debido a que tenía una mala evaluación de calidad de sitio forestal (5.0) y una clase de suelo agrícola VII.

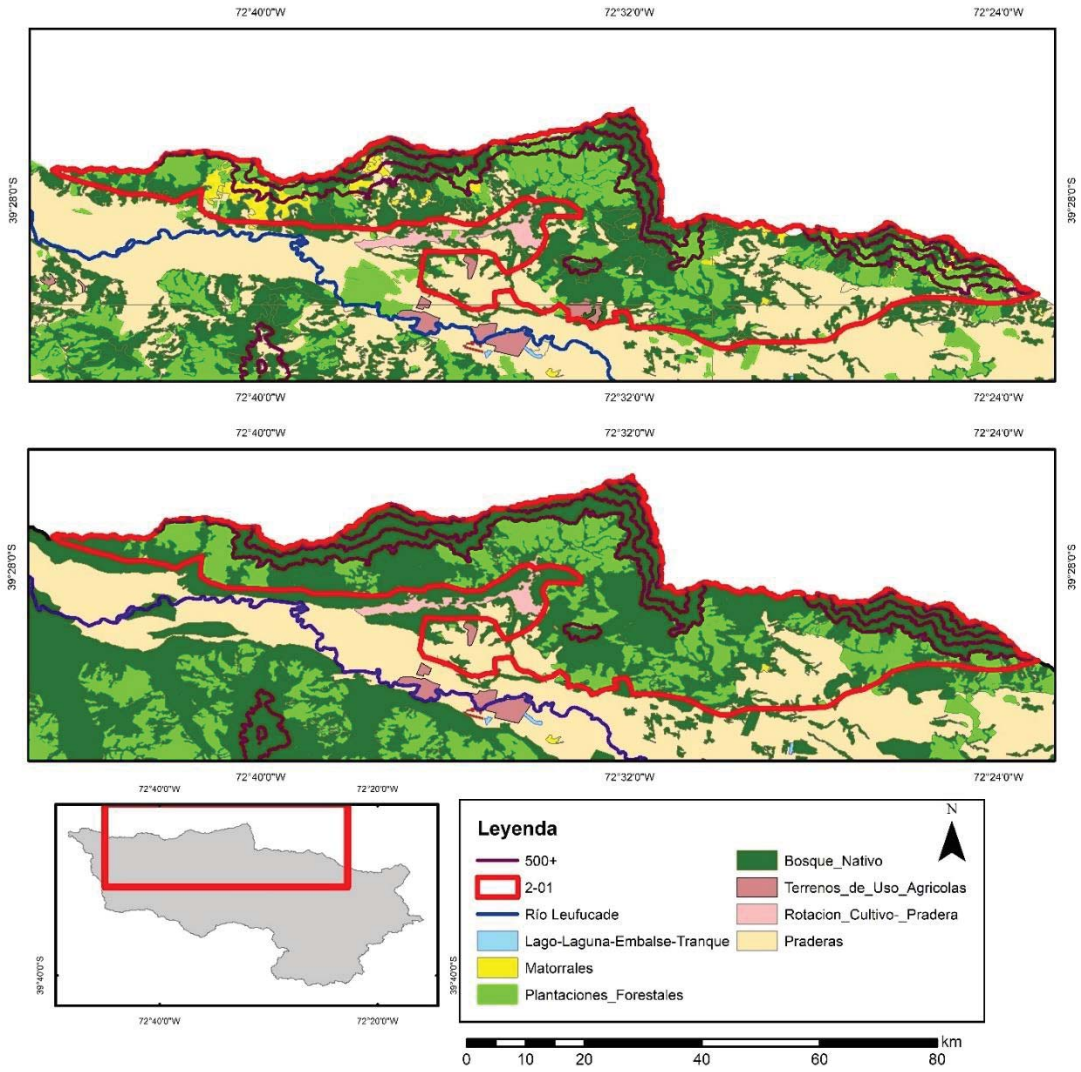


b. Figura 15. Esta zona se consideró como bosque nativo, debido a que tenía una cota mayor a 500 metros y clase de sitio agrícola VI y VII. Se optó por homogeneizar esta área con bosque nativo, eliminando parches de plantaciones forestales y praderas.

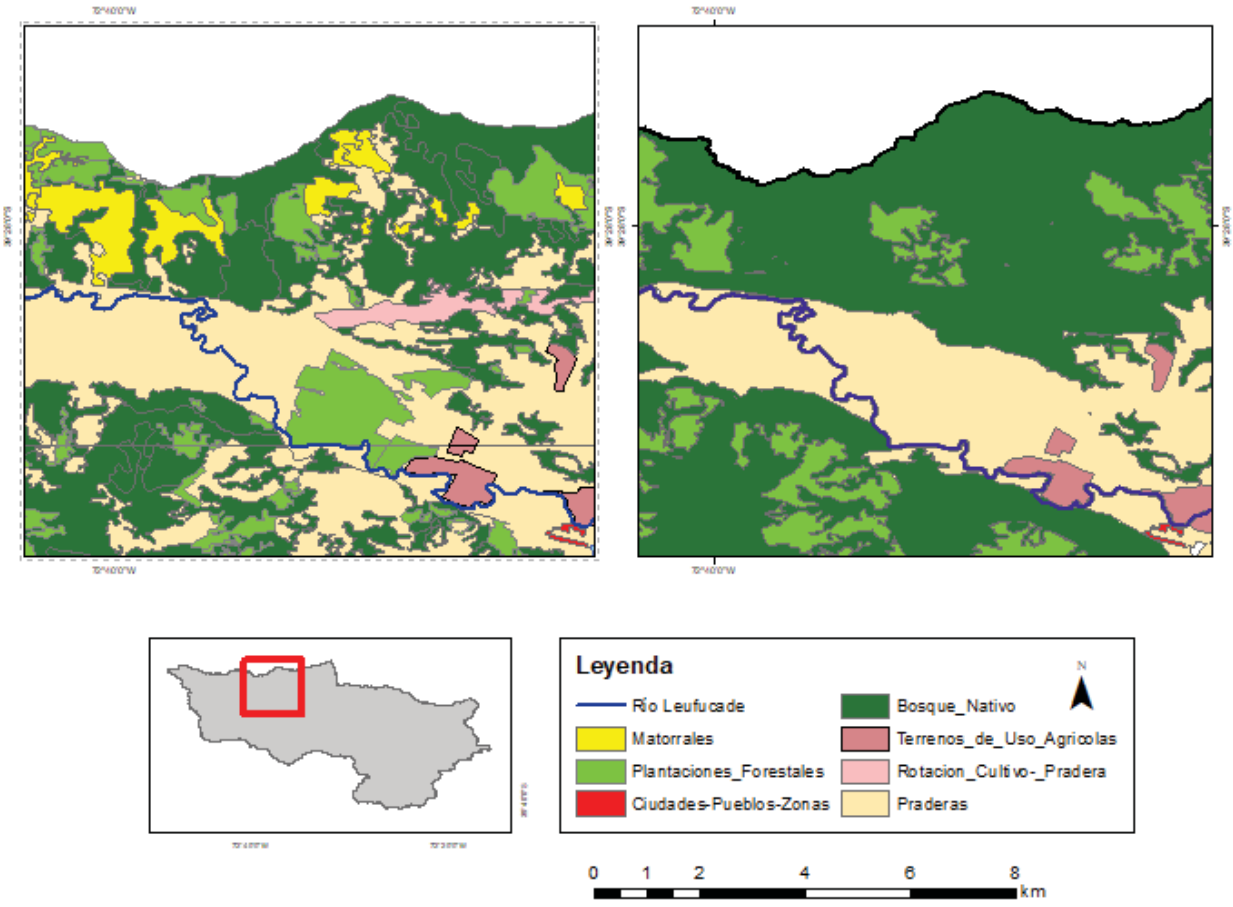


7.3.1.2. Plantaciones Forestales: Se disminuyó la cobertura de este tipo de uso de suelo de 13.435 ha (20,4 % de la superficie total de la cuenca) a 10.271 ha (15,6 % de la superficie total de la cuenca). Ejemplos en las Figuras 16, 17 y 18.

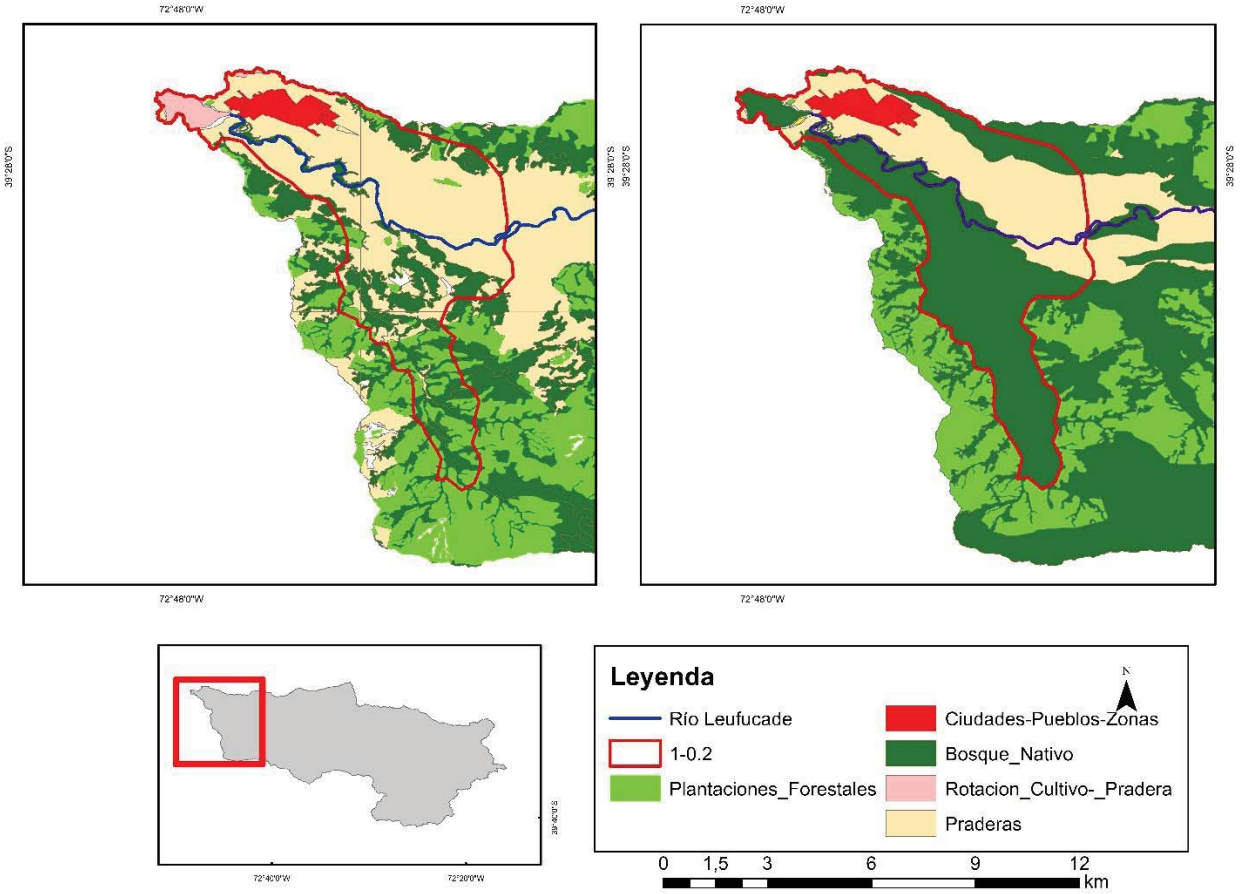
a. Figura 16. Todas las zonas sobre 500 metros de la cuenca fueron reemplazadas por bosque nativo, como se puede observar en la zona 2-0.1.



b. Figura 17. Las plantaciones forestales de la empresa Louisiana Pacific fueron eliminadas, debido a que se encuentran en la clase 2-0.2, la cual está calificada con una baja producción forestal (4.0). Esta zona fue cambiada por praderas debido a que tiene una buena calificación agrícola (Clase III) para que posteriormente se pueda trabajar en el rubro agrícola.

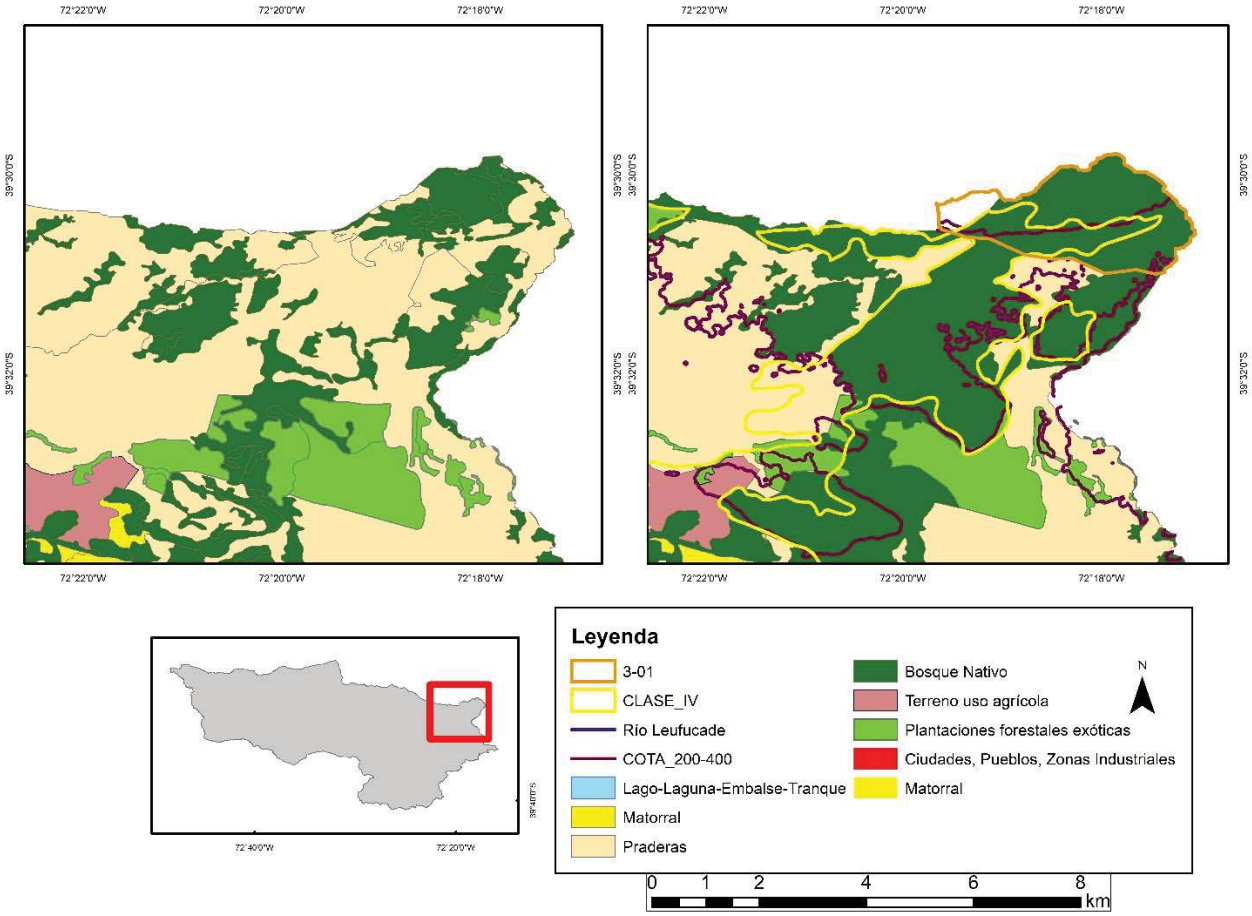


c. Figura 18. En la zona 1-0.2, debido a su baja calificación de sitio forestal (4.5), se reemplazaron la totalidad de las plantaciones forestales que se encontraban en las clases VI y VII por bosque nativo.



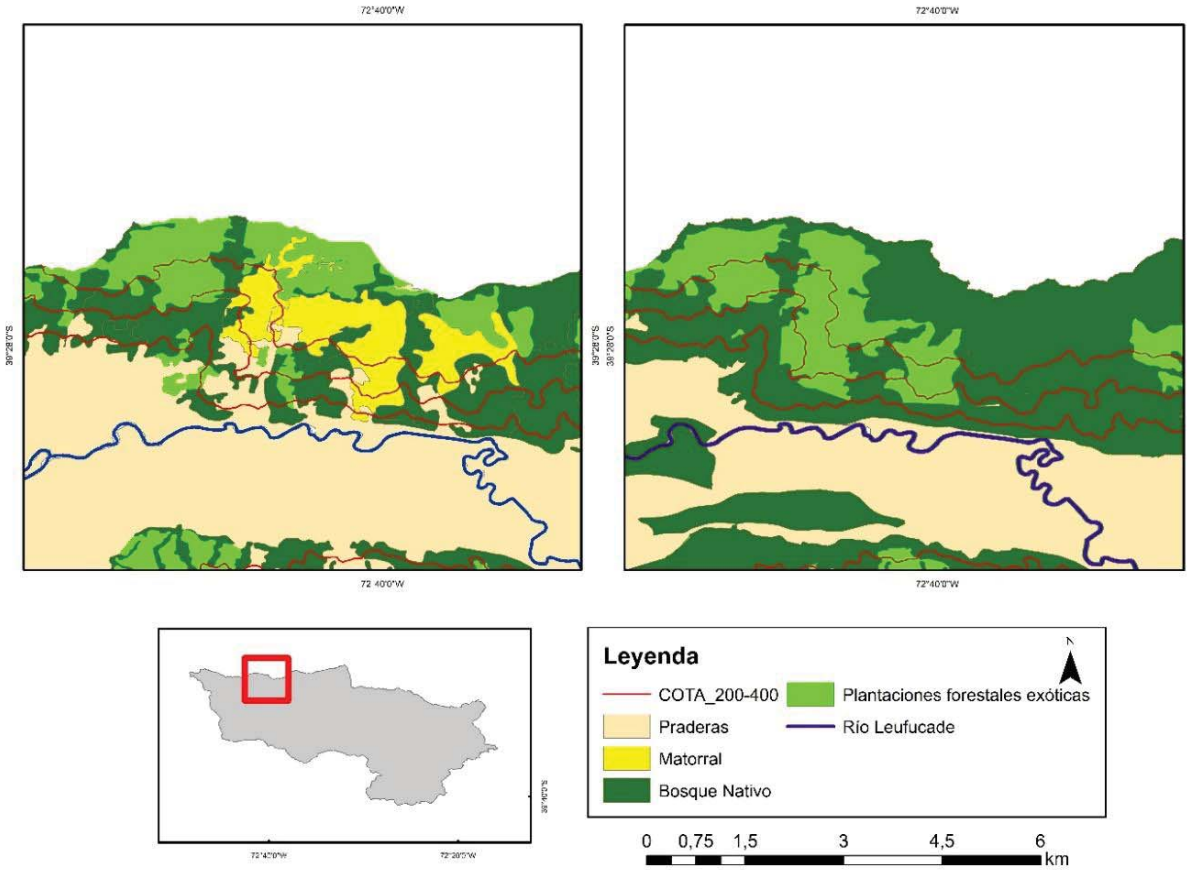
7.3.1.3. Praderas: Se disminuyó la cobertura de este tipo de uso de suelo de 30.537 ha (46, % de la superficie total de la cuenca) a 22.787 ha (34,6% de la superficie total de la cuenca). Como ejemplo se presenta la Figura 19. En ese sector de la cuenca se reemplazaron praderas por bosque nativo en zonas donde la clase de suelo no era apta para un desarrollo de praderas adecuado, es decir, desde la clase IV (cota >200 metros) en adelante.

a) Figura 19**.** Cambio de uso de suelo de praderas a bosque nativo, según clase de suelo agrícola.



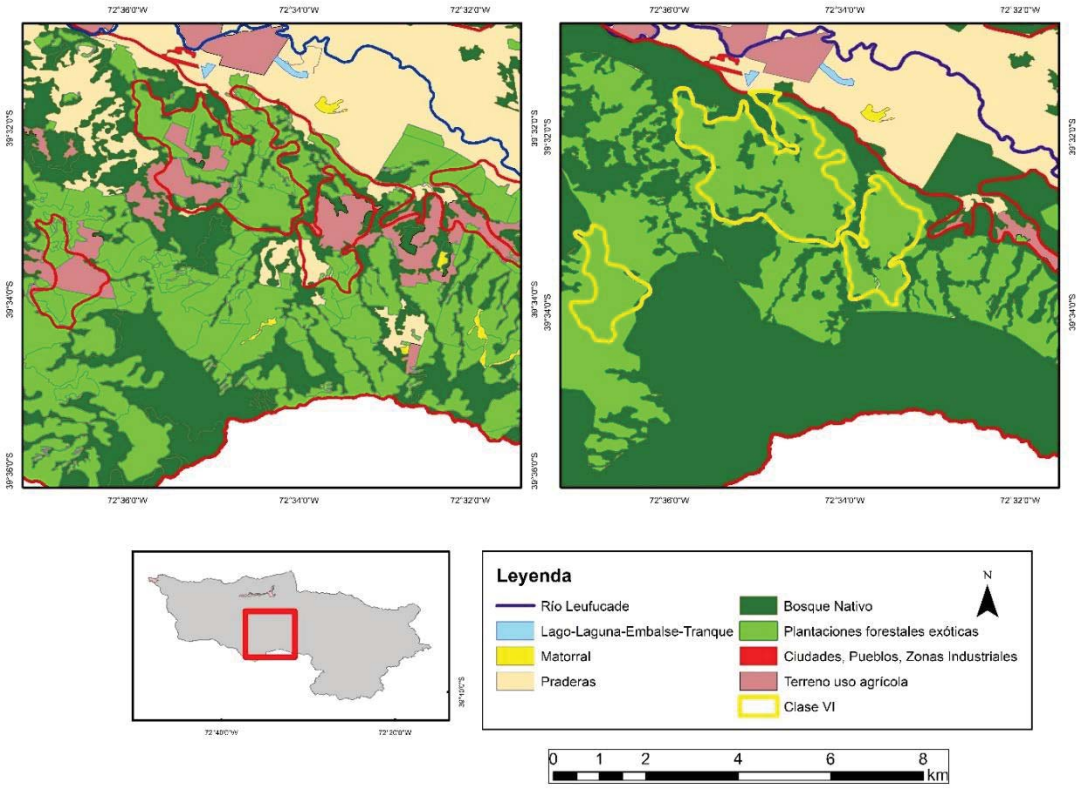
7.3.1.4. Matorrales: Se disminuyó la cobertura de este tipo de uso de suelo de 841 ha (1,3 % de la superficie total de la cuenca) a 137 ha (0,2 % la superficie total de la cuenca). Esta cobertura vegetal se vio disminuida debido a que estaba en zonas altas, por lo que, fueron reemplazadas por bosque nativo y plantaciones exóticas en ciertas zonas donde existía una buena evaluación de calidad de sitio forestal. En esta zona que se presenta en la Figura 20. se cambió de matorral a forestal debido a que se encontraban en una cota mayor a 200 metros y por poseer una buena evaluación de calidad de sitio forestal.

a) Figura 20**.** Cambio de uso de suelo de matorral a plantación forestal



7.3.1.5. Zonas Agrícolas: Las zonas agrícolas fueron modificadas, las que se encontraban en clases de suelo agrícola alta. Las zonas agrícolas que existían en la zona que se presenta en la Figura 21, fueron cambiadas por plantaciones exóticas y bosque nativo, debido a que tenían una mala clase agrícola y una buena evaluación de calidad de sitio.

a) Figura 21. Cambio de zonas agrícolas a plantaciones exóticas y bosque nativo.



7.3.1.6. Las ciudades y la zona minera no sufrieron modificaciones en su superficie. El uso de suelo rotación cultivo pradera fue eliminado.

7.3.2. Escenario 2: Proteccionista.

La aplicación de criterios más estrictos para la redistribución de los usos del suelo da como resultado la Figura 22. A su vez la Figura 23 presenta la variación porcentual de los usos del suelo entre el escenario actual y el proteccionista.

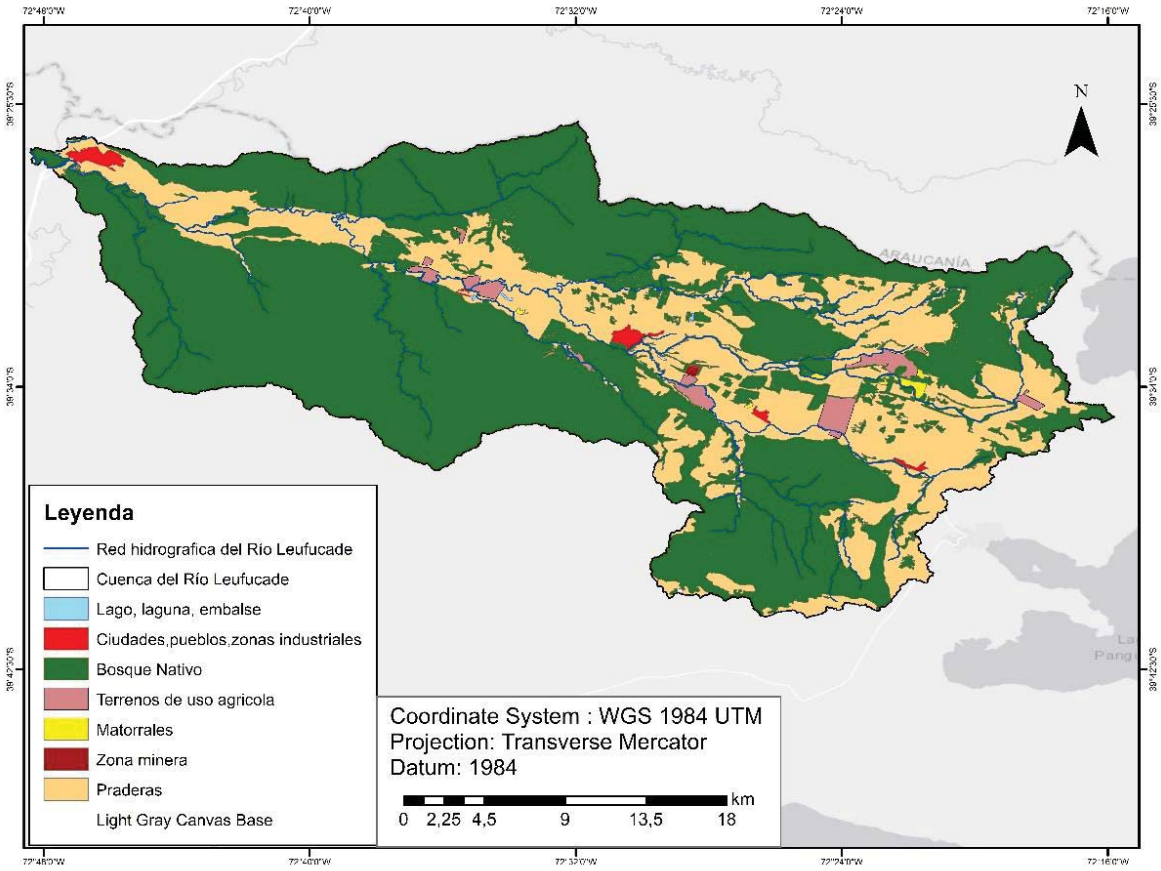
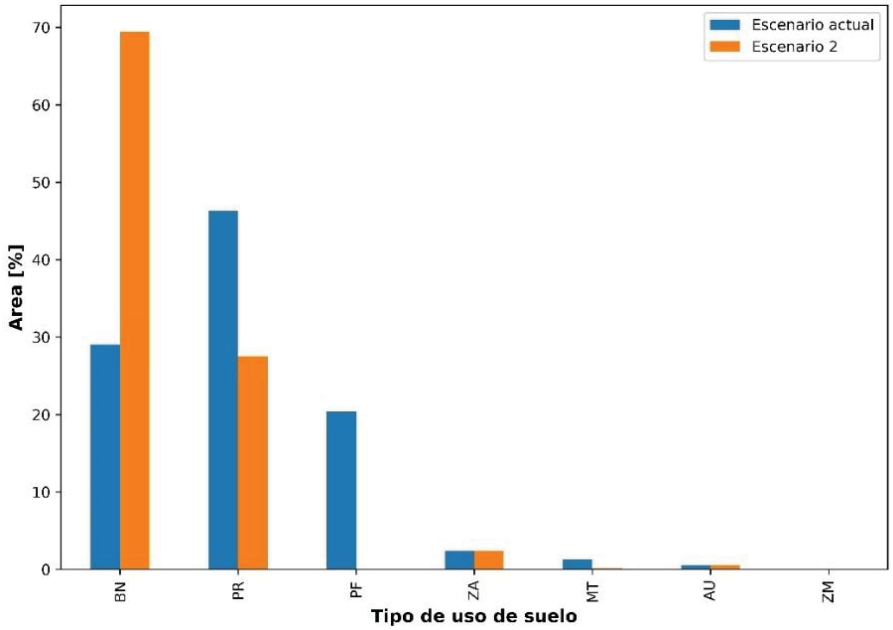


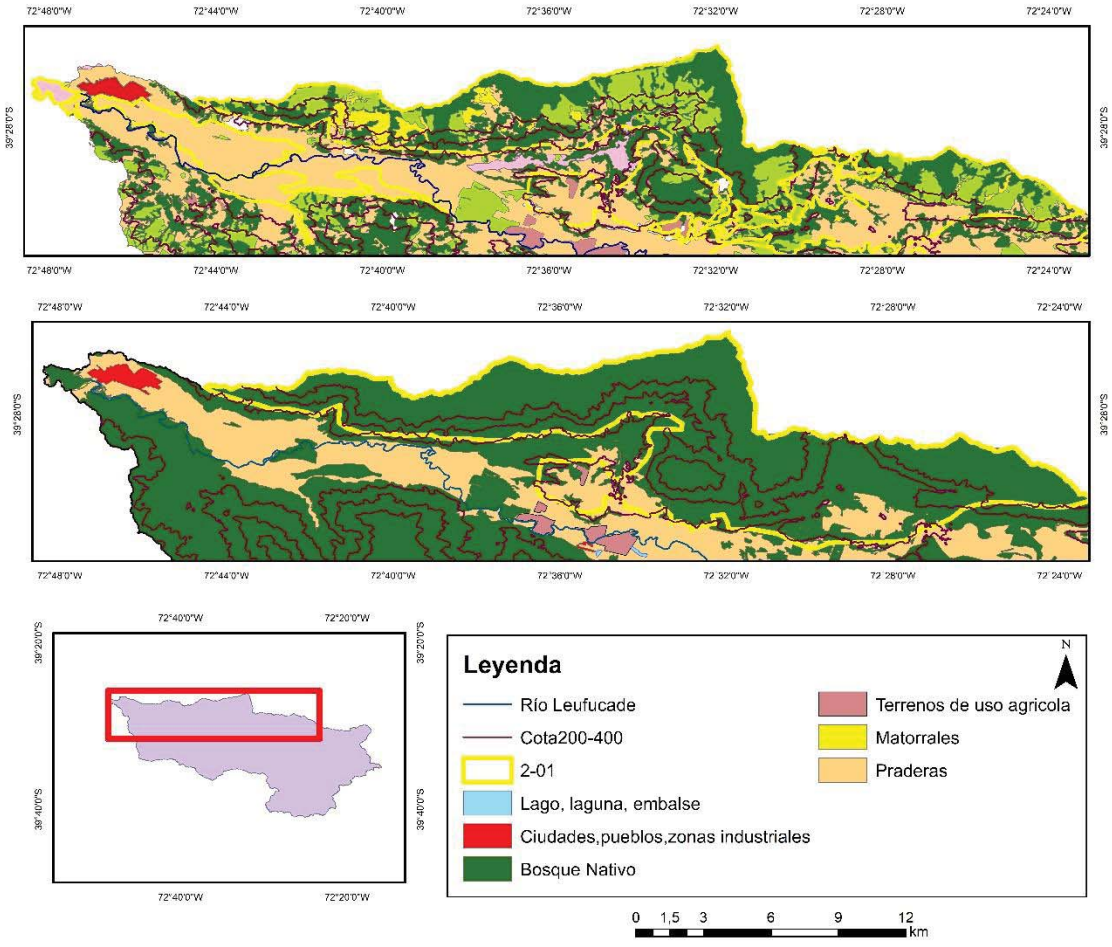
Figura 23. Cambio de los porcentajes de cobertura de uso de suelo. Comparación entre la situación actual con el Escenario 2. BN: Bosque nativo; PR: Praderas; PF: Plantaciones forestales; ZA: Zonas agrícolas; MT: Matorrales; AU: Áreas urbanas y ZM: Zona Minera **Figura 23.** Cambio de los porcentajes de cobertura de uso de suelo. Comparación entre la situación actual con el Escenario 2. BN: Bosque nativo; PR: Praderas; PF: Plantaciones forestales; ZA: Zonas agrícolas; MT: Matorrales; AU: Áreas urbanas y ZM: Zona Minera



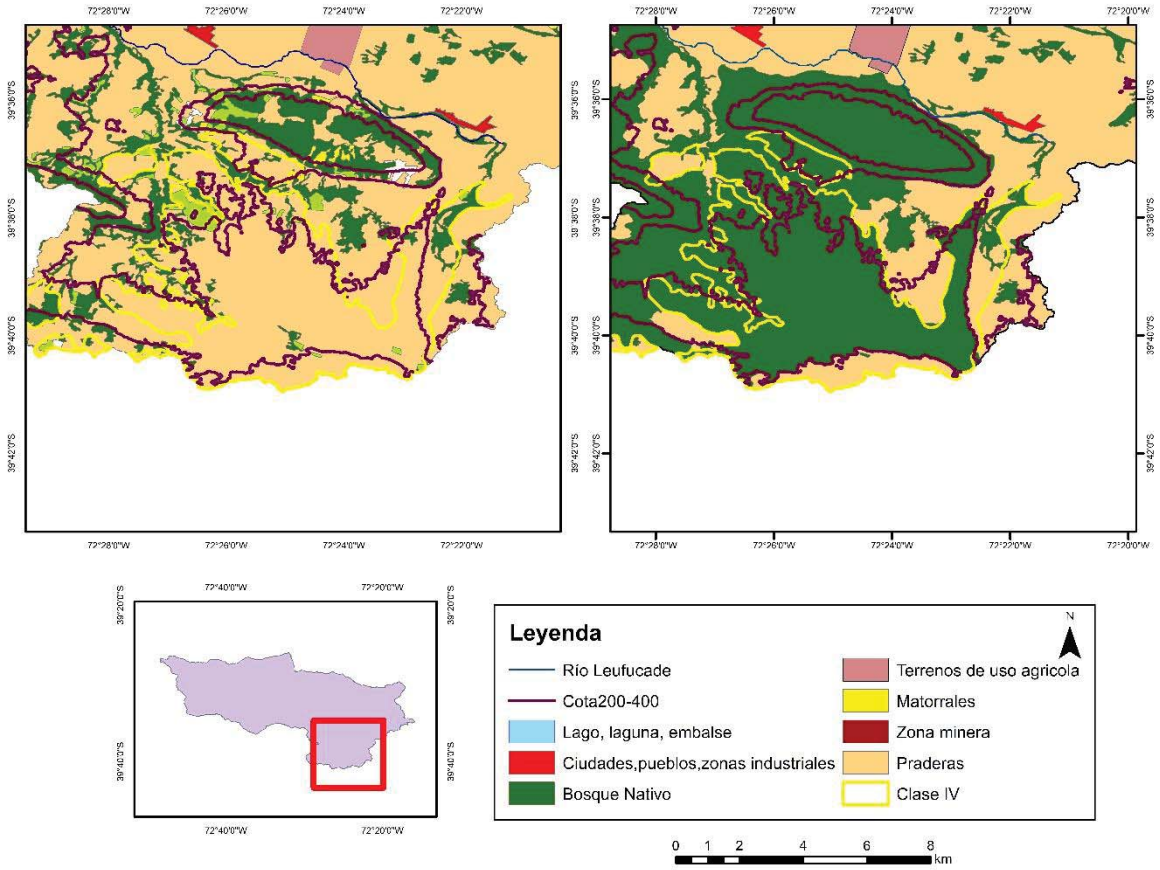
7.3.2.1. Bosque Nativo

Se aumentó la cobertura de este tipo de uso de suelo de 19.121 ha (29% de la superficie total de la cuenca) a 45.739 ha (69.4 % de la superficie total de la cuenca). Las zonas que se transformaron en bosque nativo fueron todas las zonas que tenían plantaciones exóticas y las zonas con clases de suelo agrícola VI, VII y IV con conta mayor a 200 metros. Como ejemplo se presentan las Figuras 24 y 25.

a) Gran parte de la zona indicada en la Figura 24 se cambió de plantaciones exóticas a bosque nativo, debido a que tenía una altura mayor a 200 metros y una clase de suelo agrícola VI y VII.

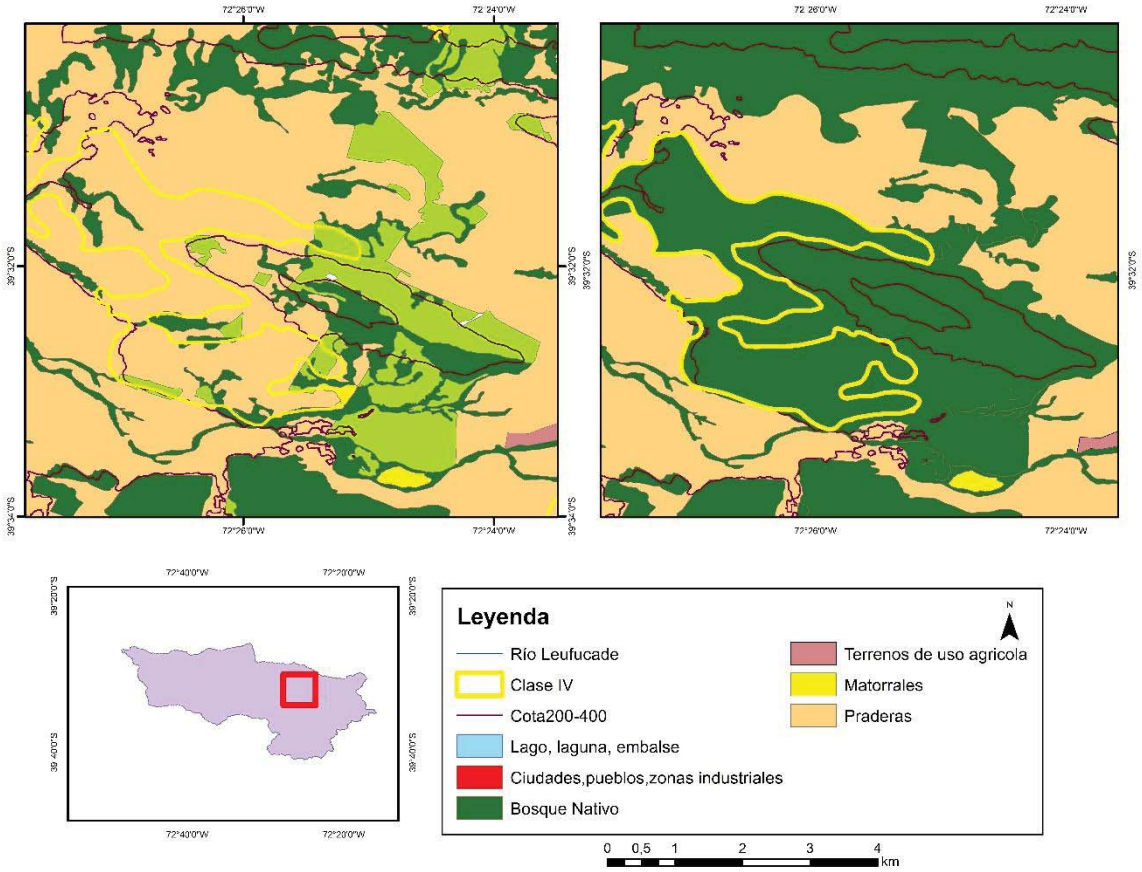


b) En el caso que se presenta en la Figura 25, se cambiaron las praderas y plantaciones exóticas a bosque nativo, las que se encontraban en clase IV de clase agrícola, con una cota mayor a 200 metros.



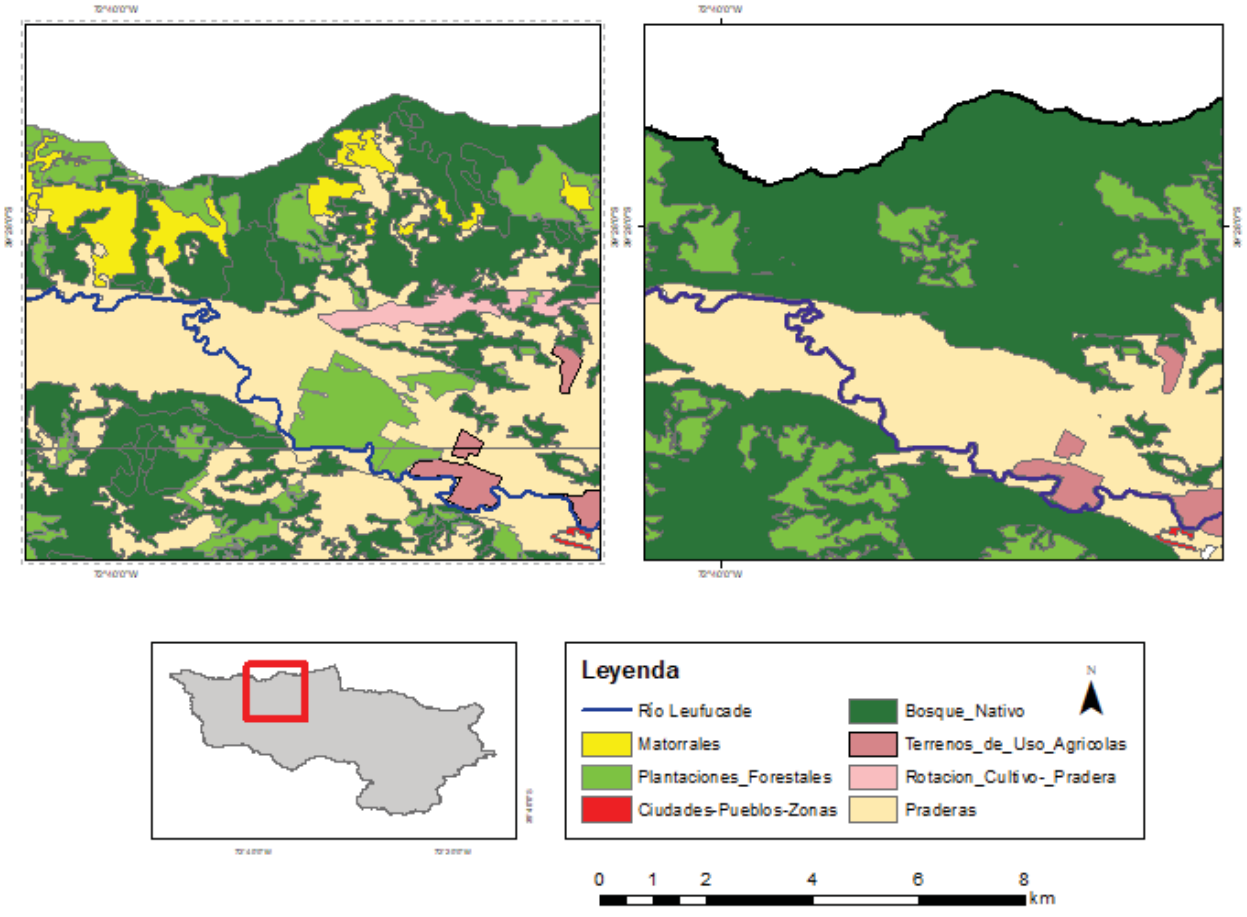
7.3.2.2. Praderas:

Las praderas que se encontraban en una mala clase de suelo agrícola fueron eliminadas, es decir las que se ubican en las clases VI, VII y IV con mayor a 200 metros. Como resultado se presenta la Figura 26.



7.3.2.3. Matorrales:

Se disminuyó la cobertura de este tipo de uso de suelo de 841 ha (1,3 % de la superficie total de la cuenca) a 118 ha ((0,2 % la superficie total de la cuenca). Esta cobertura vegetal se vio disminuida debido a que estaban en zonas altas, por lo que fueron reemplazadas por bosque nativo. En el caso que se presenta en la **Figura 27,** se cambió una pequeña porción de matorral por bosque nativo, debido a que se encontraba a una cota sobre los 200 metros.



7.3.2.4. Zona Agrícola

Las zonas agrícolas modificadas fueron las que se encontraban en clases altas. VI y VII, estas fueron reemplazadas por bosque nativo.

7.3.2.5. Las ciudades y la zona minera no sufrieron modificaciones en su superficie. El uso de suelo rotación cultivo pradera fue eliminado.

7.3.3. Cambio de escorrentía en función al uso de suelo.

7.3.3.1. Escorrentía anual

Los cambios realizados a través de los Escenarios propuestos en este trabajo de investigación generaron una reconfiguración de las coberturas vegetales. Tanto en el escenario conservacionista como proteccionista, se orientó en aumentar el bosque nativo en detrimento de las praderas y plantaciones forestales (especialmente en el escenario 2). En este sentido, el impacto que tuvo esto en la escorrentía de la cuenca es evidente y se puede observar en la tabla 13. La escorrentía total en el escenario actual es aproximadamente **281.802.993 m³** equivalente a un caudal promedio anual de **10,4 m³/s**. Si consideramos que la lluvia es el máximo contribuyente de agua que tiene la cuenca, y conociendo la precipitación anual promedio de los últimos 4 años (2014-2017), nos arrojaría un valor total de **990.948.000 m³.** Este volumen correspondería a la cantidad total aproximada de agua que anualmente ingresa a la cuenca, por lo cual, el valor obtenido por la escorrentía correspondería al **28%**. Esto quiere decir que para el Escenario actual la cantidad de agua que permanece en la cuenca es del **72%**

En el Escenario Conservacionista, se aprecia una reducción relativa del índice de escorrentía, disminuyendo a un **258.985.587 m³** (aproximadamente un **8%** de la situación actual). Es significaría que la cantidad de agua que retiene la cuenca aumentaría a un **74%**, con lo cual se saldría alrededor de un **26%** a través de escorrentía superficial.

En el Escenario proteccionista, el cual presenta los cambios de uso de suelo más importantes, se observa una disminución de la escorrentía del **30%**, con lo cual reduciría la cantidad de agua que se sale de la cuenca a tan sólo un **20%**, dejando un **80%** restante dentro de la cuenca.

Tabla 13. Cálculo de la escorrentía estimado para la cuenca del Río Leufucade en los tres escenarios analizados en este trabajo (Actual, Conservacionista y Proteccionista). La terminología corresponde a: BN, Bosque Nativo; PF, Plantaciones Forestales; PR, Praderas; TA, Terreno agrícola; Mat, Matorrales; ZU, Zona urbana.

Escenario Actual						
Uso de suelo	BN	PF	PR	TA	Mat	ZU
Superficie [m²]	191210000	134350000	305370000	15570000	8410000	363
oeficiente de escorrentía	0,2	0,6	0,2	0,3	0,3	0,5
Promedio precipitaciones (2014-2017)[m]	1,506	1,506	1,506	1,506	1,506	1,506
Escorrentía [m³]	57592452	121398660	91977444	7034526	3799638	273,339
	Escorrentía de la cuenca [m³]	**281.802.993**			**Caudal estimado anual [m³/s]**	**8,9**

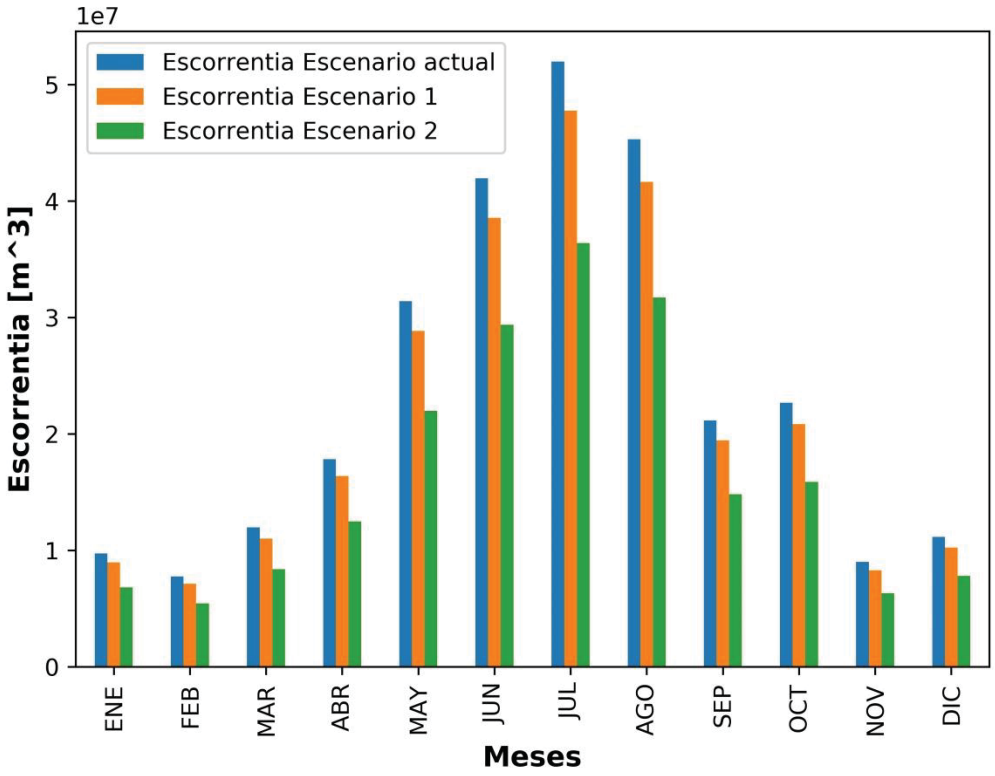
Escenario conservacionista						
Uso de suelo	BN	PF	PR	TA	Mat	ZU
Superficie [m²]	307210000	102710000	227870000	9720000	1370000	363
Coeficiente de escorrentía	0,2	0,6	0,2	0,3	0,3	0,5
Promedio precipitaciones (2014-2017)[m]	1,506	1,506	1,506	1,506	1,506	1,506
Escorrentía [m³]	92531652	92808756	68634444	4391496	618966	273
	Escorrentía de la cuenca [m³]	**258.985.587**			**Caudal estimado anual [m³/s]**	**8,2**

	Escenario proteccionista					
Uso de suelo	BN	PF	PR	TA	Mat	ZU
Superficie [m²]	457390000	0	181180000	9720000	1180000	363
Coeficiente de escorrentía	0,2	0,6	0,2	0,3	0,3	0,5
Promedio precipitaciones (2014-2017)[m]	1,506	1,506	1,506	1,506	1,506	1,506
Escorrentía [m³]	137765868	0	54571416	4391496	533124	273
	Escorrentía de la cuenca [m³]	**197.262.177**			**Caudal estimado anual [m³/s]**	**6,2**

7.3.3.2. Escorrentía mensual

Si bien los cambios de la escorrentía anual señalan que los escenarios generan una disminución sensible de la escorrentía de la cuenca del Río Leufucade, no profundizan en cómo estos cambios afectarían dicho parámetro a una escala mensual, en la cual se pueden percibir la influencia de la estacionalidad (Figura 28). No obstante, al ser la ecuación de escorrentía una regresión lineal, la diferencia porcentual mensual entre el Escenario actual con el Escenario conservacionista y proteccionista es igual que el calculado en la sección de escorrentía anual (8% y 30% respectivamente para cada mes). Esto quiere decir que para cada mes la reducción entre los escenarios es la misma. Sin embargo, la magnitud de los cambios en la escorrentía varia ente los meses invernales y estivales. Por ejemplo, en el mes de julio existió una reducción de la escorrentía en ambos escenarios de 4.207.811 m³ para el conservacionista y 5.590.371 m³ para el proteccionista. En cambio, para el mes de enero, se redujo en 788.610 m³ para el Escenario conservacionista y 2.921.879 m³ para el proteccionista. Con esto se observa que los meses que presentarían disminuciones más importantes de la escorrentía serían precisamente los meses que más precipitaciones registran.

Figura 28. Escorrentía mensual de la cuenca del Río Leufucade. Las precipitaciones mensuales consideradas son promedios de las precipitaciones mensuales de los años 2014-2017.



8. Discusión

En este trabajo de investigación se abordaron una serie de temáticas orientadas principalmente al ordenamiento territorial y que, a través de estas, se logre obtener un incremento en la producción de agua (PA). Si bien, el objetivo de este trabajo fue el de explicar el mejoramiento de la PA, este no profundiza en parámetros cuantitativos complejos, como modelos matemáticos o estadísticos, únicamente se utilizó la ecuación de escorrentía como herramienta cuantitativa. En otras palabras, no se analizaron variables como calidad química del agua o el impacto de la erosión, más bien se estudiaron en función de la relación intrínseca que tienen la cobertura vegetal con los recursos hídricos. En este sentido, los diversos criterios utilizados en esta tesis fueron de ayuda para discernir en que zona era mejor ubicar ciertos tipos de uso de suelo y en cuales no, lo cual desembocó en los dos escenarios (conservacionista y proteccionista).

Es bien documentado el efecto de la cobertura vegetal arbórea en la mitigación de la erosión por escorrentía superficial en las laderas de las montañas, o el rol como "esponja" de los bosques que absorben el agua precipitada y lo liberan en épocas más secas[43]. En este sentido, el cambio en las escorrentías entre una cobertura vegetal y otra puede servir como indicador fidedigno de como se ve influenciado la producción de agua ante este tipo de cambios.

Los resultados obtenidos en ambos escenarios buscan fundamentalmente disminuir las implicancias negativas que tiene un mal o nulo ordenamiento territorial en zonas de alta pendiente. Es por esto, que los mayores cambios se concentraron en las zonas de montaña de la cuenca del Rio Leufucade. Por ejemplo, las prácticas forestales implican un periodo de tala rasa en zonas de alta pendiente, lo cual significa que la erosión aumente y disminuya la capacidad de los suelos de retener agua, lo cual se transforma en una problemática importante en los meses estivales. Es por esto que en las zonas de mayor altura (>500 metros), se consideraron únicamente bosques nativos para así evitar este tipo de situaciones, además de que, a mayores alturas (por condicionantes climáticas), la producción forestal disminuye significativamente.

Es interesante el hecho de que una gran parte de las plantaciones forestales de la cuenca del Río Leufucade se hayan establecido en zonas con una baja calidad de sitio forestal. Ejemplo de esto es la zona 2-0.5, la cual según las calificaciones de productividad forestal no debería plantarse con especies exóticas (y priorizarse bosque nativo), y aun así la mitad de la superficie de esta zona correspondería a plantaciones forestales. Esta situación hace caer en la cuenta del poco conocimiento tanto privado como público de las condiciones en las cuales se "ordena desordenadamente" el territorio, los cuales no siguen una lógica económica sino más bien financiera. Esto es debido a que, al plantar especies exóticas en zonas de baja productividad forestal, conlleva a que exista una rentabilidad baja. No obstante, el respaldo financiero que le proveen los créditos bancarios les permite invertir en otros rubros que, lo más probable, sea en

[43] Center for Watershed Protection and US Forestry Service. Watershed Forestry Research Guide. 2008. www.forestsforwatersheds.org/ reduce-stormwater/

otra parte del país y no en la zona (en este caso la cuenca del Río Leufucade) en la cual han plantado este tipo de bosques.

Otro ejemplo de plantaciones forestales que se encuentran en zonas con baja productividad forestal, son las pertenecientes a Louisiana Pacific. Estas plantaciones se encuentran en la zona 2-0.2, la cual tiene una baja calidad de sitio forestal y con una clase III, lo cual para efectos de este trabajo fue reemplazado en ambos escenarios por pradera y bosque nativo para los escenarios 1 y 2 respectivamente. En el caso del Escenario 1, fue reemplazado por praderas debido a que esas praderas pueden transformarse potencialmente en zonas agrícolas con lo cual se optimizara el uso económico del territorio.

Tanto para el escenario 1 y 2, las praderas se redujeron considerablemente en extensión. Este cambio responde principalmente a que una gran parte de estas se encontraban en zonas de alta pendiente (como áreas sin vegetación), producto del manejo forestal. Esto significa fundamentalmente que, si se mantienen estas zonas en esa condición, los efectos negativos de los suelos descubiertos de vegetación (como erosión y poca retención de agua de los suelos), se acentuarán en estas zonas, por lo tanto, fue considerado como óptimo establecer bosque nativo en estas áreas; de igual modo con las rotaciones cultivo-pradera y los terrenos agrícolas más intensivos. Estos cambios se respaldan básicamente en lo ya mencionado con anterioridad, que recae en la necesidad de mantener las zonas de mayor pendiente con cobertura vegetal arbórea (idealmente permanente). Es por esto que los matorrales que se encontraban en dichas zonas fueron reemplazados por bosques (tanto nativos como exóticos)

Las zonas urbanas no sufrieron cambios, por razones administrativas principalmente. Las zonas mineras en ambos escenarios no se modificaron, no obstante, esto no significa que dicha actividad se tenga que mantener. En otras palabras, el área minera se mantuvo dado que la influencia de esa actividad en la zona es permanente al mediano plazo, no obstante, operacionalmente no debería continuar.

Ambos escenarios están orientados a la optimización del territorio y del mejoramiento de la producción de agua. No obstante, la aplicabilidad de estos en Chile es más que cuestionable. En el Escenario 1 se reducen miles de hectáreas de plantaciones forestales y se generan un gran número de limitaciones que, evidentemente generarían un gran revuelo político y mediático si se optase por realizar un ordenamiento de este tipo, o más bien si se decidiera hacer un ordenamiento. Sin embargo, la industria forestal no sería la única afectada en este cambio. Muchas comunidades rurales de la cuenca del Río Leufucade se encuentran en zonas de poca optimización hídrica (praderas en zonas altas), por lo cual se reduciría considerablemente el área de estas, al verse rodeada por bosques (nativos principalmente), lo cual genera la dificultad per se de generar zonas buffer por las normativas que protegen al bosque nativo. Sin embargo, para lo que este trabajo de investigación apunta, el Escenario 1 es una tentativa de ordenamiento territorial que abordaría los principales conflictos hídricos que dicha cuenca tenga o pueda tener debido al cambio climático.

En el caso del Escenario 2 se vuelve aún más complejo, casi bordeando lo utópico. Esto se debe a que los cambios radicales que se ejecutarían en la cuenca tendrían un impacto profundo en las actividades económicas y políticas a nivel país (más aún que en el Escenario 1). No por esto, se niega el importante rol que esto tiene con el mejoramiento de la producción de agua, como también, con aspectos ecológicos y de conservación de la flora y fauna de estas zonas. No obstante, la implementación de cambios tan

importantes en el uso económico del territorio es un escenario poco probable en el Chile neoliberal de la actualidad.

8.1. Influencia de los usos de suelo en la escorrentía

En ambos escenarios se presentaron disminuciones sensibles de la escorrentía en comparación con la situación actual. Esta reducción responde directamente al cambio de uso de suelo que fue establecido en los escenarios. Es interesante la influencia que tiene sobre la escorrentía el coeficiente de escurrimiento, dado que es el factor determinante para calcular este parámetro. En este sentido, la razón por la que el escurrimiento se haya reducido es principalmente que la superficie de plantaciones forestales haya sido disminuida de gran manera. Las condiciones de suelo y de pendiente de estos bosques exóticos genera que este coeficiente sea el mayor para este análisis, por lo cual la susceptibilidad de la escorrentía depende principalmente del cambio de este tipo de cobertura vegetal más que de cualquier otro tipo, a excepción de las zonas sin vegetación en pendientes altas.

8.2. Variaciones hidrológicas del Río Leufucade

El valor calculado de escorrentía considerando los caudales de la Estación Hidrológica Purulon, arrojó una escorrentía de **643.664.880 m³.** Este valor es 2,28 veces mayor al calculado en este trabajo, lo cual sugiere que el modelo utilizado en este trabajo **subestimó el dato real** (ver Figura 29)**.** Esto puede deberse a diferentes razones, entre las cuales se puede mencionar:

a) Diferencia de precipitaciones

Los datos de la estación Purulón nos otorgaron un promedio de precipitación de 1.506 mm anuales. Esta estación, se ubica en la parte baja de la cuenca, siendo la única estación hidrometereológica que existe. Debido a esto, existen sesgos sobre la total precipitación que cae sobre la cuenca en estudio. Por ejemplo, según el trabajo de investigación de. Schlatter, Gerding y Huber (1995) existen zonas en donde la precipitación es mucho más que la analizada, calculan que para la zona 2-0 (que abarca gran parte de la cuenca es estudio) tiene un promedio de 1.900 a 3.000mm. Sin embargo, este estudio al no ser reciente no es del todo fidedigno dado que las condiciones climáticas han cambiado en los últimos 30 años.

El problema de tener solo una estación hidrometereológica genera una falta de datos total de la precipitación, no nos otorga la precipitación que cae en la parte más alta de la cuenca, por ejemplo. Es necesario que exista un monitoreo más extenso dentro de esta red hidrográfica para poder haber logrado obtener datos más exactos.

b) Variabilidad de los coeficientes de escorrentía:

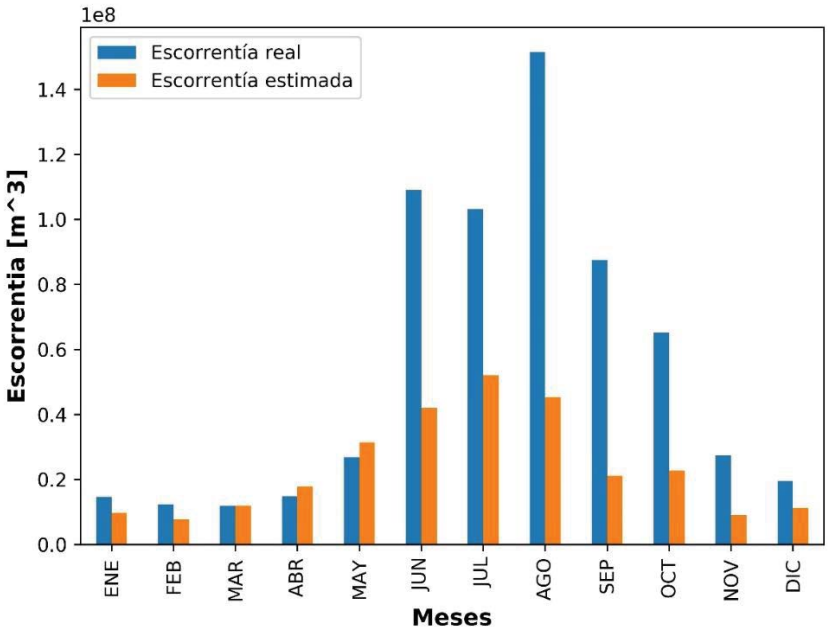
La ecuación de escorrentía utilizada en este trabajo depende en gran manera del comportamiento del coeficiente de escorrentía. En este sentido, variaciones sensibles en este valor significarían cambios importantes en el resultado final. Por ejemplo, el valor del Coeficiente de escorrentía de los bosques nativos es igual a **0.2**, lo que nos dice que existe poco escurrimiento superficial. Sin embargo, este valor es idéntico para todos los parches de bosque nativo independientemente de su pendiente. Este parámetro

no se considera que tenga influencia directa en el coeficiente para efectos de este trabajo, no obstante, no se conoce el real impacto que pueda tener la pendiente. Esto es igual para otro tipo de variables como tipo de suelo, altitud, rugosidad del paisaje, entre otros.

c) Otras fuentes de agua:

La influencia de los dos factores anteriormente mencionados puede explicar tal diferencia entre la escorrentía real y estimada. No obstante, pueden existir otras fuentes de agua que no necesariamente estén ligadas (directamente) a las precipitaciones. Un ejemplo de esto son los lagos. Tanto el Calafquen como el Panguipulli colindan la cuenca del Leufucade, por lo cual no es difícil suponer que estos nutran sub superficialmente a este río y generen que los valores de escorrentía / caudales no sean iguales con los obtenidos en este trabajo. No obstante, los modelos de elevación digital utilizados para delimitar la cuenca no consideraron como dentro de ella a los lagos en cuestión, por lo que, si existiese un aporte real de estos cuerpos de agua a la escorrentía/caudal, significaría que la extensión en superficie de la Cuenca del Río Leufucade sería mayor a la estimada en este trabajo.

Figura 29. Diferencia de escorrentía del Escenario actual entre la escorrentía real (obtenidos a través de los datos de caudal de la DGA) y la escorrentía estimada (obtenidos a través del modelo de escorrentía).



8.3. Institucionalidad publica chilena y marco normativo en torno a los recursos hídricos

Las políticas públicas deben considerar un ordenamiento territorial ambientalmente sustentable para el país en su conjunto, considerando para cada región sus ecosistemas y sus centros poblacionales. El interés en crear un manejo integrado en cuencas parte por el reconocimiento de que el agua es un bien cada vez más escaso en cuanto a cantidad calidad y oportunidad en relación con las demandas crecientes de la sociedad, así como el agotamiento de fuentes de agua. Estas gestiones deben ser en base a decisiones con fuerte contenido económico, social y ambiental. El ordenamiento territorial en cuencas se debe establecer mediante planes, estos planes deben ser en relación con los sistemas territoriales del país. Todo sistema considera estructuras; amenazas, debilidades, potencialidades y problemas de cada sector en una determinada localidad. Ciertamente estos planes deben ser propuestos y llevados a cabo por la administración pública. En Chile el modo en que se intervienen las cuencas no son las más adecuadas, lo que ha conllevado a desarrollar planes en torno al manejo integral y sustentable de cuencas hidrográficas (Dourojeanni,2002).

La institucionalidad de las aguas en Chile está constituida por varios actores, tanto públicos como privados, que participan en la gestión de las aguas de manera dispersa y descoordinada. Cada rol no está bien definido, se genera una falta comunicación entre ellos además de directivas que orienten su actuar hacia un mismo fin, lo que causa, una superposición y duplicidad de funciones, así como temáticas que no son cumplidas por ninguno de ellos.

La DGA tiene la función de planificar, medir e investigar los recursos hídricos, constituir nuevos derechos de aprovechamiento, así como la regulación, vigilancia y policía de las aguas, lo cual se encuentra limitado a determinados casos en que se faculta su intervención. Se encuentra restringida la asignación de nuevos derechos de aprovechamiento sobre las aguas de los cauces naturales y acuíferos, ya que una vez constituidos, su administración y control queda en manos de los particulares a través de las organizaciones de usuarios y el mercado de derechos de aprovechamiento de aguas, en el cual son transados. La DGA solo posee atribución para fijar caudales ecológicos mínimos, pero no cuenta con las atribuciones necesarias para denegar solicitudes de derechos de aprovechamiento, dar preferencia a ciertos usos al resolverlas o establecer condiciones para la utilización, también no puede involucrarse en la distribución de las aguas, sino de manera excepcional, solo cuando; (1) no existen juntas de vigilancia (2) cuando existe una previa solicitud de un usuario que deba establecer una reducción temporal en el uso del agua para evitar algún daño a usuarios que se vean afectados, por el ejercicio del derecho de aprovechamiento de uno de los usuarios, (3) cuando declare algún usuario el agotamiento de una fuente y (4) cuando el Presidente de la República declara una limitación en un aprovechamiento de agua en zonas de escasez, en casos de sequías extraordinarias (Duhart, 2016). Sin embargo, entre las últimas iniciativas de cambios legales, se destaca el Proyecto de Ley que Reforma el Código de Aguas, el cual introduce una serie de modificaciones que cambian la concepción de los derechos de aprovechamiento de agua:

(1) Fortalece atribuciones de la Dirección General de Aguas, incorporando nuevas facultades en materia de gestión de los recursos hídricos

(2) Modifica el régimen de los derechos de aprovechamiento de aguas, con el propósito de intensificar el régimen público de las aguas.

- Establece una duración máxima de 30 años para los nuevos derechos de aprovechamiento que sean constituidos (y mínima de 20 años para los no consuntivos). Duración, que será determinada en conformidad con los criterios de disponibilidad de la fuente de abastecimiento y/o de sustentabilidad del acuífero, según corresponda.
- Consagrando la función de subsistencia, que garantiza el uso para el consumo humano y el saneamiento, así como las funciones de preservación ecosistémica y productiva, y estableciendo además preferencias para la asignación de usos. De este modo, en el otorgamiento y en las limitaciones del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, la autoridad deberá siempre hacer prevalecer el uso para el consumo humano, el uso doméstico de subsistencia y el saneamiento. La autoridad deberá velar siempre por la armonía y el equilibrio entre la función de preservación ecosistémica y la función productiva que cumplen las aguas.
- Contemplando la posibilidad de que estos derechos de aprovechamiento sean revisados por la DGA, para limitarlos, o dejarlos sin efecto en casos graves y calificados, cuando constate que los aprovechamientos sobre las aguas han provocado o puedan efectivamente causar riesgos, tales como daños al acuífero, daño en la subsistencia y perjudicar los derechos de terceros sobre las mismas aguas.
- Informar a la Dirección General de Aguas todo cambio de uso de un derecho de aprovechamiento, previéndose una sanción de multa en caso de incumplimiento, así como la posibilidad de que esta Dirección pueda limitarlos, o dejarlos sin efecto en casos graves y calificados.
- Puede imponer la extinción del derecho de aprovechamiento cuando su titular no haga uso efectivo del recurso durante 4 años (en el caso de usos consuntivos) y durante 8 años (en el caso de usos no consuntivos).

Estos cambios, han generado polémica entre sectores que apoyan esta reforma como aquellos que están en contra, como algunas empresas de agroindustria, argumentando que estos cambios generan un atentado contra de los derechos de aprovechamiento vigentes.

En este contexto, las dificultades institucionales, exponen la necesidad de modificar el sistema actual de gestión de las aguas, se debe contar con adecuada administración del Estado que logre tener un rol preponderante en la regulación y gestión de las aguas para proteger los recursos hídricos, en mejoramiento de la equidad social y sustentabilidad ambiental. Si se continúa con el modelo actual, aumentará la degradación de las aguas públicas, deteriorando no solo los derechos del aprovechamiento de agua sino también, los ecosistemas, las actividades productivas, entre otros. (Duhart, 2016).

En este contexto, se recalca la necesidad urgente de contar con una política nacional de recursos hídricos, así como contar con planes que establezcan de forma vinculante estrategias y parámetros básicos para la asignación, gestión y control, que ayuden a orientar el actuar y que logren fomentar la coordinación de los distintos actores involucrados en los manejos de las aguas. Crear políticas que ayuden a la planificación de los recursos hídricos, sobre todo de cuencas hidrográficas, que consideren una visión integrada y

coherente a largo plazo. Sin embargo, ningún organismo vela permanentemente por este fin. Lo más cercano es la Política Nacional para los Recursos Hídricos (2015), la cual tiene ciertos anuncios (1) Atribuye la responsabilidad al Estado de los recursos hídricos y reitera la necesidad de contar con una política hídrica; (2) Anuncia la creación de una instancia u organismo que permita enfrentar los problemas de coordinación interinstitucional de forma permanente; (3) Promoverá la gestión integrada de los recursos hídricos, creando un marco normativo; (4) Declara el establecimiento de un nuevo sistema nacional de información con respecto a los recursos hídricos, que incluye catastros de glaciares por ejemplo; (5) Considera el fortalecimiento de las instituciones públicas vinculadas con la gestión de los recursos hídricos, a través de capacitaciones; (6) Crea una nueva cultura para el uso eficiente de las aguas a través de programas educativos y campañas; (7) medidas para enfrentar el déficit hídrico, a través de la reorientación de recursos públicos. Asimismo, el Atlas del Agua de la Dirección General de Aguas en abril de 2016 también plantea la necesidad de una Política Nacional del Agua.

Aun con los planes actuales, no es suficiente para resolver las problemáticas que existen entre los actores, que como se mencionó anteriormente, actúan de manera descoordinada y con escaso control y fiscalización. Falta una autoridad política superior que coordine las funciones e instituciones del Estado en relación con el agua, así como una política de gestión integrada de los recursos hídricos.

9. Conclusión

Claramente, para asegurar la calidad y cantidad de los recursos hídricos, se debe generar una gestión eficiente y sustentable del agua. Considerando el aprovechamiento de los recursos existentes para satisfacer las distintas demandas sobre el agua, garantizando el acceso a ella por parte de las poblaciones humanas y la satisfacción de los usos tradicionales (agua potable, riego, industria, minería e hidroelectricidad) como aquellos considerados menos tradicionales (protección de los ecosistemas fluviales, recreación, pesca y navegación, entre otros). Asegurando la preservación y conservación de los recursos, en cantidad y calidad.

Para esta investigación los resultados comprueban la hipótesis inicial. En esta se asevera que un ordenamiento territorial lograría optimizar la producción de agua. Esto se explica en los resultados de este trabajo en investigación, en los cuales se define claramente que los escenarios de ordenamiento territorial en los cuales se organiza el territorio de manera eficiente optimizan la producción de agua reduciendo la escorrentía y aumentando la cantidad de agua que queda dentro de la cuenca.

Se presentaron diferentes dificultades para calcular el resultado más cercano a la realidad, debido a diferentes factores, tanto metodológicos como instrumentales, sin embargo, el desarrollo de este trabajo pudo solventar las diferentes interrogantes que fueron planteadas inicialmente, arrojando valores fidedignos de escorrentía superficial para la cuenca del Río Leufucade.

Los resultados obtenidos hacen notar la importancia que tienen los planes de ordenamiento territorial en pos de un mejoramiento de los distintos recursos territoriales, en este caso los recursos hídricos. Empero, este tipo de ejercicio es poco factible si no existe una motivación de políticas, planes y programas que logren desarrollar e implementar dichos planes de ordenamiento territorial, y que los cuales, estén amparados por normativas y leyes necesarias para la correcta ejecución de dichos planes. Finalmente, se recuerda la importancia de no solo analizar los aspectos técnicos de los procesos de los ordenamientos territoriales en cuencas, sino también, de crear nuevos criterios y métodos de participación entre los actores para su desarrollo.

10. Referencias

AgroPress of Switzerland(2011) *"Chilean companies- World Top Suppliers"*. The Clipper: the journal for the international trade in processed food, dried fruit and nuts. Pag13 .

Agrupación de Ingenieros Forestales por el bosque nativo. *Informe de Sistematización Proyecto Gestión Integrada de Cuencas Abastecedoras de Agua en el Sur de Chile AIFBN- Valdivia* .

Briceño. M (1997). *Del Ordenamiento Territorial a la Organización del Espacio*. Ponencia presentada en el VI Congreso de Geógrafos de América Latina. Buenos Aires, Argentina.

Bucarey, A. (2004) Análisis de la estructura espacial del bosque nativo, en el límite norte de la Región de los Lagos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Burgos, Bocco & Ramirez, (2015). *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.Fundación Río Arronte.

Castellon, M (2014) *Escurrimiento*. Universidad nacional de ingeniería sede región central Juigalpa.

Castro, J. E., Kloster, K., & Torregrosa, M. L. (2004). Ciudadanía y gobernabilidad en México: el caso de la conflictividad y la participación social en torno a la gestión del agua. *El Agua en México Visto desde la Academia, Academia Mexicana de Ciencias, México, DF*.

Center for Watershed Protection and US Forestry Service. Watershed Forestry Research Guide. 2008. www.forestsforwatersheds.org/ reduce-stormwater/

Chamochumbi. (2010) *El ordenamiento territorial en la gestión de cuencas hidrográficas: criterios de base y nuevos elementos de discusión*. Instituto salud y trabajo.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (1994). *Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integrada de cuencas*. II Congreso Latinoamericano de Cuencas Hidrográficas. Mérida, Venezuela, 6 al 10 de noviembre de 1994.

Comité de Desarrollo Territorial. (1999) Estrategia *Territorial Europea* Postdam, Alemania.

Consultora AQUASYS (2017) *Diagnóstico para desarrollar plan de riego y drenaje en la región de los ríos. Ministerio* de Agricultura.

Consultora EBAF. Actualización de Plan de desarrollo comunal de Lanco 2015-2019.

Consultora EBAF. Actualización de Plan de desarrollo comunal de Lanco 2015-2019.

Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista ecosistemas*, *13*(2).

Davis, S., & Karzulovic, J. (1961). Deslizamientos en el valle del río San Pedro, Provincia de Valdivia. *Chile. Depto. Geología, Univ. Chile* .

Donoso (1981). *Ecología Forestal*: Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Donoso, C. 1994. Ecología Forestal. El Bosque y su Medioambiente. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. 485.

Dourojeanni & Jouravlev (1999) Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Dourojeanni (2003). *III Congreso Latinoamericano de mnejo de cuencas*. Arequipa, Perú.

Dourojeanni, A. Jouravlev, A. (1999) *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. División de Recursos Naturales e Infraestructura.

Dourojeanni, A. Jouravlev, A. Chávez, G. (2002) *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. Santiago de Chile.

Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2015, Chile cuida su Agua, Santiago, Chile.

Espíldora, B.; Brown, E.; Cabrera, G. e Isensee, P. (1975). Elementos de Hidrología. Apuntes Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Francke, S. (2002) "La *situación del manejo de cuencas en Chile"* Santiago de Chile, Chile. Corporación Nacional Forestal Ministerio Agricultura.

Garretón, c. d. á. (2010). influencia de la cobertura de bosque nativo en la generación de escorrentía en el sur de chile: estudio comparativo de microcuencas.

Gaspari. F (2007). *lan de ordenamiento territorial en cuencas serranas degradadas utilizando sistemas de información geográfica (s.i.g.)* universidad internacional de Andalucía sede iberoamericana santa maría de la rábida. Huelva. España.

Gayoso, J.; A. Iroume. 1995. Impacto de las plantaciones sobre el ambiente físico. Bosque 16 (2): 3-12.

Gayoso J.; Alarcón D. 1999. Guía de Conservación de Suelos Forestales. Proyecto Certificación del Manejo Forestal en las Regiones Octava, Décima y Duodécima. Universidad Austral de Chile. 91p.

Geilfus, Frans. Guía Metodológica para el Manejo de Conflictos Ambientales y de Recursos Naturales. USAID. PUCMM/CEUR. Santiago. República Dominicana.2002.

Gil, R. (2001). Algunos criterios para la cuantificación y diagnóstico del comportamiento estructural del suelo, y su relación con la dinámica del agua y la producción de los cultivos. Córdoba: Instituto de Suelos. INTA Castelar.

González, I. 2007. *La percepción y el trazado del territorio latente. En La Construcción Social del Paisaje.* Biblioteca Nueva, Madrid.

González-Reyes, Álvaro, & Muñoz, Ariel A. (2013). Cambios en la precipitación de la ciudad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años. *Bosque (Valdivia)*, *34*(2), 200-213.

Gregersen, M. Brooks.N, Dixon, J, Hamilton, L. (1988) Pautas *para la evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas*. Roma.

Hernández. T (2010) El ordenamiento territorial y su construcción social en Colombia: ¿un instrumento para el desarrollo sustentable? Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Huber, A. & A. Iroume. Variability of annual rainfall partitioning for different sites and forest covers in Chile. Journal of Hydrology 2001, Nº 248, p. 78-92.

Huber, Anton, Iroumé, Andrés, Mohr, Christian, & Frêne, Cristian. (2010). Efecto de plantaciones de Pinus radiata y Eucalyptus globulus sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. *Bosque (Valdivia)*, *31*(3), 219-230.

I. N. E. N. (1998). Calidad del Agua. *Muestreo. Manejo y conservación de muestras, Quito*.

Jiménez S. Wainer T. (2017) Realidad del Agua en Chile: ¿Escasez o falta de infraestructura? Serie informe económico ISSN 0717 – 1536.

Lara.A C.Little.R.Urrutia (2009) Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile.

Leonard, E. 1965. Mathematical theory of Interception International Symposium on forest Hydrology. Pensylvania. Pp 130-136.

Lemus, M. y Navarro, G. (2003) Manual para el desarrollo de obras de conservación del suelo. Corporación Forestal Nacional. San Fernando (Chile)

Little, C, y Lara, A. (2010). Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, *31*(3), 175-178.

Llerena, A. *Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú*. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Maderey Rascon, L. E., & Roman, J. (2005). *Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico*. UNAM.

Madroñero, (2006). *Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo, Pasto Colombia.* Programa de educación para el desarrollo y la conservación. Turrialba, Costa Rica, 2006.

Ministerio de Medio Ambiente y agua, viceministro de recursos hídricos y riego. Estudio y propuesta de incorporación del enfoque de equidad de género en la implementación y desarrollo de la GIRH y MIC en el plan nacional de cuenca. Bolivia.

Ministerio de Medio Ambiente y desarrollo sostenible (2014) Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Colombia.

Ministerio de Obras Publicas (2012) Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 Región de Los Ríos. Región de los Ríos, Chile.

Ministerio de Obras Publicas (2012) Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 Región de Los Ríos. Región de los Ríos, Chile.

Ministerio de Obras Publicas- Región de los Ríos (2012) Plan regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Valdivia, Chile: 7p.

Ministerio del Medio Ambiente (2017) Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente y Energía República de Costa Rica (2003) *Plan de Ordenamiento territorial de la Cuenca Hidrográfica del Río Savegre*. San Juan, Costa Rica.

Ministerio del Medio Ambiente y Energía República de Costa Rica (2003) *Plan de Ordenamiento territorial de la Cuenca Hidrográfica del Río Savegre*. San Juan, Costa Rica.

Ministerio de obras publicas y urbanismo (1981) Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. Centro de estudios de ordenación del territorio y medio ambiente. Madrid, España pág. 233- 236.

Ministerio de vivienda y urbanismo (1996) Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Santiago, Chile.

Miranda. G (2017) "Evaluación del tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de efluentes generados por la empresa de lácteos "marlen" ubicada en el cantón tisaleo provincia de tungurahua". facultad de ciencias médicas carrera de bioquímica y farmacia. ambato – ecuador.

Mirassou, S 2009. La Gestión Integral de los Recursos Hídricos: Aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua.". FLACSO Argentina, Tesis de Doctorado.

Morales (2015) *El ordenamiento de cuencas hidrográficas y el ordenamiento ambiental del territorio, en la cuenca del rio risalda.* Caldas, Colombia. Universidad Autónoma de Manizales.

Municipalidad de Panguipulli (2014). Plan de desarrollo comunal de la comuna de Panguipulli 2013-2017.

Navarro Carrascal, Ó. E. (2004). Representación social del agua y de sus usos. Psicología Desde El Caribe, (14), 222–236.

Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2018) Perspectiva Riesgo Meteorológico para la Gestión de Protección Civil Análisis Mensual. Santiago, Chile.

Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Ordenamiento territorial en la Unión Europea.* Roma, Italia.

Ovalles Y, Vergara E, Ramírez G. (2008) *Ordenación de cuencas hidrográficas. Un reto al conocimiento, la acción y la gestión* Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales Mérida-Venezuela.

Ovalles y. y e. Méndez. 2008. La ordenación de cuencas hidrográficas. Un enfoque socio territorial. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 171 p.

Parra (2009). *Gestión Integrada de cuencas hidrográficas. Chile*: Universidad de Concepción.

Peña (2003) *Gestión integrada de los recursos hídricos en Chile: marco conceptual.* Santiago, Chile.

Peña García, Alejandra. (2007). Una perspectiva social de la problemática del agua. *Investigaciones geográficas*, (62), 125-137.

Perevochtchikova, M., & Arellano-Monterrosas, J. L. (2008). Gestión de cuencas hidrográficas: experiencias y desafíos en México y Rusia. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, *4*(3), 313-325.

Proyecto Manejo Sostenible de Tierras en las Cuencas Altas de la Presa de Sabana Yegua (2008) *Lineamientos para el ordenamiento territorial de las cuencas altas de la presa de Sabana Yegua*, Republica dominicana.

Ríos, N (2013). *Uso del modelo SWAT como herramienta para el manejo de cuencas hidrológicas.* CATIE (Centro agronómico tropical de Investigaciones y enseñanza). Cartago, Costa Rica.

Ruiz, M. *Gestión Integrada de Recursos Hídricos con equidad de género.*

Ruiz. L (2004). *Gestión Integrada de Recursos Hídricos con equidad de género*. 3er seminario de manejo y conservación de suelo en Chiapas, manejo integral de cuencas. UNICACH, Mexico.

Skewes (2012). *los paisajes del agua: naturaleza e identidad en la cuenca del río valdivia.* Volumen 44, Nº 2, 2012. Páginas 299-312 Chungara, Revista de Antropología Chilena.

Skewes.J, Solari. M, Guerra.D, Jalabert. D (2012) *"Los paisajes del agua: naturaleza e identidad en la cuenca del río Valdivia"* Changara, Revista de Antropología Chilena; Volumen 44, Nº 2, 2012. Páginas 299-312.

Subiabre y Rojas 1994, citados en I. Municipalidad de Lanco, Plan de Desarrollo Comunal, Área Ordenamiento Territorial y Recursos Naturales, Parte III, Informe Final, 2006).

Subsecretaria de desarrollo regional y administrativo (2013). *Guía de Análisis y Zonificación de cuencas Hidrográficas para el ordenamiento territorial*. Santiago de Chile.

Tapia Cadena, I. H. (2017). *Análisis topográfico a detalle de un tramo de la quebrada shanshayacu, sur del DMQ, usando técnicas aerofotogramétricas, como información base para el análisis de estabilidad de laderas* (Bachelor's thesis, Quito, 2017)

Torres-salinas, robinson, garcía, gerardo azócar, henríquez, noelia carrasco, zambrano-bigiarini, mauricio, costa, tatiana, & bolin, bob. (2016). Desarrollo forestal, escasez hídrica, y la protesta social Mapuche por la justicia ambiental en Chile. *Ambiente & Sociedade*, *19*(1), 121-144.

Torres Beristain, beatriz C, Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México. **Rev. Int. Contam. Ambient**, México, v. 29, n. 3, p. 135-146, agosto 2013.

Uribe, N. (2010) *Conceptos básicos y guía rápida para el usuario SWAT (soil and wáter assessment tool)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Velasco y Molina (1991). Las zonas áridas y semiáridas Sus características y manejo. Limus, Mexico DF.

Villegas, J. C. (2004). Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el Departamento de Antioquía. *Revista EIA*, (1), 73-79.

Water for people, water for life executive summary of the un world water development report first published by the united nations educational, scientific and cultural organization (unesco), paris, france. © unesco-wwap, 2003 © unesco/mundi-prensa libros, 2003 para la edición española .

Yardley b. mackenzie. w guilford. c. *atlas de rocas metamórficas y sus texturas.* editorial: masson. universidad de zaragoza, España.