

ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LA OFERTA HÍDRICA Y USO DE SUELO
DE LA MICROCUENCA EL VOLCÁN A PARTIR DE LA COMPRA DE ÁREAS
ESTRATÉGICAS.

LEIDY KARINA PEÑALOZA MIRANDA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA
2017

ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LA OFERTA HÍDRICA Y USO DE SUELO
DE LA MICROCUENCA EL VOLCÁN A PARTIR DE LA COMPRA DE ÁREAS
ESTRATÉGICAS.

LEIDY KARINA PEÑALOZA MIRANDA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero
Ambiental

FIDEL ANTONIO CARVAJAL SUAREZ

Ingeniero Ambiental

Director Académico

NATHALIE JOHANA HERNANDEZ PEREZ

Economista

Codirector Académico

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA

2017

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis Padres.

Javier R. Peñaloza y Mery Miranda por ser mi piedra angular.

A Mis amigos

Quienes día a día me enseñaron lo que es la amistad, por los buenos y malos momentos.

Y aquellas personas que luchan por lograr sus sueños, “Las circunstancias en que uno nace no tienen importancia, es lo que uno hace con el don de la vida lo que nos dice quiénes somos”- Mewtwo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permite llegar hasta este punto y darme la fortaleza de seguir adelante pese a las adversidades.

A mis padres quienes son los motores principales para ser cada día mejor.

A mis tutores por su apoyo y compartir sus conocimientos para la aplicación de este estudio.

Al Semillero de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS por su continua colaboración.

Al guardabosque, el señor Gerardo Carvajal por su tiempo y enseñanzas.

A mis compañeros y compañeras que redundan en su amistad: Sergio Gómez, Yessica Ochoa, Teffy Vera, Liliana Solano, Nayarín Villamizar, quienes de una manera u otra, han sido un apoyo a lo largo de la carrera

A cada uno de los profesores que aportaron su granito de arena para mi formación académica y profesional,

Y a la madre tierra por su diversidad, por ser poderosa pero tranquila, complicada pero simple en sus acciones, en su infinita sabiduría.

Gracias a Todos por su respaldo y gran aprecio a lo largo de estos años.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
4. JUSTIFICACIÓN.....	15
5. OBJETIVOS.....	16
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
6. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	17
6.1 ALCANCES.....	17
6.2 LIMITACIONES.....	17
7. ANTECEDENTES.....	18
7.1 INTERNACIONAL.....	18
7.2 NACIONAL.....	19
7.3 REGIONAL Y LOCAL.....	21
8. MARCO CONCEPTUAL.....	24
9. MARCO CONTEXTUAL.....	25
9.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	26
9.1.1 Microcuenca El Volcán.....	26
9.1.2 Reserva El Volcan.....	28
10. MARCO LEGAL.....	29
11. MARCO TEÓRICO.....	31
11.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y SERVICIOS ECOSISTEMICOS.....	31
11.2 ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS.....	32
11.3 USOS PRODUCTIVOS DEL SUELO.....	33
11.3.1 Uso y Tratamiento del Suelo.....	34
11.3.2 Uso Actual de las tierras en Norte de Santander.....	34
11.3.2.1 Uso Agrícola.....	34
11.3.2.2 Uso Ganadero.....	34
11.3.2.3 Uso Forestal.....	35
11.3.2.4 Sin uso Agropecuario.....	35

11.4.1 Condición Hidrológica del suelo	35
11.4 OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA	36
11.4.1 Indicadores de referencia	36
11.4.1.1 Índice de Uso del Agua (IUA)	36
11.5 METODOLOGÍA CORINE LAND COVER	38
11.5.1 Imágenes satelitales Landsat	39
11.5.2 Pre-procesamiento de imágenes satelitales	40
11.5.2.1 Apilamiento de bandas	40
11.5.2.2 Corrección Geométrica	40
11.5.2.3 Enmascaramiento de nube y agua	40
11.5.3 Procesamiento	41
11.5.3.1 Detección de cambio	41
11.5.3.2 Análisis e interpretación de coberturas	41
11.5.3.3 Control de calidad	41
12. METODOLOGÍA	43
12.1 Consulta y revisión de información	43
12.2 Trabajo de Campo	43
12.3 Procesamiento de la información	44
12.4 Análisis de Resultados	45
13. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
13.1 Aplicación del instrumento censal	46
13.1.1. Dimensión Social	46
13.1.2. Dimensión Ambiental (Técnico-Funcional)	47
13.1.2.1. Servicios de Abastecimiento	47
13.1.2.2. Servicios de regulación	51
13.1.2.2.1 Aguas Residuales	51
13.1.2.2.2 Residuos Sólidos	51
13.1.3 Dimensión económica	51
13.1.3.1 Producción agrícola	51
13.1.3.2 Producción Pecuaria	53
13.1.3.3 Producción Minera	54
13.1.4. Percepción de los Recursos	55

13.2. Análisis Histórico de caudales	56
13.2.1 Relación Precipitación-Caudal.	56
13.2.2 Curva de Duración de Caudales	58
13.2.3 Curva Masa de Caudales	59
13.2.4. Caudales Tributarios	60
13.3 Análisis Multitemporal de coberturas vegetales.....	62
13.3.1. Análisis Multitemporal – Microcuenca El Volcán.	63
13.3.2. Análisis Multitemporal – Predios Adquiridos por CORPONOR	71
13.4 Determinación del Índice de Uso del Agua (IUA).....	88
13.4.1. Oferta hídrica superficial.....	88
13.4.2. Demanda hídrica Sectorial	89
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS	100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Servicios Ambientales de la cuenca y sus usuarios	32
Tabla 2. Rangos y Categorías Índice de Uso del Agua.....	38
Tabla 3 Caudal Tributarios Microcuenca El Volcán.	61
Tabla 4. Distribución de coberturas Corine Land Cover 1992-2017, Microcuenca El Volcán.	63
Tabla 5. Análisis comparativo de los cambios generados en la cobertura de la microcuenca el Volcán periodo 1992-2017	70
Tabla 6. Distribución de áreas de cobertura CLC para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, norte de Santander – microcuenca El Volcán. Año 1992...	73
Tabla 7 Distribución de áreas de bosque y no bosque para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, norte de Santander – microcuenca El Volcán.	77
Tabla 8. Distribución en porcentaje de áreas de bosque y no bosque para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander – microcuenca El Volcán.	78
Tabla 9. Distribución de áreas de cobertura CLC para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, norte de Santander – microcuenca El Volcán. Año 2014...	80
Tabla 10. Análisis comparativo de Cambios de Cobertura CLC - Para predios adquiridos en el año 1997. (1992-2017).....	82
Tabla 11. Área de cobertura, predios adquiridos en el año 1997- CORPONOR	83
Tabla 12. Comparativo de Cambios de Cobertura CLC - CORPONOR. (1992-2017).....	84
Tabla 13. Área de cobertura, predios adquiridos después del año 1997 - CORPONOR .	85
Tabla 14. Análisis comparativo, cobertura Corine Land Cover de las áreas de Reservas Temporales- (2014-2017)	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica microcuenca el Volcán, Pamplona Norte de Santander ...	27
Figura 2 Ubicación geográfica Reserva El Volcán.....	28
Figura 3. La cuenca hidrográfica como sistema.....	31
Figura 4. Modelo general de la metodología Corine Land Cover	39
Figura 5 Puntos de Aforo, Microcuenca El Volcán.....	44
Figura 6 Aplicación del instrumento censal-Microcuenca El Volcán.....	46
Figura 7. Nivel Educativo de Encuestados	47
Figura 8. Usos del Agua.....	48
Figura 9. Tanque de almacenamiento para el Barrio Zulia.	49
Figura 10. Fuentes de Abastecimiento del Recurso hídrico.....	49
Figura 11 Captación realizada por EMPOPAMPLONA, parte baja Microcuenca el Volcán.	50
Figura 12. Comparativo de cultivos del año 2001-2017, en la microcuenca el Volcán.....	52
Figura 13. Cultivos a lo largo de la microcuenca El Volcán.	53
Figura 14. Comparativo de Producción Pecuaría del año 2001-2017 de la microcuenca El Volcán	53
Figura 15. Proceso de Extracción de Material vereda El Rosal, sobre el cauce principal. 55	
Figura 16. Porcentaje de percepción de escasez o suficiencia del recurso hídrico en la microcuenca El Volcán.....	56
Figura 17 Comportamiento temporal Precipitación vs Caudal (2013-2016).....	57
Figura 18 Curva de Duración de Caudales mensuales multianuales, microcuenca El Volcán	58
Figura 19. Curva masa de caudales multianuales.....	59
Figura 20. Curva masa de caudales mensuales multianuales	60
Figura 21. Medición de Caudales (Izquierda- Derecha)- Medición de Caudal Tributario Tampacal- Medición punto Bajo de Microcuenca - Volumen de agua registrado en la Parte Alta de la microcuenca El Volcán.	62
Figura 22. Comparativo de los cambios generados en la cobertura de la microcuenca el Volcán durante el periodo 1992-2017.....	64
Figura 23. Cobertura Corine Land Cover 1992, Microcuenca El Volcán, municipio de Pamplona- Norte de Santander.	66
Figura 24. Clasificación de cobertura Corine Land Cover, 1997-Microcuenca El Volcán .	67
Figura 25. Clasificación de cobertura Corine Land Cover, 2014 -Microcuenca El Volcán	68
Figura 26. Clasificación de cobertura Corine Land Cover, 2017-Microcuenca El Volcán	69
Figura 27. Cobertura Corine Land Cover 1992, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán.....	72
Figura 28. Comparativo de cobertura Corine Land Cover, Microcuenca El Volcán- Predios CORPONOR; Año 1992.....	74
Figura 29. Cobertura Corine Land Cover 1997, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán.....	75
Figura 30. Comparativo coberturas CLC- predios adquiridos por CORPONOR- Año 1997	76

Figura 31. Porcentaje de cobertura de bosque, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander – microcuenca El Volcán.....	78
Figura 32. Comparativo de cobertura de bosque de los años de 1990 y 2005, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander – microcuenca El Volcán.....	79
Figura 33 Cobertura Corine Land Cover 2014, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán.....	80
Figura 34. Cobertura Corine Land Cover 2014, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán.....	81
Figura 35. Comportamiento de ganancia y pérdida de coberturas, de los predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona,Norte de Santander-microcuenca El Volcán.	86
Figura 36. Coberturas comparativas Corine Land Cover- Reservas Temporales – CORPONOR.....	87
Figura 37. Demanda hídrica Sectorial.....	90

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. instrumento censal aplicado	100
ANEXO B. Caudales históricos registrados periodo 2013-2017	102

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar las variaciones de la producción hídrica y los cambios del uso del suelo en la microcuenca El Volcán, a partir de la compra de áreas estratégicas. Para ello, se propuso una estructura metodológica de carácter mixto, con un enfoque cualitativo y cuantitativo mediante la recolección de información secundaria para el tratamiento de una serie histórica de datos: aforos, usos del terreno, cobertura vegetal, concesiones entre otros (datos comprendidos en el periodo 1992-2017 proporcionados por entes públicos como CORPONOR, EMPOPAMPLONA y afines); así como la recolección de información primaria, a partir de la aplicación del instrumento censal para conocer la dinámica social, económica y funcional de la microcuenca en la actualidad. Posteriormente, se realizó el análisis hidrológico, estimando el índice de uso del agua (IUA) de la microcuenca y realizando un análisis histórico de los caudales. Seguidamente se implementó la metodología Corine Land Cover para conocer los cambios de cobertura vegetal en el periodo estimado. Los resultados obtenidos arrojaron que la microcuenca El Volcán ha sufrido cambios constantes, no solo en su cobertura vegetal, sino poblacional y económicamente, ligado a la demanda de los servicios ecosistémicos, los cuales son superados por su oferta. El IUA determinó que la presión generada en el recurso es muy alta, presentando un índice de estrés hídrico por escasez de agua; a su vez el análisis multitemporal permite conocer la recuperación de la cobertura vegetal de la reserva, dada en un 27,86 % equivalente a 76,05 ha de bosque, consecuentemente el análisis de la microcuenca arroja una tasa de recuperación anual no mayor al 0,08 % equivalente a 0,56 ha/año para un periodo de 25 años lo cual denota que el éxito de proyectos de restauración para la recuperación de los servicios ecosistémicos, dependerá de un cambio ligado al componente social y económico de la zona, no solo del área adquirida sino de sus alrededores, así mismo los componentes de conocimiento y educación juegan un papel fundamental en el proceso de recuperación de estas zonas.

Palabras Clave: Áreas estratégicas, Índice de Uso del Agua, Metodología Corine Land Cover, Microcuenca El Volcán, Usos del suelo.

INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica es un sistema constituido por elementos bióticos y abióticos que interrelacionados ofrecen una serie de servicios ecosistémicos, determinantes para el desarrollo sostenible de cualquier sociedad. La sobreexplotación y el uso irracional de los recursos naturales representado a través de actividades como el crecimiento demográfico, la expansión de la frontera agrícola, la tala indiscriminada y la sobreutilización del recurso hídrico generan una de las amenazas más grandes hacia estos ecosistemas, modificando las coberturas vegetales y alterando las condiciones del suelo. Por tanto, las autoridades ambientales y los entes territoriales han buscado alternativas para contrarrestar los efectos generados por las actividades antrópicas, a través de la implementación de áreas de protección con el fin de garantizar el mantenimiento de los servicios que proveen y aportar al mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

Este estudio busca evaluar la variación de la oferta hídrica y los usos del suelo en la microcuenca El Volcán, a partir de la compra de la reserva El Volcán, localizada en jurisdicción de las veredas Alto Grande Y El Totumo. El presente trabajo incluye los antecedentes, aspectos teóricos, conceptuales y contextuales de la importancia de las áreas estratégicas en la conservación de los recursos naturales, la evaluación de la oferta hídrica por medio de indicadores hidrológicos y los usos del suelo que pueden afectar la variación en la provisión del recurso; así como la metodología aplicada en la investigación. También se presenta la información secundaria y primaria recolectada a lo largo de la investigación, referente a registros históricos de caudales, usuarios del recurso hídrico, imágenes satelitales de la zona de estudio, usos del suelo entre otros; posteriormente se realiza el respectivo análisis y discusión de los resultados obtenidos de la variación de la oferta hídrica y los usos del suelo con la compra de área estratégica en la microcuenca. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cuenca del río Pamplonita provee a más de 10 municipios del departamento Norte de Santander, el cual en las últimas décadas ha sido afectado por la escasez hídrica, la alta tasa de deforestación, expansión de la frontera agrícola y la invasión del territorio. La implementación de acciones en pro de la recuperación de los servicios ecosistémicos se ha visto reflejada con la compra de áreas Naturales, siendo la reserva El Volcán una de las principales estrategias puesta en marcha por el municipio de Pamplona y la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental- CORPONOR, esta reserva es una de las principales áreas de conservación, adquirida desde 1997 y posteriores fechas, con el objeto de fortalecer el recurso hídrico que provee la microcuenca El Volcán, uno de los principales afluentes del Río Pamplonita y que abastece a más del 40 % de la población Pamplonesa.

De acuerdo a lo anterior, en el presente estudio se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Ha incrementado la oferta hídrica en la microcuenca después de la compra de áreas estratégicas?, ¿Cuál es el uso de suelo en la microcuenca El Volcán antes y después de la compra de las áreas de protección?, ¿Cómo ha sido afectada la dinámica socioeconómica de la microcuenca El Volcán, después de la compra de las áreas estratégicas?

4. JUSTIFICACIÓN

La viabilidad del presente estudio radica en la importancia que representa el recurso hídrico para la población Pamplonesa y sus alrededores, siendo la microcuenca El Volcán parte primordial de su fuente de abastecimiento, así como la evaluación de los procesos de conservación, protección y recuperación de las cuencas, que se llevan a cabo para contrarrestar los efectos de la expansión de la frontera agrícola, las altas tasas de deforestación, el crecimiento poblacional, entre otros que afectan constantemente los ecosistemas estratégicos y sus funciones.

Con la aplicación de técnicas de análisis se podrá tener una visión completa del estado actual del recurso hídrico y los cambios que ha presentado con el transcurso del tiempo, brindando información clara sobre los efectos que presenta la implantación de instrumentos de recuperación, pretendiendo generar información clara tanto de cantidad, como uso del recurso hídrico en la microcuenca El Volcán, evaluando los cambios dados en el uso del suelo e involucrando la capacidad de respuesta de la zona de estudio en un contexto tanto físico y biótico como social; teniendo presente que los procesos de conservación en algunos sitios tiene un avance importante. Sin embargo, el manejo de la cuenca es un proceso complejo, cuyo enfoque demanda la inclusión de distintos actores, que permita proponer alternativas de sostenibilidad.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar las variaciones de la oferta hídrica y los cambios del uso del suelo en la microcuenca El Volcán, a partir de la compra de áreas estratégicas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar históricamente el comportamiento del caudal en el área de estudio

Identificar los usos del suelo multitemporalmente y establecer sus efectos sobre la producción hídrica en la microcuenca El Volcán.

Estimar el uso actual del recurso hídrico a través del índice de uso del agua (IUA) en la microcuenca El Volcán.

6. ALCANCES Y LIMITACIONES

6.1 ALCANCES

La presente investigación abarca el análisis de la cobertura vegetal presentada en periodo 1992-2017 en la Microcuenca El Volcán, así como la evolución dada en la “Reserva”, para dicho periodo, estableciendo así mismo la dinámica poblacional, que gira entorno a los ecosistemas estratégicos que proveen servicios ecosistémicos y son de gran importancia para el desarrollo económico de la población ubicada dentro y fuera de la microcuenca.

6.2 LIMITACIONES

La investigación fue restringida debido a factores económicos, temporales y de recursos; la zona se caracteriza por poseer un área extensa, lo cual afecta la toma frecuente de datos de caudales, por consiguiente las mediciones se ven restringidas a una toma diaria, generando datos de caudal diario y caudal medio mensual con una duración de 3 meses. Por otra parte el trabajo se limita debido a la carencia de materiales para la medición de caudales con metodologías exactas, aumentando el porcentaje de error; la no existencia de registros históricos de periodos considerables restringe el estudio de oferta hídrica a un periodo no mayor a cinco (5) años de análisis.

La estimación de la demanda del recurso hídrico dada por cada usuario, representa una inversión de alto costo y no presenta una actualización por parte de los entes competentes, siendo un trabajo de alto grado de complejidad.

7. ANTECEDENTES

A continuación, se presenta la revisión bibliográfica a nivel internacional, nacional, regional y local que fundamenta la oferta hídrica, los usos productivos del suelo y la importancia de las áreas estratégicas en la conservación de las cuencas hidrográficas.

7.1 INTERNACIONAL

Salomón (2007), realizó un estudio en el Río Mendoza ubicado en la Gran Mendoza, Argentina sobre externalidades ambientales, gestión y administración del recurso hídrico, donde menciona lo importante que es el crecimiento y la concentración de la población, la transformación y los diferentes cambios que se generan por las actividades productivas y de servicios, resaltando de igual manera las políticas de saneamiento que han sido ineficientes para la ordenación y conservación del ambiente pues han ocasionado una intensidad de impactos negativos ambientales en el recurso hídrico. De esta manera, aplicó una identificación y una valoración para evaluar los acaecimientos que presentan los costos administrativos que deben pagar los usuarios aledaños al río.

Con respecto a usos productivos del suelo y el uso del agua, Ramírez et al (2008), realizaron la caracterización física de la cuenca media del Río Reventado en Cartago, Costa Rica, que provee agua a una de las principales regiones productoras de hortalizas. Su objetivo fue investigar la capacidad del uso de los suelos en la cuenca media del Río como una herramienta de apoyo para planes y manejos adecuados a sus sistemas de producción. Para ello, seleccionaron al azar muestras en diferentes parcelas en la cuenca media del Río e identificaron las unidades productivas (por tipo de cultivo, suelo, topografías y manejo). Las variables observadas fueron: pendiente, erosión hídrica y clima. El estudio concluyó que el 36% del área presenta un conflicto de uso severo y el 39% de las tierras estaban ligeramente sobreutilizadas en otras clases y se pueden corregir con prácticas de conservación de suelos.

En cuanto a conservación y funcionamiento de ecosistemas estratégicos, Cabello et al (2008) aplican técnicas de teledetección basadas en la descripción de atributos funcionales de los ecosistemas para la resolución de cuestiones propias de la biología de la conservación. Para ello, muestran los análisis realizados para la evaluación de la representatividad de las redes de áreas protegidas de España y Uruguay, en dichos estudios se partió de la identificación del espacio funcional definido por los valores que la vegetación natural de cada país muestra para dos atributos derivados de índices de vegetación espectrales (IV). El espacio funcional

identificado constituye una forma rápida de describir la variabilidad ecosistémica completa de la región de referencia frente a la cual evaluar la representatividad de las redes, ya que las variables empleadas para ello están relacionadas con la respuesta que los ecosistemas muestran frente al gradiente ambiental completo de una región. De esta manera los análisis no solo identifican los parques comunes o singulares protegidos de cada país, sino que también permiten obtener una visión rápida de los huecos.

Por otra parte, Nájera, Bojórquez, Cifuentes & Marceleño (2010), evaluaron los cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, entre los años 1995 y 2005, a partir de la interpretación de ortofotos digitales y manejo de SIG, debido a su importancia ecosistémica como fuente de bienes y servicios en el estado de Nayarit, México. Haciendo uso de la clasificación vegetal de Rzedowski, identificando a su vez las actividades económicas de la región, y las tasas de deforestación de “vegetación natural” y “bosques y selva” mediante el modelo exponencial discreto sugerido por Trejo y Dirzo.

En Chile, Little & Lara (2010) realizan una revisión de la relación entre ecosistemas y servicios ecosistémicos, integrándolos a la provisión de agua en cuencas hidrográficas. En su análisis proponen que, en cuencas alteradas por actividades antropogénicas, la provisión de agua puede ser recuperada utilizando los principios y prácticas de la restauración ecológica y plantean una imagen de referencia que integre aspectos ambientales, económicos y sociales. Concluyen que es necesario avanzar urgentemente en el conocimiento científico y su divulgación social, respecto a los servicios ecosistémicos, incorporando enfoques de trabajo y metodologías transdisciplinarias.

Así mismo, Molina & Albarrán (2013), efectuaron un análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacumbú, estado Lara, Venezuela, determinando el estado de conservación de las coberturas de la tierra del Parque, para el periodo 2000-2008, realizando un análisis de su estructura horizontal considerando su evolución temporal y composición estructural, lograda a partir de la superposición de mapas de cobertura obtenida de imágenes satélite.

7.2 NACIONAL

Otaya, Vásquez & Bustamante (2008) en el departamento de Antioquia, desarrollaron estudios en el área de manejo especial (AME) “Sistema de Páramo y Bosques Altoandino del Noroccidente Medio Antioqueño” con el objeto de estimar la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos, empleando el procedimiento de contabilidad de aguas para efectuar el balance hídrico detallado según Holdridge y el método de regionalización de características medias.

En Piedecuesta, Santander Cárdenas, Osorio & Ortiz (2011), hicieron una valoración económica del recurso hídrico en la microcuenca del río de Oro Alto para el pago por servicios ambientales (PSA). Esto surgió por el libre mercado que ha causado el problema de sobreexplotación y uso ineficiente de los recursos debido a que no considera, dentro de la función de producción, el deterioro del medio ambiente. Al buscar establecer la relación entre el desarrollo sostenible y la preservación del recurso hídrico en la Microcuenca que abastece de agua potable al municipio, se planteó un esquema de PSA para lograr la conservación de los ecosistemas de la cuenca y garantizar la provisión a futuro del agua potable, estudiando las características hidrológicas de la cuenca, optando por un método de valoración contingente que estima la disponibilidad a pagar (DAP) de los habitantes como una aproximación para medir los beneficios económicos que conllevaría la mejora ambiental; y, estima la disponibilidad a aceptar (DAA) o ser compensado para medir el valor económico del daño producido por degradación del ecosistema de donde afluye el agua. El propósito del PSA es generar una compensación monetaria por parte de los usuarios del Servicio Ambiental Hídrico (SAH) hacia los proveedores de dicho servicio, creando incentivos para la conservación de los bosques y otros ecosistemas, lo cual permitió alcanzar la sostenibilidad del SAH para la microcuenca sin transformaciones radicales en el uso del suelo, con alternativas posibles a llevar a cabo y, mediante la financiación de la comunidad involucrada que traducirá su pago en un nivel de utilidad mayor.

Por otro lado, Corredor, Cárdenas, & Ordoñez (2011), llevaron a cabo un análisis de coberturas vegetales en el Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos, empleado herramientas como la teledetección y los sistemas de información geográfica, ejecutando un análisis multitemporal de imágenes satelitales de los años 1987 y 2007, siguiendo los lineamientos impuestos por la metodología CORINE LAND COVER, adaptada para Colombia, a su vez efectuando una interpretación visual asistida por computador. Así mismo, Rebollos (2013), realizó su estudio entorno al alto grado de intervención en el complejo de páramos Tota-Bijagual- Mamapacha, efectuando un análisis multitemporal, utilizando técnicas de teledetección, determinó las tendencias de cambio en el uso del suelo para el periodo (1992-2012), utilizando imágenes Landsat 4 TM y Landsat 7 ETM y su posterior interpretación siguiendo la metodología CORINE LAND COVER adaptada para Colombia. Se obtuvieron los mapas temáticos e identificando las coberturas presentes en cada periodo de estudio, determinando en término de áreas y porcentajes las tendencias evolutivas del uso del suelo en la región.

Arévalo (2013), en su informe de investigación de la caracterización física de la microcuenca del río Curubital (localidad de Usme), para el desarrollo de procesos de restauración ecológica, optó por hallar las características físicas de áreas estratégicas con el fin de restaurar la región capital, bajo criterios construidos.

Entorno a esto, realizo recopilación y análisis de información secundaria, fotointerpretación, trabajo de campo y caracterización de variables físicas. Además, teniendo en cuenta datos de precipitación total mensual y temperatura media mensual calculó el balance hídrico. De igual manera estudio la hidrografía, la geología, la disponibilidad hídrica, estratigrafía, geomorfología, obteniendo resultados que demostraron que existen factores limitantes y tensionantes que afectan el restablecimiento del ecosistema como el clima, suelo, pendientes, así como potenciadores que estimulan su restauración zonas planas, alta disponibilidad hídrica, áreas de rondas, entre otros. Concluyó que dicha restauración se enfocaría “en la recuperación de bosques riparios importantes para la preservación del recurso hídrico garantizando el servicio ambiental que presta aguas abajo y estabilización de los cauces, como corredores de dispersión de la biota y como albergues para la fauna en épocas secas; y de bosque altoandino”.

Por otra parte, Gonzáles, Aragón & Moreno (2015) determinaron la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Páramo de Guerrero y el establecimiento de posibles medidas de adaptación y mitigación, haciendo uso de la metodología establecida por el IDEAM, realizaron un análisis histórico del comportamiento de caudal, así como la evaluación de la oferta y la demanda del recurso a fin de obtener el grado de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico.

En relación con la evaluación de recursos de los ecosistemas estratégicos, Farfán & Rodríguez (2016), plantean una propuesta metodológica para la evaluación de la calidad ambiental de los ecosistemas estratégicos de Bosque de galería a escala sectorial. Estudio caso: Finca San José de Matadepantamo, Yopal, Casanare. Integrando once variables relacionadas con 4 criterios de saber: cobertura vegetal, estado del canal, calidad de agua y de suelo, y el impacto generado por actividades antrópicas, evaluando el índice QBR (evaluación de la calidad del bosque ripario), índice RFV (Valoración de continuidad espacial), índice RQI (valoración de calidad de las riberas, con base hidrológica y geomorfológica), índice de Volgeman (indicador de fragmentación y discontinuidad de parches de bosque), huella hídrica, e índice de calidad de agua (ICA), logrando establecer ciertas acciones de restauración y protección de dichos ecosistemas.

7.3 REGIONAL Y LOCAL

En la microcuenca el Volcán se han desarrollado diversos estudios debido a su importancia ecosistémica. Ramírez, Fernández & Solano (2005), estudiaron la dinámica fisicoquímica y la calidad del agua en la microcuenca El Volcán, municipio de Pamplona, tomando tres estaciones de estudio las cuales fueron evaluadas a través de los períodos de sequía, transición a lluvias y lluvias. Para el análisis de los datos se emplearon índices de contaminación y componentes principales, técnicas complementarias que permitieron evaluar la condición de calidad y de similitud. Los resultados encontrados “denotan condiciones fisicoquímicas excelentes y buenas

para el curso estudiado, así como disimilitudes espaciales y temporales entre las estaciones y épocas. La parte baja de la cuenca mostró menor condición de calidad, así como las mayores variaciones en el tiempo, en particular en lo que atañe a los sólidos suspendidos y a la mineralización de las aguas”.

Fernández, Suarez & Pérez (2007), efectuaron una modelación y simulación dinámica para la gestión de caudales en la cuenca Alta del Río Pamplonita- Un Balance hídrico de Consumo, se desarrollaron tres modelos dinámicos para la gestión del agua en la cuenca alta, en cuanto al uso del agua en Microcuencas El Volcán y Monte dentro, usando datos de consumo de agua y proyección de población, se establecieron 2 escenarios prospectivos de demanda de agua en la microcuencas, para caudales asignados a 219 usuarios, demostrando la no suficiencia de caudal, para mantener tanto los caudales de abastecimiento de los usuarios de la microcuenca, del acueducto y el caudal ecológico necesario y en el escenario mostro que al no tomar medida de contingencia el agua alcanzaría su límite para el año 2012, por medio de la simulación denotaron que con una previsión adecuada es factible lograr abastecimientos de agua potable aproximadamente hasta el año 2045.

Por su parte, Murcia & Ochoa (2008) llevaron a cabo la investigación “Respiración del suelo de una comunidad sucesional Altoandino en la cuenca del río Pamplonita, Colombia”, proyecto que tuvo por objeto establecer el comportamiento de la respiración edáfica y su relación con parámetros meteorológicos para entender cuáles son los factores que regulan los flujos de CO₂ en una comunidad catalogada como reserva forestal, estudio llevado a cabo en la Reserva El Volcán, entre otra serie de estudios que giran en torno al proyecto en curso denominado “Restauración ecológica de la selva altoandina en la cuenca del río Pamplona”.

En las observaciones locales para el municipio de Pamplona, Hernández, (2010), llevó a cabo un estudio de valoración monetaria de los beneficios que puede rendir un uso óptimo del suelo en la microcuenca Monte dentro del Río Pamplonita, Pamplona, en Norte de Santander con el fin de proporcionar información para la toma de decisiones sobre el gasto público para mejorar las condiciones actuales de oferta de agua en el Municipio. El objetivo del estudio fue valorar monetariamente los beneficios sociales y ambientales por la calidad y mayor producción de agua con un uso diferente al que actualmente se le da al suelo en la microcuenca de Monte dentro del nacimiento del Río Pamplonita. Para ello se realizó una valoración contingente a partir de una descripción del área de estudio según los usos actuales del suelo de la microcuenca y los impactos que ellos producen, además de una especificación de los beneficios ambientales del uso del suelo productor y protector de agua en la microcuenca de Monte dentro según las preferencias reveladas. Se determinó que los beneficios sociales y ambientales por la compra de las áreas estratégicas de la microcuenca de Monte dentro, indica que dichos beneficios son

mayores a los costos de llevar a cabo el proyecto. Además, si se tienen en cuenta los beneficios sociales por los demás servicios ambientales, estos revelarían un mayor valor de la Microcuenca para los pamploneses.

A su vez, en la microcuenca El Volcán se desarrollan diversas actividades económicas; la extracción de material es una de ellas. En el 2013 María Espinel V, realiza un estudio identificando los impactos positivos y negativos que se generan en las quebradas El Volcán y Navarro ubicados en el Municipio de Pamplona, debido a proyectos de extracción de material de arrastre, construyendo así un plan de manejo ambiental. Inicia con la elaboración de línea base para identificar la influencia de las extracciones en cada una de las actividades, encontró cinco impactos de carácter significativos, debido a todos estos choques ambientales se llevaron a cabo acciones en protección al suelo, control, seguimiento y monitoreo del estado del suelo con medidas preventivas y de control de dicho recurso.

De otro modo, Rivera, Zarta & Sánchez (2015) realizaron una evaluación del estado actual de las áreas estratégicas del municipio de Pamplona, Norte de Santander-Colombia, dando a conocer la dinámica actual de las zonas de protección, por medio de recolección de muestras en campo y análisis estadístico de la cobertura vegetal, determinando el índice de diversidad y riqueza mediante el software PAST; evidenciando la evolución positiva de las áreas estratégicas logrando ser un bosque primario en clímax de diversidad de especies.

8. MARCO CONCEPTUAL

Se entiende por **cuenca u hoya hidrográfica** al área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen a un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Decreto 1640 de 2012).

Las cuencas hidrográficas ofrecen numerosos **servicios ecosistémicos** a la sociedad. El suministro mundial de agua dulce para uso doméstico, agrícola e industrial depende mucho del caudal que se produce y regula en las cuencas. La agricultura y la seguridad alimentaria dependen en gran medida del agua superficial y los sedimentos, recogidos y transportados por las laderas de las cuencas. Los bosques de las cuencas son una fuente importante de madera y leña. Con frecuencia se asigna valor recreativo simbólico al paisaje natural y cultural de las cuencas hidrográficas. Y, por último, pero no de menor importancia, la vida y los medios de subsistencia de gran parte de la población rural dependen directamente de los recursos naturales de las cuencas. (FAO, 2009)

Los **ecosistemas estratégicos** o de importancia para la conservación de recursos hídricos son aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico, y en general con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada. ((Decreto 1640 de 2012).

El **Índice de Uso de Agua** (IUA) es la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales (IDEAM, 2010).

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de **Corine Land Cover Colombia** (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas. (IDEAM, 2014).

9. MARCO CONTEXTUAL

La Cuenca del Río Pamplonita se encuentra ubicada sobre la Cordillera Oriental de Colombia, ocupando la parte Sur Este del Departamento Norte de Santander entre las coordenadas planas X1-300.000 a X1-420.000 y Y1-150.000 a Y1-190.000 y las coordenadas geográficas 72°25 a 72°45 de Longitud Oeste y 7°20 a 8°25 de Latitud Norte; cubre una extensión de 137.524 hectáreas de las cuales aproximadamente el 98% pertenecen a las zonas rurales, el 1.8% a zonas urbanas y el 0.3% a cuerpos de aguas; forman parte de la Cuenca los Municipios de Pamplona, Pamplonita, Bochalema, Chinacota, Herrán, Ragonvalia, Los Patios, Villa del Rosario y San José de Cúcuta. La máxima altura sobre nivel del mar en la Cuenca se presenta al Sur de Pamplona donde alcanza los 3.500 metros y la mínima al extremo Norte en Puerto Santander donde tiene 50 metros de elevación (CORPONOR, 2004).

Geología

Estructuralmente el municipio de Pamplona se encuentra ubicado en una zona de tectónica compresiva, enmarcada dentro de la evolución de la cordillera oriental, la que generó procesos magmáticos y tectónicos que afectaron a las diferentes litologías presentes. Como resultado de estos procesos geológicos se presentan estructuras a nivel regional como el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta de extensión regional la que domina el patrón estructural del franco oriental del Macizo de Santander, representado en la zona por fallas y estructuras con dirección norte-sur, siguiendo el tren estructural (CORPONOR, 2004).

Desde el punto de vista geológico estructural, el municipio de Pamplona se encuentra ubicado en el flanco norte del Macizo de Santander sobre la Cordillera Oriental y dentro del sistema de fallas Bucaramanga Santa Marta a escala regional; en este afloran rocas metamórficas del proterozoico tardío al paleozoico, rocas ígneas intrusivas y rocas sedimentarias que varían en edad desde el paleozoico tardío al Terciario pertenecientes a la Cuenca de Maracaibo. (CORPONOR, 2016).

Geomorfología

Las formas del relieve en el municipio de Pamplona tienen su origen en el levantamiento de la cordillera oriental durante el Neógeno y movimientos diferenciados del Macizo Ígneo Metamórfico de Santander, que dio como resultado plegamientos, fallas y procesos de inundaciones que dieron origen a una gran cantidad de sedimentos que fueron depositados discordantemente sobre las litologías presentes. (CORPONOR, 2016).

9.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

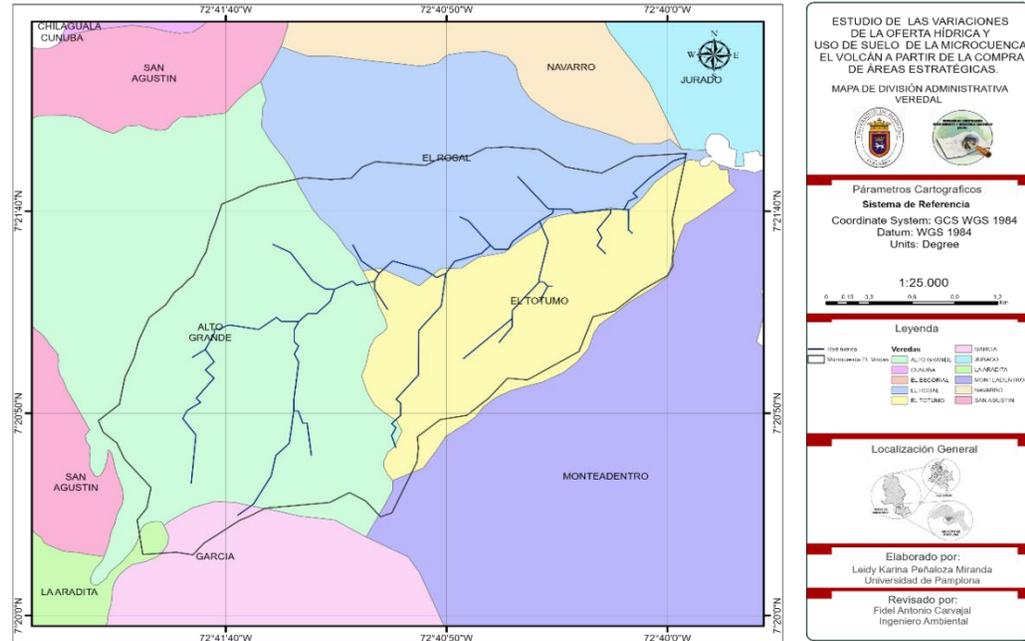
9.1.1 Microcuenca El Volcán

La microcuenca el Volcán, se encuentra ubicada al sur oriente del municipio de Pamplona, Norte de Santander, Colombia, a 3400 m.s.n.m., en la finca El Volcán hoy área estratégica, compuesta por las veredas El Rosal, Alto Grande, Totumo y parte del barrio Zulia; sus aguas fluyen hacia el Noreste para conformar junto con la Quebrada Monteadentro el río Pamplonita a los 2.340 m.s.n.m. (Ver Figura 1). (Ramírez, Fernández & Solano, 2005)

En su recorrido de 6.35 Km la microcuenca El Volcán tiene como afluentes principales la Quebrada Los Monos, Quebrada La Despensita, Quebrada el pedregal, Quebrada Chinchipa, Quebrada El Salto, Quebrada Las Peñas, el Chorro de Buena Vista y Chorro El Zanjón del Mortiño, después de su separación de la Quebrada Navarro en el 2012, hoy catalogada como Microcuenca (Carvajal, 2017). El Volcán crea una red hidrográfica con diversidad de paisajes y condiciones topográficas y climatológicas típicas de la zona alta andina (Sánchez, Gelvis & Solano, 2007)

Los aspectos morfométricos más relevante de la microcuenca El Volcán, indican que el área aproximada de la microcuenca es de 740 Has aproximadamente abarcando un perímetro de 17.25 Km, longitud axial de 5,6 Km (Fernández et al., 2007). La microcuenca presenta las siguientes características hidrográficas: Número de orden: 3, relación de bifurcación 4,5, relación de longitud: 8,33, densidad de drenaje: 17,22 m/Ha, pendiente promedio de la quebrada: 20,26%, forma oval redonda a oval oblonga, debido a su relieve quebrado, que hace la mayoría de sus drenajes sean cortos y simples o poco ramificados, originando fenómenos erosivos (CORPONOR, 2004).

Figura 1 Ubicación geográfica microcuenca el Volcán, Pamplona Norte de Santander



Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)

El clima del área de estudio es predominante frío húmedo el cual cambia a partir de los 3000 msnm a muy frío húmedo, (Suárez et al., 2015). El relieve secundario ya de tipo muy puntual también contribuye a formar microclimas y así se puede observar que el 10% de la microcuenca está clasificada en base al sistema Holdridge en la categoría bosque húmedo montano bajo (bh-MB), con temperaturas que oscilan entre 6 y 12°C y precipitación entre 1000 a 2000 mm, con una altura de 2.800 a 3400 m.s.n.m. En esta zona se encuentra una comunidad de zona de vida de Bosque Húmedo Montano con algunos elementos endémicos de la región como *Espeletia conglomerata*, *Espeletiopsis cf. almorzana*, *Diplostephium apiculatum* (Sánchez, Gelvis & Solano, 2007), el resto de la microcuenca se encuentra en la clasificación Bosque Seco Montano Bajo (bh-MB), con temperaturas que oscilan entre 12 y 17°C, precipitación entre 500 a 1000 mm con altura de 2400 a 2800 m.s.n.m.

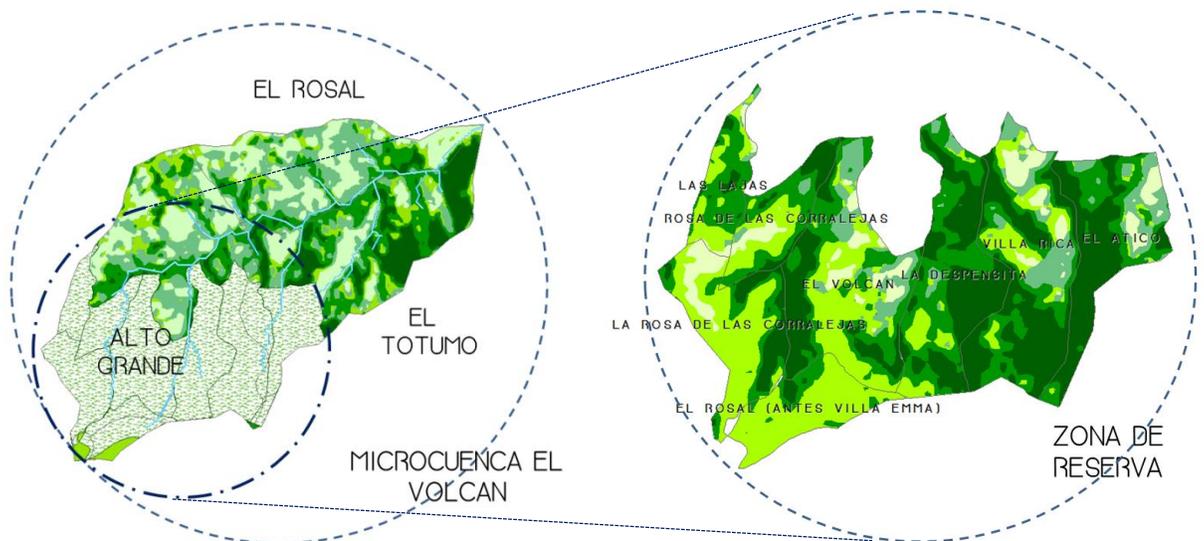
La microcuenca El Volcán presenta depósitos fluvio-lacustres y depósitos aluviales representados a lo largo de la cuenca alta del río Pamplonita, presentando una topografía más abrupta, con pendiente Pronunciada (13-30 %) a muy pronunciada (31- 70 %). (PBOT, 2001); presenta tierras de clase agrícola tipo VI Y VII, es decir son suelos con limitaciones severas, aptas solo para cultivos perennes o semi perenes y una aptitud de sistema agroforestal y forestal (CORPONOR, 2010). La vegetación se ubica dentro de las franjas de vida alto-andina y páramo, con ecosistemas en diferentes grados de alteración, que van desde manchones de selva

alto-andina, bosques primarios, secundarios, rastrojos, matorrales bajos y potreros con arbustos dispersos. Con respecto al caudal presente en la microcuenca es de 102 L/s, del cual se obtuvo un caudal ecológico de 19.3 l/s representando el 15 % del caudal anterior, el caudal disponible es del 87.6 l/s, que solo se toman 33.6 l/s para usuario de la microcuenca, 50 l/s para la bocatoma y el caudal excedente de 4 l/s. La población en la microcuenca según la secretaria de desarrollo social de la Alcaldía de Pamplona es de 151 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional de 0.8 correspondiente para el año 2015 (Ramírez, Fernández & Solano, 2005).

9.1.2 Reserva El Volcan

El área estratégica El Volcán se encuentra ubicada en las veredas el Totumo y Alto Grande, (Ver Figura 2.) con una extensión de aproximadamente 603,5 Has compradas con la financiación de CORPONOR, y en la actualidad se encuentran en conservación, protección y recuperación (UDFJC-CORPONOR, 2005) su rango altitudinal oscila entre los 3000 y 3500 m, incluyendo las zonas de vida Alto-andina y páramo. Según Sánchez et al (2007) se registra diversidad de especies florares, distribuida en 104 géneros y 48 familias. Las familias que presentan mayor número de especies son: Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Ericaceae, Melastomataceae y Bromeliaceae. Las áreas estratégicas del municipio de Pamplona presentan un aumento de cobertura vegetal, caracterizado por un clímax de especies, presentando mayor cantidad de características propias de un bosque primario. (Zarta, Rivera & Sanchez , 2015).

Figura 2 Ubicación geográfica Reserva El Volcán



Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)

10. MARCO LEGAL

Colombia, por ser un país con potencial hídrico abarca muchos sectores que tienen como referente el recurso agua y la protección de los ecosistemas estratégicos. A continuación, se menciona algunas relacionadas con el área de la oferta y el sistema nacional de áreas protegidas:

- En Colombia el área conocida y destinada para la conservación de la naturaleza corresponde a un predio privado establecido en 1932 denominado Reserva Meremberg (Guerrero, 2011). Las primeras áreas protegidas fueron establecidas en 1938 denominadas zonas forestales protectoras actualmente conocidas como el Cerro Dapa-Carisucio y Rio Guabas. En el año 1948 se estableció la serranía de la Macarena como la primera reserva natural nacional y el 9 de noviembre de 1960 fue creado el primer Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos, Según el SPNN de Colombia ubicado en Huila y Caquetá, y los siguientes en esa década fueron el Tayrona, Sierra Nevada de Santa Marta y Salamanca.
- En 1968 Colombia estableció el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA), entidad a cargo de los parques nacionales y otras áreas protegidas
- **Decreto 2811 de 1974.** Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, es una de las mayores contribuciones, pues en él se declaran nuevas áreas de protección.
- **Decreto 1541 de 1978.** Por el cual se reglamenta, entre otros aspectos, el dominio de las aguas, cauces y riberas y las normas que rigen su aprovechamiento; las restricciones y limitaciones al dominio y la conservación de las aguas y sus cauces.
- **Constitución Política de 1991.** Conocida como la constitución verde. A partir de su formulación se abre paso a un aserie de normativas en pro del medio ambiente.
- En 1993, para la adquisición de áreas prioritarias por liquidación del INDERENA se crea la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN).
- **Ley 99 de 1993.** Para el caso de estudio, son de interés los artículos 107, 108 y 111 de la presente ley.

- A finales de los 90's se empezó la constitución del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), la ley 388 de 1997 modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. (Capítulo VII y VIII).
- **Resolución 0865 de 2004.** Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.
- **Decreto 3600 de 2007.** Por el cual se establecen determinaciones para el ordenamiento en el suelo rural.
- **Decreto 2372 de 2010.** Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones, teniendo como objeto asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica, garantizar la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el bienestar humano y garantizar la permanencia del medio natural, o de algunos de sus componentes, como fundamento para el mantenimiento de la diversidad cultural del país y de la valoración social de la naturaleza. Se establece el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con este, siendo su eje central el llamado Sistema de Parque Nacionales Naturales (SPNN).
- **Decreto 1640 de 2012.** Establece los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
- **Decreto 0953 de 2013,** el cual reglamenta al artículo 111 de la ley 99 de 1993 modificada por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011, mediante la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, estableció en el parágrafo del artículo 215 que: “los departamentos y municipios dedicaran un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas”.
- **Decreto 1299 de 2016.** Establece que todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua tomada directamente de fuentes naturales y que esté sujeto a la obtención de licencia ambiental, deberá destinar el 1% del total de la

inversión para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica

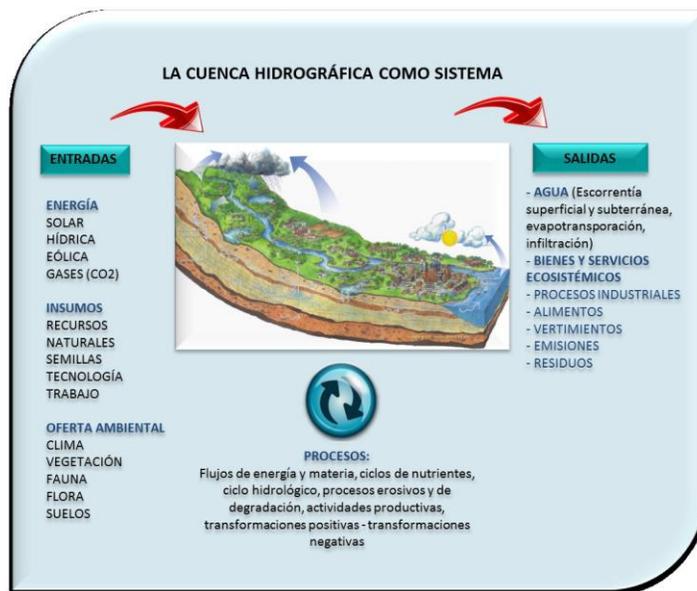
11. MARCO TEÓRICO

11.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y SERVICIOS ECOSISTEMICOS

Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (artículo 3 del Decreto 1640 de 2012).

La cuenca constituye una unidad adecuada para la planificación ambiental del territorio, dado que sus límites fisiográficos se mantienen en un tiempo considerablemente mayor a otras unidades de análisis, además involucra una serie de factores y elementos tanto espaciales como sociales, que permiten una comprensión integral de la realidad del territorio (Ver Figura 3).

Figura 3. La cuenca hidrográfica como sistema



Fuente: MADS (2014), Adaptado de IDEAM (2004)

Un caudal regulado es el servicio más sobresaliente que las cuencas ofrecen a la sociedad, pero no es el único. El suelo rico de agua de las laderas de la cuenca muchas veces propicia el crecimiento de arbustos y árboles, vegetación que frena la erosión de la escorrentía, es decir, la eliminación del suelo que el agua se lleva. No hay que olvidar la función de los recursos naturales de la cuenca hidrográfica en la agricultura, la ganadería y la explotación de madera en las tierras altas. A través de un complejo proceso de adaptación, las culturas de las tierras altas han creado prácticas sofisticadas en sus medios de subsistencia que permiten a la población local ganarse la vida en forma sostenible en el entorno especial (y a veces difícil) de las cuencas hidrográficas. Estas también contribuyen al bienestar de la sociedad en general mediante el suministro de cultivos y alimentos, productos de madera, minerales y una fuente de diversidad biológica y cultural de las tierras altas. La importancia socioeconómica de las cuencas hidrográficas es doble: para la población local y para los usuarios de las tierras bajas de los productos de la cuenca. La Tabla 1 resume los servicios que presta la cuenca hidrográfica a los usuarios.

Tabla 1 Servicios Ambientales de la cuenca y sus usuarios

Servicio	Usuarios
Mejoramiento o estabilización del caudal anual del agua	Proveedores de agua potable Centrales hidroeléctricas Irrigación
Mejoramiento o estabilización de los caudales del estiaje	Proveedores de agua potable Centrales hidroeléctricas Irrigación
Concentración baja de sedimentos suspendidos	Proveedores de agua potable Centrales hidroeléctricas
Arrastre de fondo con baja concentración de sedimentos	Centrales hidroeléctricas Irrigación
Baja concentración de residuos de fertilizantes y plaguicidas Mejoramiento de la calidad microbiana	Proveedores de agua potable

Fuente: FAO (2009)

11.2 ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS

Para Jacobs (1991), un ecosistema es entendido como el concepto que por excelencia hace referencia a los bienes y servicios del medio natural y su dinámica social de beneficios fundamentales para el desarrollo y supervivencia humana. En este sentido, los ecosistemas se constituyen en la variable dependiente para el desarrollo de las comunidades, las actividades de producción para su beneficio a

nivel social, económico y cultural, es así como el medio ambiente comprende ciertas funciones económicas como son proveer recursos, la asimilación de desperdicios y los servicios ambientales, entendiendo un servicio ambiental o ecosistémicos como la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad, catalogados por la FAO, como: servicios de abastecimiento, de regulación, de apoyo y culturales, cada uno de ellos es primordial para la sostenibilidad de cualquier población la cual requiere del uso de dichas funciones económicas. Sin embargo, se han generado problemas en las zonas potenciales donde existe un gran porcentaje de recursos hídricos y suelos productivos, donde la economía es un hecho crucial a los problemas del entorno, las presiones del crecimiento y la ausencia de restricciones explican por si sola el porqué de la degradación originando impactos de todo tipo, los efectos que han conllevado a esta problemática son la suma de muchos factores, generados directa e indirectamente que sufren uno o varios agentes; esta conexión directa entre quien toma la decisión y los efectos de la decisión misma está ausente en lo concerniente a problemas ambientales, constituyendo las llamadas externalidades, “efectos externos” (Jacobs, 1991). En consecuencia, el ambiente es el principal afectado por este tipo de actividades, debido a que los activos ambientales son no mercadeables; es decir, no existe un mercado para ellos, por lo tanto, no existen unos derechos de propiedad definidos, ya sea porque son recursos comunes, que no tienen propietarios formales, pero están públicamente disponibles para su uso por parte de la mayoría, o recurso de bien público, el cual es un tipo de recurso común con la característica de no ser divisible como el aire, o externalidad de generaciones futuras entendido como un tipo de afectación o daño ambiental que aún no ha nacido, cuales quiera que sea la externalidad efectuada, el mercado tampoco puede generar compensaciones económicas a los afectados por las externalidades.

11.3 USOS PRODUCTIVOS DEL SUELO

El suelo es un recurso natural que se desempeña en la superficie terrestre como un reactor natural y como hábitat de diversos organismos, así como fuente de materiales no renovables y de soporte de infraestructura, (Volke et al., 2005). Para el Ministerio de Ambiente (2017), los recursos hídricos y el uso del suelo son relevantes, pues están íntimamente relacionadas conformando así un ecosistema; se entiende como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismo y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

El uso del suelo que da la población da los diferentes tipos de coberturas; definiendo uso de la tierra como el conjunto de actividades provenientes de la intervención humana, cíclica o permanente; a partir de dicha información se puede efectuar un

análisis multitemporal a fin de conocer la pérdida o recuperación de los diferentes tipos de cobertura vegetal en función del tiempo. (MADS, 2014).

11.3.1 Uso y Tratamiento del Suelo

La condición superficial en la cuenca hidrográfica se refleja en el uso del suelo y las clases de tratamiento. El uso del suelo está asociado a las coberturas forestales y vegetales de la cuenca como son el tipo de vegetación, los usos agrícolas, tierras en descanso, superficies impermeables y áreas urbanas. El tratamiento del suelo se aplica a las prácticas mecánicas como perfilado de curvas de nivel propias del uso agrícola, y prácticas de manejo como controles de pastoreo y rotación de cultivos.

En suelos cultivados se identifican: tierras en descanso, praderas, cultivos de hilera, cultivos de granos, rotaciones (pobre, aceptable, buena), cultivos en hileras rectas, vegetales sembrados cercanamente, campos sembrados a lo largo de la curva de nivel y cultivos en terrazas.

11.3.2 Uso Actual de las tierras en Norte de Santander

El uso de las tierras está íntimamente relacionado con las características externas, tales como la topografía, la disponibilidad de agua, clima, la vegetación y las características internas de los suelos. Lo cual junto con las características económicas, sociales y culturales del hombre definen el aprovechamiento sostenido o no del recurso tierra. (IGAC, 2004)

A continuación, se describen los principales usos de las tierras en Norte de Santander:

11.3.2.1 Uso Agrícola

La agricultura es la actividad más generalizada en todo el departamento, la cual se realiza con aplicación de técnicas tradicionales, tales como quemas, talas, siembra de cultivos limpios en el mismo sentido de la pendiente, de los que, en la mayoría de los casos, se obtienen cosechas de bajos rendimientos y deterioro de los suelos. En este departamento las tierras dedicadas a la agricultura incluyen: cultivos anuales, cultivos semiperennes (bienales) y cultivos perennes.

11.3.2.2 Uso Ganadero

La ganadería es de tipo extensivo e intensivo, la primera de ellas en latifundios localizados en los paisajes de montaña y lomerío, de los diferentes pisos térmicos

del departamento de Norte de Santander. La ganadería principalmente es de producción de carne, con cría, levante y ceba, esta última, la actividad más rentable de los ganaderos. La ganadería de leche no tiene un desarrollo significativo, debido a la falta de conocimientos técnicos de los ganaderos sobre prácticas sanitarias de manejo y selección de razas, lo que ocasiona un bajo rendimiento en la producción de leche.

11.3.2.3 Uso Forestal

El departamento aún mantiene un 20.6% de su superficie en bosque primario no intervenido o con bajo grado de intervención, y un 19.6% del área entre bosque intervenido y bosque secundario. El bosque no intervenido de mayor extensión se localiza de preferencia en la zona norte del departamento, dentro de un clima cálido, muy húmedo, con precipitación pluvial mayor de 4000 mm. Los bosques intervenidos de composición florística se localizan en pequeñas áreas de los municipios de Chitagá, Cucutila y Arboledas.

11.3.2.4 Sin uso Agropecuario

Las áreas sin uso agropecuario de mayor extensión se localizan en relieves de lomas, de clima medio y seco y el clima cálido muy seco a seco. Por la ubicación en el paisaje, las escasas y mala distribución de las lluvias, la acción de los vientos fuerte y la acción del hombre por el mal uso y manejo de los suelos, se han facilitado los procesos erosivos intensamente, produciéndose en los suelos un escurrimiento concentrado en grado muy severo, donde las cárcavas son profundas, constituyendo en amplios sectores columnas, conocidas como estoraques. Estas áreas no admiten uso agrícola o pecuario y se recomiendan para conservación, en desarrollo de vegetación nativa, facilitando la regeneración natural de especies forestales con el fin de lograr el equilibrio del paisaje.

11.4.1 Condición Hidrológica del suelo

El tipo de vegetación y la densidad de la cobertura en la cuenca tienen una gran influencia en la capacidad de infiltración del suelo. Se definen las siguientes categorías de cobertura para pasto natural.

- **Pobre:** Menos del 50% de área cubierta por pasto. Alta intensidad de pastoreo.
- **Aceptable:** 50 al 75% del área cubierta por pasto. Intensidad media de pastoreo.
- **Buena:** 75% del área cubierta por pasto. Intensidad ligera de pastoreo.

La condición hidrológica para los bosques se determina igualmente cualitativamente como:

- **Pobre:** bosques regularmente quemados con pocos arbustos y poco humus vegetal.

- **Aceptable:** con algunos arbustos, moderada cantidad de humus vegetal y pasto.
- **Buena:** Protegido con pasto, con alta cantidad de humus vegetal y muchos arbustos cubriendo la superficie.

11.4 OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA

La oferta hídrica de una cuenca, es el volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca. (Resolución 0865 de 2004)

La demanda es el volumen de agua en cantidad y calidad que los usuarios requieren para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo. Esto conlleva a la construcción de un sistema de indicadores que permiten observar el estado del recurso hídrico, tomando como referencia los estudios realizados por el instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM.

11.4.1 Indicadores de referencia

Para identificar las subzonas con mayor presión por condiciones de uso, contaminación y variabilidad se utilizan un conjunto de indicadores y de temas que aportan en la evaluación del estado actual del recurso hídrico y que conforman los criterios relevantes en el análisis.

11.4.1.1 Índice de Uso del Agua (IUA)

Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales (IDEAM, 2010). Se continúa considerando aun solamente

la oferta superficial en el cálculo del indicador, para lo cual se emplea la ecuación 1:

$$IUA = (Dh/Oh) * 100 \quad \text{Ec 1}$$

Dónde:

Dh: demanda hídrica sectorial

Oh: Oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental).

Dh = Σ (Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado). Está expresado por la ecuación 2:

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccss + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

Ec 2

Donde;

Dh: Demanda hídrica

Ch: Consumo humano o doméstico

Csp: Consumo del sector agrícola

Csm: Consumo del sector industrial

Ccss: Consumo del sector servicios

Ce: Consumo del sector energía

Ca: Consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

La Oferta Hídrica total disponible se calcula por la ecuación 3:

$$Oh = O_{htotal} - O_{qamb}$$

Ec 3

Donde;

O_{htotal} es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada.

O_{qamb} es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

En la Tabla 2 se presentan los rangos, categorías y significado del Índice del agua.

Tabla 2. Rangos y Categorías Índice de Uso del Agua

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50,01 - 100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1.0 - 20	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

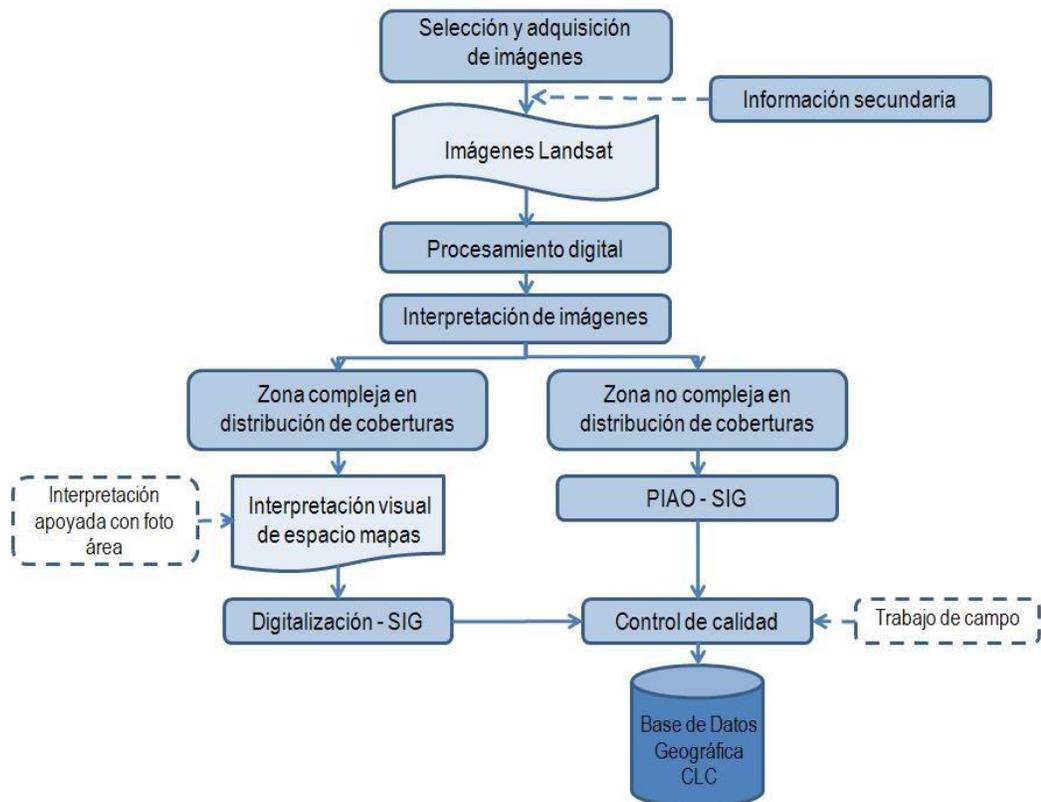
Fuente: ENA (2014)

11.5 METODOLOGÍA CORINE LAND COVER

Según el IDEAM (2014), La metodología Corine Land Cover adaptada para el territorio colombiano permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de las coberturas naturales y antropizadas en determinado territorio, proporcionando información fundamental para la construcción de mapas ecosistémicos, conflictos de usos del territorio, seguimiento a la deforestación de bosques, inventarios forestales entre otros, (IDEAM, 2010) a partir de la interpretación y utilización de imágenes satelitales de resolución media.

El esquema metodológico contempla las siguientes etapas: Selección y adquisición de imágenes, procesamiento digital, análisis e interpretación de coberturas, verificación de campo, control de calidad y generación de capa temática. (Ver Figura 4).

Figura 4. Modelo general de la metodología Corine Land Cover



Fuente: IDEAM, IGAC & CORMAGDALENA (2007)

11.5.1 Imágenes satelitales Landsat

Las características de resolución espectral, espacial y temporal de las imágenes Landsat, la disponibilidad de datos históricos, las facilidades para su adquisición y la política de toma continua y a largo plazo del programa convierten a estas imágenes en una alternativa adecuada para el sistema de monitoreo de cambio de la cobertura de Bosque, de acuerdo a la escala y métodos de procesamientos propuestos en este protocolo. Las pruebas realizadas para construir este protocolo fueron desarrolladas enteramente con imágenes Landsat.

El propósito del programa Landsat es proveer imágenes de sensores remotos para el monitoreo y gestión de los recursos de la Tierra, adquiriendo imágenes de manera casi ininterrumpida desde 1972. Las plataformas satelitales que han registrado las imágenes de las últimas décadas incluyen: Landsat 5 con los sensores Multispectral Scanner System – MSS y el Thematic Mapper – TM en funcionamiento desde 1984, en el caso de MSS fue apagado en 1995 y reactivado en diciembre de 2012,

mientras que el sensor TM tomó datos hasta Noviembre de 2011. Landsat 7 con el sensor Enhanced Thematic Mapper Plus – ETM+ fue lanzado en 1999 aunque presentó fallas en la toma de imágenes desde Mayo de 2003. El más reciente es el satélite Landsat 8 puesto en órbita en Febrero de 2013 con el sensor Operational Land Imager - OLI, todos con un periodo de revisita de 16 días. (IDEAM, 2014).

11.5.2 Pre-procesamiento de imágenes satelitales.

11.5.2.1 Apilamiento de bandas

Una vez descargados los datos es necesario reconstruir cada imagen mediante la unión de todas las bandas, descartando las que corresponden a la longitud de onda del Infrarrojo térmico.

11.5.2.2 Corrección Geométrica

Para la construcción de la serie de tiempo y los compuestos es indispensable tener un co-registro exacto a nivel de pixel entre todas las imágenes adquiridas para cada escena. Los productos Landsat suelen tener una correspondencia exacta de los pixeles, sin embargo se recomienda hacer una revisión de cada imagen y ajustar aquellas que no cumplan esta condición. Este ajuste puede hacerse midiendo la diferencia entre los pixeles y re-proyectando las coordenadas de los extremos de la imagen desplazada en esta misma magnitud (teniendo en cuenta que las imágenes descargadas están en un sistema de proyección con unidades métricas). Resulta útil mantener el sistema de referencia geográfico UTM con el que se adquieren las imágenes durante todo el proceso hasta llegar al producto final, con el fin de evitar la pérdida del co-registro entre pixeles al aplicar los ajustes geométricos de los modelos de re-proyección cartográfica.

11.5.2.3 Enmascaramiento de nube y agua

Las imágenes de superficie de reflectancia deben ser depuradas de tal forma que cada escena conserve únicamente los pixeles que contienen información de la cobertura de la Tierra, enmascarando y eliminando las áreas de nubes, bandeamiento, sombras o bruma. Para garantizar la eliminación de estos pixeles resulta apropiado combinar los resultados de las máscaras producidas con diferentes herramientas.

11.5.3 Procesamiento

11.5.3.1 Detección de cambio

Para identificar el cambio de la cobertura de bosque se debe seleccionar un método de detección directa teniendo en cuenta que existe una cantidad notable de procesos y algoritmos ya documentados. Una vez se aplica el método seleccionado hay que definir el umbral o rango de valores que serán considerados como cambio en la cobertura de bosque, tanto para la ganancia como para la pérdida. Estos rangos dependen del método seleccionado, de las coberturas presentes en la escena, del tipo de cambio ocurrido (deforestación a pasto, cultivo, etc.), por lo que no es posible generalizar un rango para todas las escenas. La selección del umbral debe realizarse comparando los resultados con las imágenes de superficie de reflectancia. Estos umbrales se definen para Bosque Estable, No Bosque Estable, deforestación y eventualmente regeneración.

Luego de definir los umbrales se reclasifican los valores de los píxeles al valor de la clase o categoría correspondiente, obteniendo así el mapa preliminar de cambio. La leyenda y los valores asignados en la reclasificación para cada clase son los siguientes:

1. Bosque estable.
2. No bosque estable.
3. Deforestación.
4. Regeneración.
5. Sin información (corresponde a los datos enmascarados).

11.5.3.2 Análisis e interpretación de coberturas

La interpretación de las imágenes de satélite se realiza inicialmente a través de la visualización en computador, empleando el software ArcGis. Cada intérprete cuenta con una licencia del software, con una configuración para delinear las diferentes unidades de mapeo. El procesamiento digital de las imágenes (mejoramientos espectrales, corte, proyección) se realiza con el software ERDAS.

11.5.3.3 Control de calidad

El control de calidad hace referencia a un proceso de revisión y corrección continuo y sistemático de seguimiento del avance de las diferentes actividades que se deben adelantar en cada una de las etapas del proceso, con el propósito de garantizar la calidad geométrica, temática y topológica de la base de datos del proyecto.

La metodología desarrollada para el proceso de control de calidad temática comprende dos procedimientos que se aplican para la revisión y corrección de las planchas interpretadas. El primer procedimiento comprende la revisión de la plancha interpretada en formato análogo a partir de la observación de la imagen Landsat respectiva, dispuesta en formato impreso, con apoyo de las fotografías aéreas más recientes existentes para la zona interpretada. Como producto de este procedimiento se entrega al intérprete la plancha impresa en acetato con las observaciones y correcciones sugeridas por responsable de control de calidad.

El segundo procedimiento comprende la revisión de la plancha interpretada en formato digital sobre la pantalla, sobrepuesta a la imagen Landsat. De esta revisión, el responsable del control de calidad elabora una capa de información de puntos (en formato shape), conteniendo los comentarios y observaciones a la interpretación, así como los ajustes que se consideren requeridos para las unidades incorrectamente interpretadas.

12. METODOLOGÍA

La metodología a seguir en la presente investigación se clasifica como mixta, con un enfoque cualitativo y cuantitativo, a partir de una estadística descriptiva, identificando la variable independiente (uso del suelo) y la dependiente (la producción hídrica de la microcuenca El Volcán). Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se establecieron 4 fases con la metodología que se describe a continuación:

12.1 Consulta y revisión de información

Se realiza una revisión de literatura relacionada con el tema a nivel internacional, nacional y regional con el fin de conocer y entender el objeto de estudio desde diferentes perspectivas y escenarios geográficos.

Así mismo, se recopiló información referente a cartografía, normatividad vigente aplicable, caracterización ambiental, aforos, inventario de usos y usuarios de la red hídrica, usos del suelo, información catastral, entre otros realizados por autoridades como el IGAC, IDEAM, CORPONOR, EMPOPAMPLONA, la alcaldía municipal y otras afines.

Por otra parte, se seleccionaron imágenes Satelitales Landsat descargadas gratuitamente por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) del periodo de estudio, con el propósito de aplicar la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia.

12.2 Trabajo de Campo

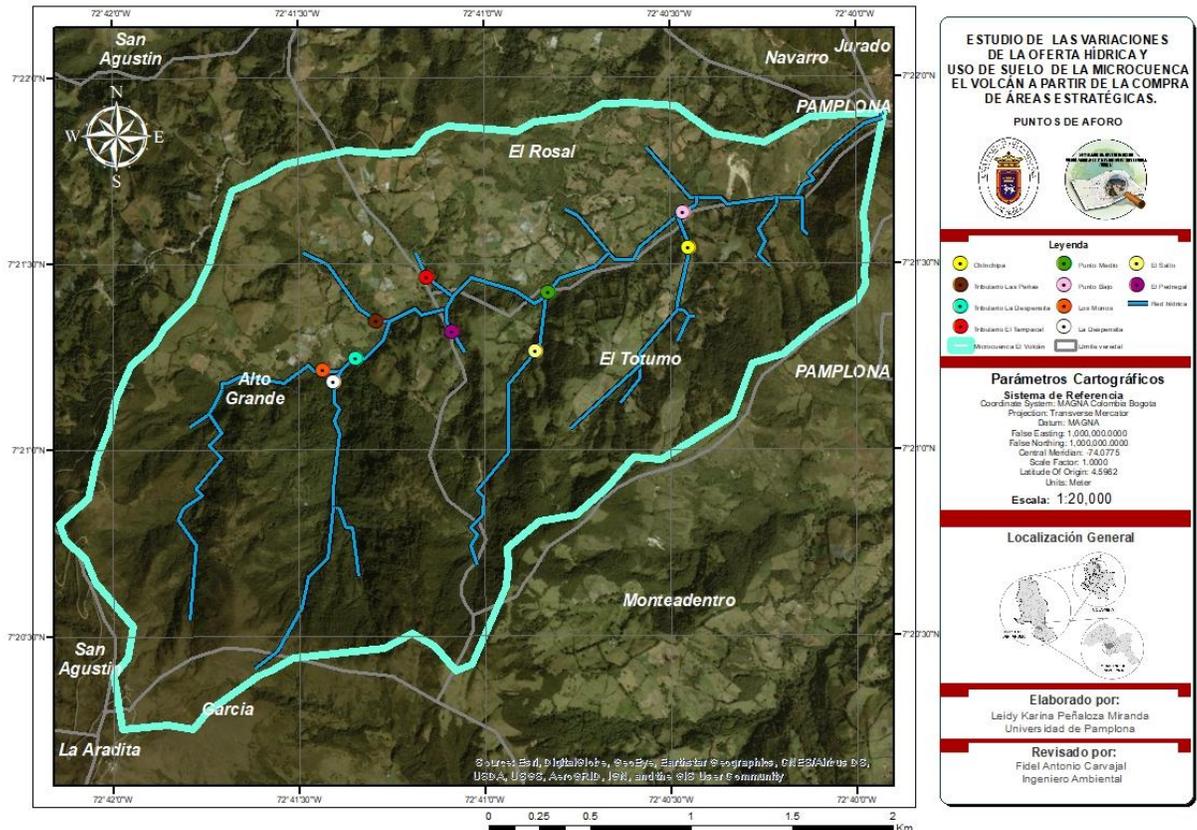
Corresponde a la información obtenida directamente en el área de estudio, evaluando las actividades e impactos respecto a los recursos naturales. Las actividades realizadas en la investigación de campo se describen a continuación:

Aplicación de un instrumento censal, con el fin de obtener una actualización de usos de la red hídrica e información del sistema social, económico y funcional de la microcuenca en la actualidad.

Reconocimiento del área de estudio, para seleccionar e identificar puntos de muestreo, para la posterior realización de aforos diarios con una duración de 3 meses; haciendo uso del método de volumétrico y flotador, para conocer la dinámica

actual, los aportes y extracciones realizados en los respectivos afluentes de la microcuenca El Volcán. En la Figura 5 se presentan los puntos de aforo de caudal.

Figura 5 Puntos de Aforo, Microcuenca El Volcán



Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)

12.3 Procesamiento de la información

- A partir de la revisión documental de información, referencias bibliográficas, publicaciones, y recolección de datos, se lleva a cabo el procesamiento de la misma para obtener datos confiables, haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica como ArcGis para ubicar cartográficamente, tabular y analizar los datos de la microcuenca.
- De igual forma, se efectuarán los cálculos estadísticos respectivos, de acuerdo a la información recolectada por el Instrumento aplicado a la población rural de las

veredas Alto Grande, El Rosal y El Totumo, analizando el sistema social, económico, ambiental, funcional y las externalidades (positivas y negativas) que se pueden generar por los usos del suelo que se presentan en la microcuenca.

- Para el análisis hidrológico, se realiza un análisis histórico de los caudales obtenidos por el ente EMPOPAMPLONA, así como los datos recolectados en los puntos de aforo. Además, se analizó el comportamiento temporal de las precipitaciones en la zona de estudio a partir de los datos registrados en la estación Agrometeorológica ISER-Pamplona del IDEAM y su comparación con los caudales históricos obtenidos para la microcuenca. En este mismo apartado, se analiza la dinámica de los caudales de la microcuenca El Volcán realizando la curva de duración de caudales, con el fin de estimar aquellos que pueden ser igualados o superados en un lapso de tiempo y a su vez, la curva masa de caudales mensuales multianuales.
- Luego de obtener las imágenes satelitales de la zona de estudio, se emplearán técnicas de fotointerpretación como preparación de las imágenes, corrección e intersección de coberturas, para finalmente hacer un análisis multitemporal del cambio de cobertura y uso de las tierras, aplicando la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.
- Para la estimación de la oferta hídrica se realiza un Inventario de usos y usuarios del recurso para así estimar el Índice de Uso del Agua (ICA), aplicando la ecuación 1 referenciada en el apartado 11.4 de la presente investigación y clasificando el valor obtenido del índice en uno de los rangos establecidos.

12.4 Análisis de Resultados

Interpretación de los resultados alcanzados en la zona de estudio. Detalles de la información obtenida: Índice del uso del agua (IUA) para conocer en mayor medida la oferta y demanda hídrica de la microcuenca. Evaluación del índice de estado actual de las coberturas naturales y el análisis multitemporal de las imágenes satelitales. A nivel socioeconómico el porcentaje de áreas socioeconómicas de sectores, y en su efecto posibles diagnósticos de externalidades. A nivel hidrológico el análisis de los caudales de la microcuenca.

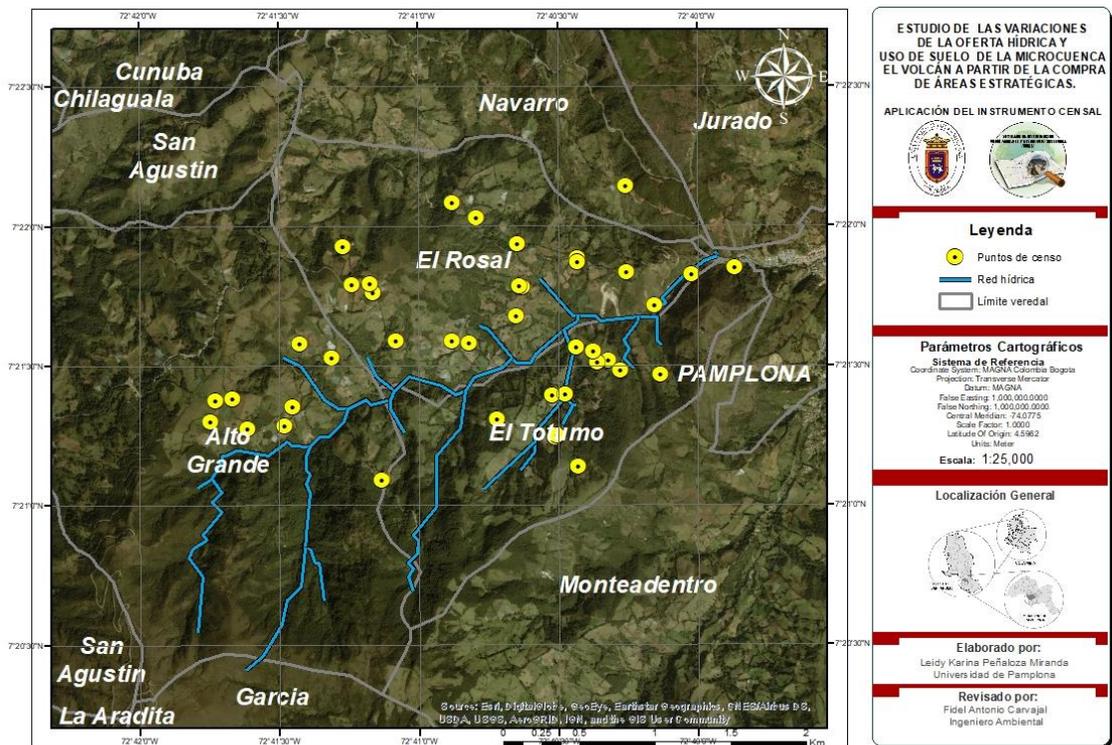
13. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

13.1 Aplicación del instrumento censal

Con el fin de identificar la población asentada y su relación con los recursos ecosistémicos a lo largo de la microcuenca El Volcán, se aplicó un censo en las veredas Alto Grande, Totumo, Rosal y parte del Barrio Zulia, recolectando un total 67 encuestas, las cuales, abarcaron aspectos sociales, económicos y funcionales de la microcuenca en la actualidad. En el anexo A se muestra el instrumento censal aplicado en las veredas de la microcuenca.

En la figura 6 se presentan la georreferenciación de los puntos del censo aplicado en las veredas que comprende la microcuenca El Volcán.

Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)
Figura 6 Aplicación del instrumento censal-Microcuenca El Volcán

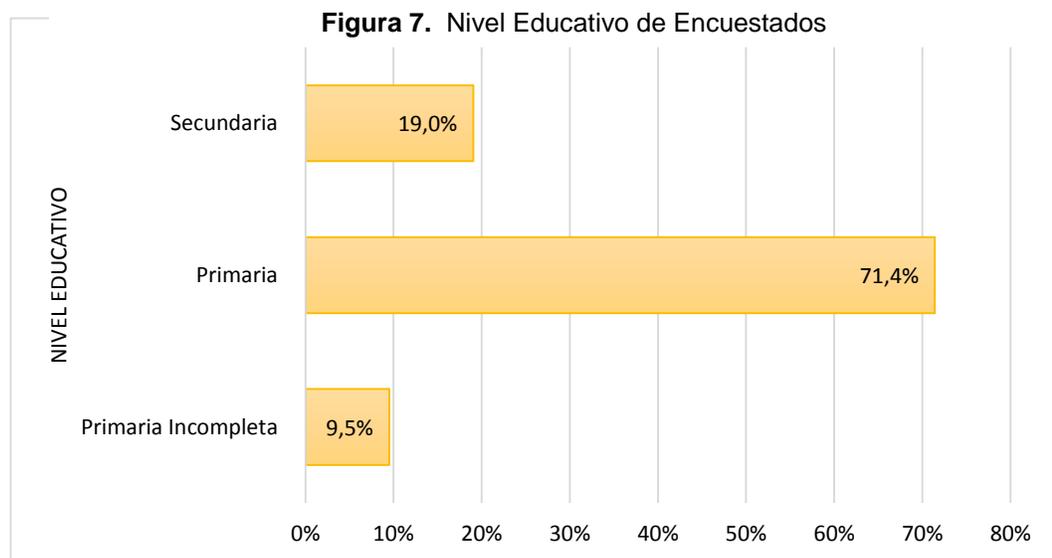


13.1.1. Dimensión Social

La dinámica poblacional ha tenido cambios notorios respecto al crecimiento poblacional. Según el PBOT (2015) en el periodo 1993-2005, hubo un aumento considerado de la población rural, la cual, paso de un 13% en el año de 1993 a un 18 % en el año 2005. A partir del año 2005 se observa una disminución del porcentaje de la población en la zona rural debido a ausencia de infraestructura, servicios y necesidades básicas insatisfechas.

Actualmente, a partir de los datos obtenidos por el instrumento censal se presenta una población en la microcuenca de aproximadamente 346 habitantes, distribuidos en las tres veredas, incluyendo 66 habitantes que son abastecidos en el Barrio Zulia.

La mayoría de personas encuestadas fueron los jefes de hogar, estos en su mayoría tienen un bajo nivel educativo, puesto que, el 71 % culminó su básica primaria, seguido de un 19% para la secundaria y en menor proporción un 9,5% de una escolaridad primaria incompleta (Figura 7). Cabe resaltar que la edad media de los encuestados es de 43 años, caracterizando una población adulta. Según el tercer Censo Nacional Agropecuario para el año 2013, se identifica la presencia de 73 núcleos familiares.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017).

13.1.2. Dimensión Ambiental (Técnico-Funcional)

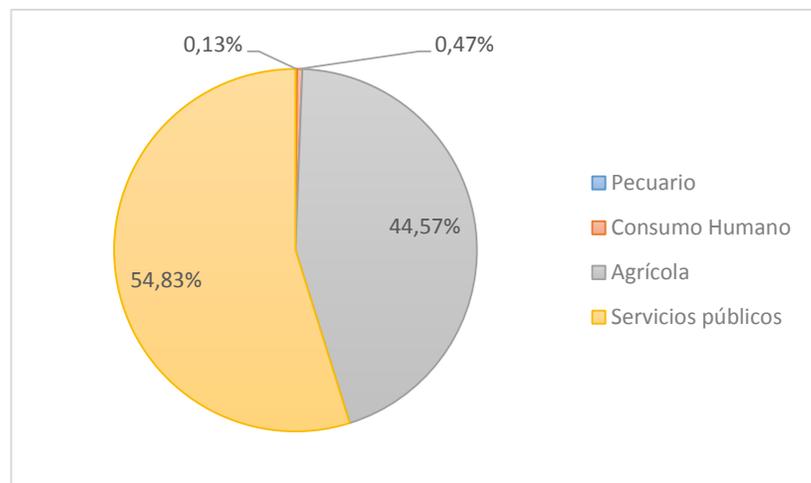
13.1.2.1. Servicios de Abastecimiento

El recurso hídrico hace parte de los recursos vitales y determinantes para el desarrollo económico de cualquier sociedad, entendiendo desarrollo económico como un concepto multidimensional que abarca aspectos culturales, políticos,

económicos y sociales. La microcuenca El Volcán representa uno de los principales servicios de abastecimiento para la comunidad, no solo la que habita en ella, sino gran parte de la población Pamplonesa, abasteciendo cerca del 40 % del municipio. En cuanto a la población asentada en su territorio, hace un manejo del recurso hídrico de diversas formas como servicios públicos, agrícola, pecuario y consumo humano, para la extracción de material distribuyéndose en un 54,83%, 44,57 %, 0,47 % y 0,13 % respectivamente (Figura 8). De esta manera suple las necesidades de la población, la cual, en muchos casos hace uso excesivo de este.

A lo largo del tiempo el recurso se ha caracterizado por tener un comportamiento estacional es decir aumenta en los periodos de lluvias y disminuye en los periodos secos, información verificada por la comunidad encuestada, manifestando que sus cultivos se ven sometidos a los periodos estacionales disminuyendo en parte su producción.

Figura 8. Usos del Agua



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Según el PBOT (2015), la Corporación Autónoma Regional (CORPONOR) tiene concesionados los siguientes volúmenes de agua correspondientes a la microcuenca el Volcán, en las veredas Alto Grande, Totumo, y Rosal respectivamente 2 l/s, 4 l/s, y 1 l/s. En la actualidad, los acueductos veredales no tienen tratamiento para el recurso, consisten en un tanque de almacenamiento y una red de distribución que está conformada por tubería de PVC y mangueras de diferente calibre; realizada por sistema de gravedad, como se observa en la figura 9.

A partir de la información estadística presentada, el 12% de la población cuenta con servicio de acueducto, quedando así el 88 %, que extraen directamente de las quebradas Los Monos, La Despensita, El Salto, El Rosal, El Pedregal y Chinchipa y nacientes de sus fincas, presentándose una distribución, como la representada en la Figura 10. En la actualidad gran parte de las concesiones están vencidas desde el año 2015 y el proceso de actualización se está llevando a cabo por la Corporación Autónoma regional.

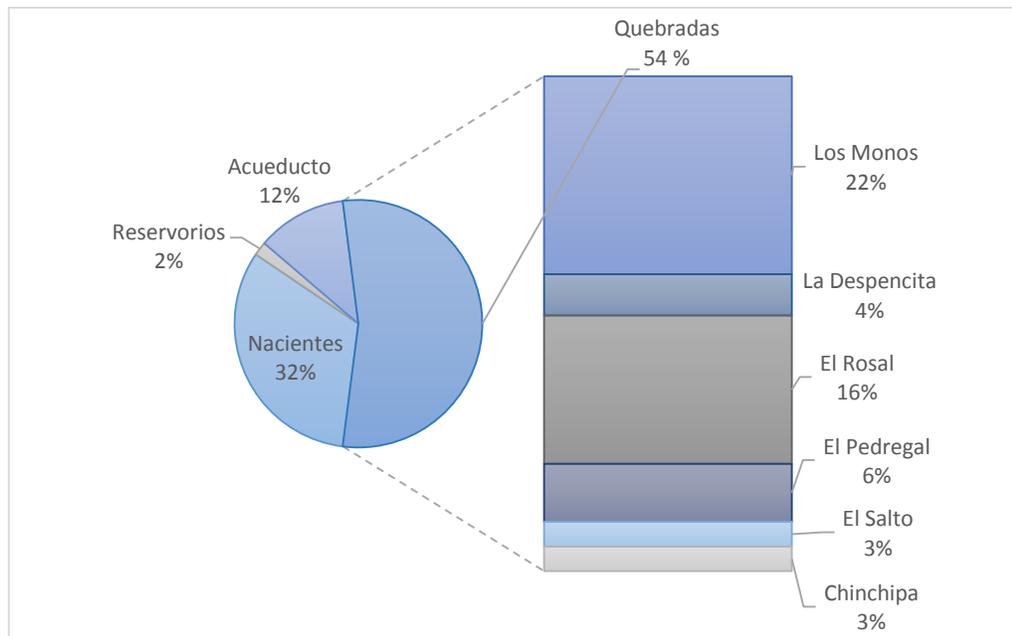
Figura 9. Tanque de almacenamiento para el Barrio Zulia.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Hoy día, solo las veredas Rosal y Alto Grande poseen minidistrito de Riego y acueducto, puesto que el recurso no es suficiente ni puede llegar por acueducto a gravedad, se cuenta con reservorios de agua lluvia que constituyen otra fuente de abastecimiento para los predios que no cuentan con agua propia; las veredas Rosal y Totumo, poseen 2 reservorios en sus terrenos el Rosalito y Villa Silvania respectivamente.

Figura 10. Fuentes de Abastecimiento del Recurso hídrico.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Además, la microcuenca El Volcán presta un servicio público al casco urbano de municipio, abasteciendo a más del 30 % de la población Pamplonesa con una continuidad de 24 horas al día, actualmente se extrae en promedio 50 l/s, dando en total una captación diaria de 4.320 m³ captación ubicada a los 2870 m.s.n.m.

Figura 11 Captación realizada por EMPOPAMPLONA, parte baja Microcuenca el Volcán.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

13.1.2.2. Servicios de regulación

13.1.2.2.1 Aguas Residuales

El sistema de tratamiento dado a las aguas residuales más utilizado consiste en pozos sépticos ocupando un 81,82 %, otra parte es vertida directamente a campo abierto o en fuentes hídricas en un 13,64% y una menor proporción poseen alcantarillado 4,55%, dichas zonas son las más cercanas al casco Urbano que de igual forma son vertidas a los afluentes. Las prácticas usadas como campo abierto generan la proliferación de vectores, que afecten la salud humana y la dinámica del suelo, además, afecta la calidad del recurso hídrico el cuál es captado para el consumo de los habitantes de la misma zona, sin tratamiento alguno, productor de sus cosechas y consumo de los animales.

13.1.2.2.2 Residuos Sólidos

Los residuos más comunes producidos en la zona rural son los ordinarios por actividades diarias y los peligrosos, que consisten en envases y envolturas de productos utilizados en actividades agropecuarias. Los métodos de disposición de basuras más utilizados son la quema (65%), depósito (26%), y enterramiento (4%); los cuales generan contaminación del aire y el último al no ser un tratamiento adecuado para suelo, puede producir consecuencias peores; sin embargo, otras fincas emplean prácticas de recolección de residuos peligrosos, generados de las actividades agropecuarias, estos son recolectados por la empresa EMPOPAMPLONA S.A.S; a fin de darles una adecuada disposición final.

Cabe resaltar la no presencia constante de embolturas y empaques de fungicidas y pesticidas alrededor de los cultivos y predios visitados, pero se evidencia la afectación del cauce a medida que se avecina el casco urbano.

13.1.3 Dimensión económica

La dimensión económica desarrollada en el área rural del municipio gira en torno al sector primario. Según el PBOT (2015), se caracteriza por una economía campesina de pequeños minifundios y parcelas, llevándose a cabo principalmente la agricultura, seguido por la actividad pecuaria.

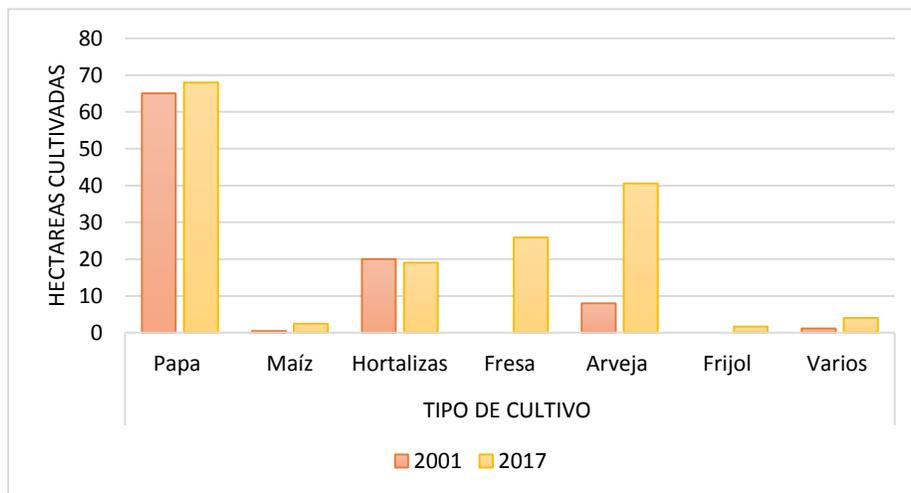
13.1.3.1 Producción agrícola

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (2011) las áreas cultivadas en el municipio de Pamplona han ido en aumento desde el año 2007 al 2012, pasando de 383 has a 545 Has; los principales cultivos son los tubérculos, como sembrados de papa, seguido por los frutales y por último, las hortalizas con cultivos de arveja,

frijol y zanahoria. A partir del censo realizado se obtiene una gráfica comparativa con el año 2001 datos obtenidos de PBOT del municipio de Pamplona, observando la dinámica agrícola en las veredas de la zona de estudio. (Ver Figura 12)

El incremento de plagas y enfermedades ha presentado un aumento en los últimos años, donde el uso de agroquímicos es cada vez más elevado, se caracteriza la utilización de fungicidas como Manzate , curzate, dithane; e insecticidas como eltra, furadan entre otros; los cuales no tiene control en su uso, siendo dispuestos a consideración de los cultivadores; el uso excesivo de los agroquímicos trae consigo problemas, para el aire, suelo , agua y la salud humana, los cuales es necesario tener un control constante evitando así problemas futuros.

Figura 12. Comparativo de cultivos del año 2001-2017, en la microcuenca el Volcán



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

La producción agrícola ha ido en aumento durante los últimos años, asumiendo como cultivo predominante la papa con (68 Has), seguido de la arveja (40,55 Has) y en menor cantidad cultivos como arracacha, cebolla y habas, catalogados como varios (4 Has), han ido disminuyendo dando paso a otros cultivos como la fresa que incrementa considerablemente su campo de producción (25,9 Has), mientras que cultivos como hortalizas (19,05 Has), maíz (2,5 Has) y frijol (1,7 Has) han sido constantes.

Figura 13. Cultivos a lo largo de la microcuenca El Volcán.

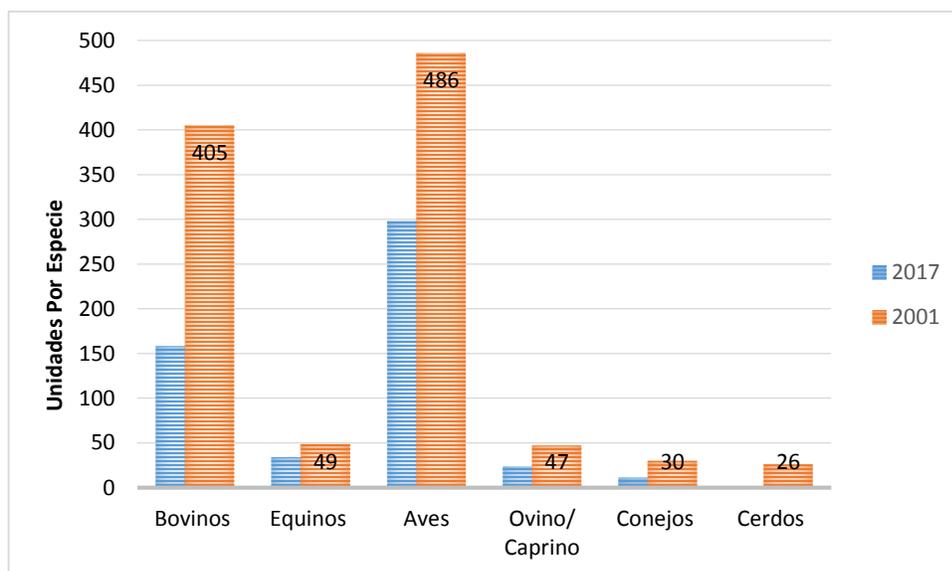


Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

13.1.3.2 Producción Pecuaria

La explotación pecuaria se realiza de forma tradicional, utilizando praderas naturales y pastizales como kikuyo y yaragua; actualmente no se encuentran registros municipales de la producción pecuaria, sin embargo, en menor proporción se encuentran actividades como aves de corral y bovinos, a partir de los datos obtenidos se evidencia la actividad pecuaria en pequeña cantidad, las aves de corral son las especies principales con menos de 300 ejemplares, seguido de la ganadería con 138 bovinos, donde la mayoría de las explotaciones son de doble propósito; la explotación equina desempeña un rol importante, siendo la encargada del transporte de carga en insumos necesario para la fincas, es especial a aquellos lugares donde no hay presencia de carreteable contando con 34 especímenes, 24 ovinos/caprinos y 11 conejos, de uso frecuente para consumo de los habitantes.

Figura 14. Comparativo de Producción Pecuaria del año 2001-2017 de la microcuenca El Volcán



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

La Figura 14 referente a datos de producción pecuaria de los años 2001 y 2017, permite observar el decrecimiento presentado en este tiempo, donde la ganadería y gran parte de las especies disminuyen notablemente; se puede considerar que la compra de áreas de protección ha influido, debido a que las veredas como alto grande y Rosal, solían ser las principales productoras y sus áreas en la actualidad son parte de la reserva; la ampliación del carreteable puede ser otro factor que altere dicha dinámica, supliéndolos por transporte mecánico, así mismo, como se menciona en la dinámica social, el crecimiento poblacional, ha tenido constantes cambios, afectando directamente la producción.

13.1.3.3 Producción Minera

En la microcuenca el Volcán a lo largo de su extensión territorial no se encuentra actividad minera actual. Según información de CORPONOR, no existen licencias para realizar esta actividad, pero se encuentra actividades de extracción de piedra, arena y arcillas comunes (Ver Figura 15), siendo identificada solo una vivienda que realiza este tipo de actividad, extracción que es realizada artesanalmente.

Figura 15. Proceso de Extracción de Material vereda El Rosal, sobre el cauce principal.



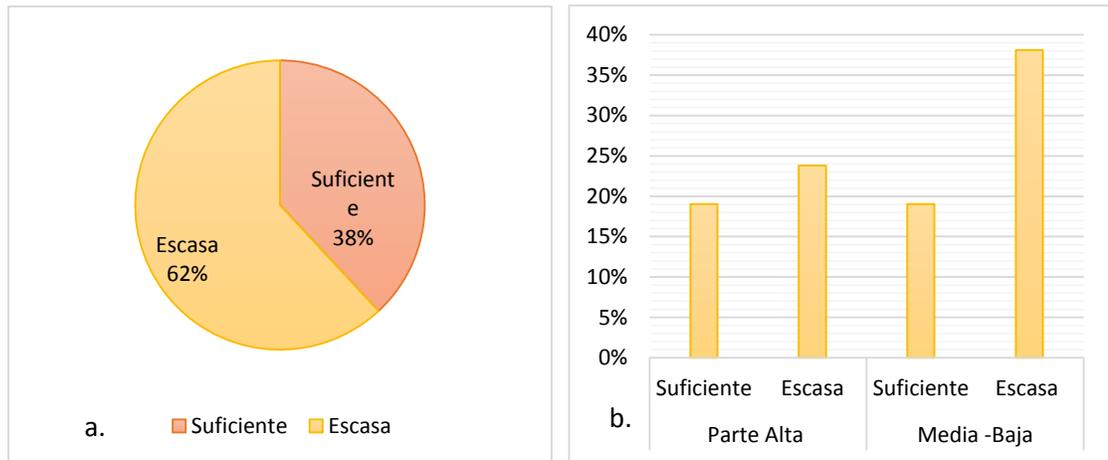
Fuente: PENALOZA, K (2017)

13.1.4. Percepción de los Recursos

Este estudio permite conocer la percepción de los habitantes sobre el estado actual de los recursos naturales y su conocimiento acerca de la compra de áreas estratégicas realizada años anteriores, se logra obtener que un 37% de la población, no tiene conocimiento acerca de la compra de dichas áreas de protección, seguido de un 27 % los cuales manifiestan que los recursos no han cambiado, sin embargo, el 21% mencionan que ha presentado un aumento del recurso hídrico, proporcionalmente esta respuesta concuerda con la percepción de cantidad de agua que reciben les parece suficiente, declarando que en tiempos anteriores los periodos de estiaje eran más constantes, así mismo, no deja de ser escaso el recurso para sus fincas en épocas secas, y por ultimo un 15,8 % manifiesta el aumento de cobertura vegetal, mas no cambios en el afluente.

La Figura 16, que representa la respuesta ante la pregunta ¿La cantidad de agua que recibe le parece suficiente?, identifica que más del 60 % de la población no cuenta con la cantidad suficiente de agua para el desarrollo de sus actividades. Sin embargo, un 38% está conforme con la cantidad recibida. La Figura 13.b resalta que el porcentaje mayor de inconformidad con el recurso se localizan la parte media de la microcuenca, mientras, que la parte alta tiene resultados similares en cuanto a escasez y suficiencia.

Figura 16. Porcentaje de percepción de escasez o suficiencia del recurso hídrico en la microcuenca El Volcán
a. % Percepción total de escasez o suficiencia b. % Percepción Parte alta y Media de la microcuenca.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Es conocido que la percepción de los habitantes varía con cada persona, pero contribuye a la identificación de problemas y externalidades, que afectan los servicios en la actualidad. Por otra parte, se evidencia que para un 50 % de la población el recurso hídrico es de buena calidad, un 31,5 % lo cataloga en regular estado y un 18,5 % como excelente estado. Según el PBOT (2015) la calidad del agua captada para las plantas de tratamiento es de buena calidad, pero se requieren las mejoras en desinfección del recurso.

13.2. Análisis Histórico de caudales

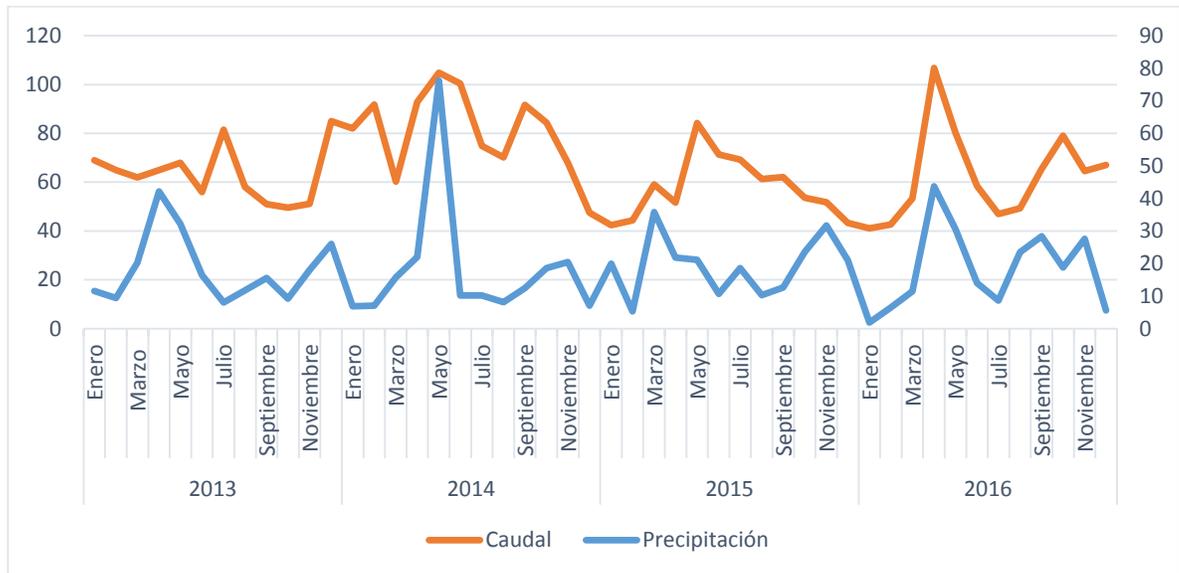
El análisis histórico es llevado a cabo utilizando datos de caudales medios mensuales del periodo 2013-2017 realizados por la empresa EMPOPAMPLONA S.A.S., y aforos propios realizados en los últimos 3 meses de ejecución del trabajo. Para el tratamiento de datos se hace uso de la gráfica relación Caudal-precipitación, curva de duración de caudales y curva masa de caudales.

13.2.1 Relación Precipitación-Caudal.

El análisis histórico de caudales permite tener una percepción de la dinámica a lo largo de tiempo. La precipitación es una variable que influye directamente en el

comportamiento del caudal en una cuenca y, por tanto, en la oferta hídrica de la misma. Para la realización del análisis precipitación-caudal se emplearon los valores de caudales mensuales multianuales suministrados por EMPOPAMPLONA S.A E.S. P para los años 2013-2016 y los registrados por la estación Agrometeorologica del ISER para el mismo periodo.

Figura 17 Comportamiento temporal Precipitación vs Caudal (2013-2016)



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

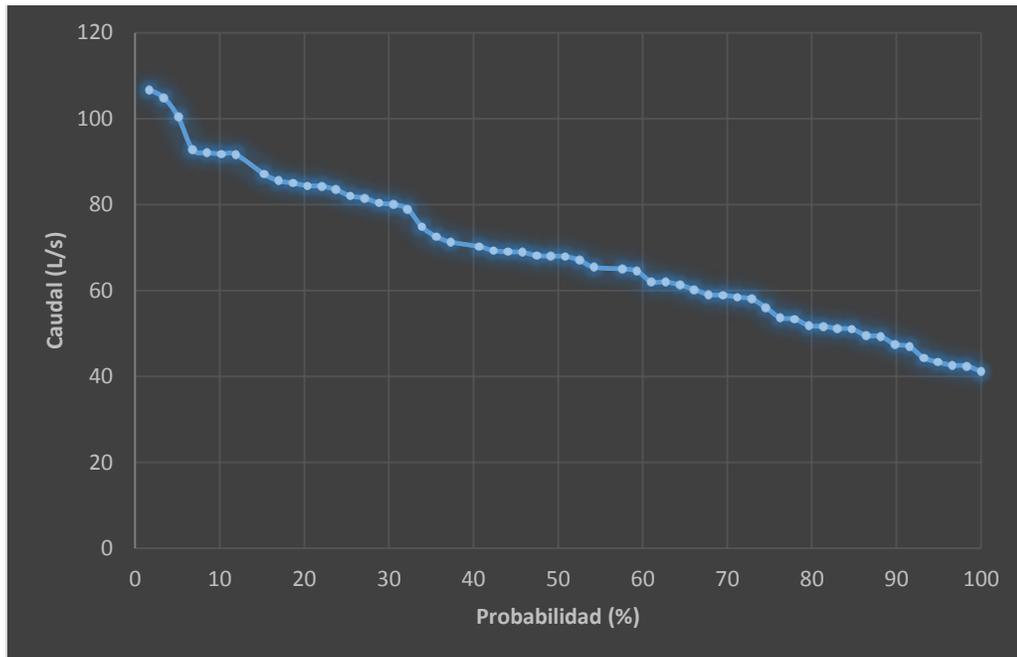
En la Figura 17 se presenta la variación temporal de la precipitación en el periodo 2013-2016 y así mismo, los valores de caudales medios mensuales registrados en este periodo. La relación que se observa es directamente proporcional, pues al haber incrementos periódicos en las precipitaciones, aumenta el caudal en la microcuenca. Además, se presentan valores máximos, tanto de precipitación como de caudal en los meses de marzo, abril y mayo y valores mínimos en los meses de noviembre a enero. La precipitación es una de las variables más importantes del ciclo hidrológico, puesto que influye directamente en la dinámica de otros procesos que ocurren en la microcuenca, siendo la variación en el caudal uno de los más importantes, afectando la variación en la oferta hídrica y la prestación de servicios ecosistémicos a la población rural que habita la ronda de la microcuenca y sus afluentes.

13.2.2 Curva de Duración de Caudales

La curva de duración de caudales tiene la utilidad de proyectar la dinámica de caudales a lo largo del tiempo. Así mismo, permite identificar la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales, ya sea que puedan ser igualados o superados.

La Figura 18 presenta la curva de duración de caudales medios mensuales multianuales para el periodo 2013-2017 en la microcuenca El Volcán.

Figura 18 Curva de Duración de Caudales mensuales multianuales, microcuenca El Volcán



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

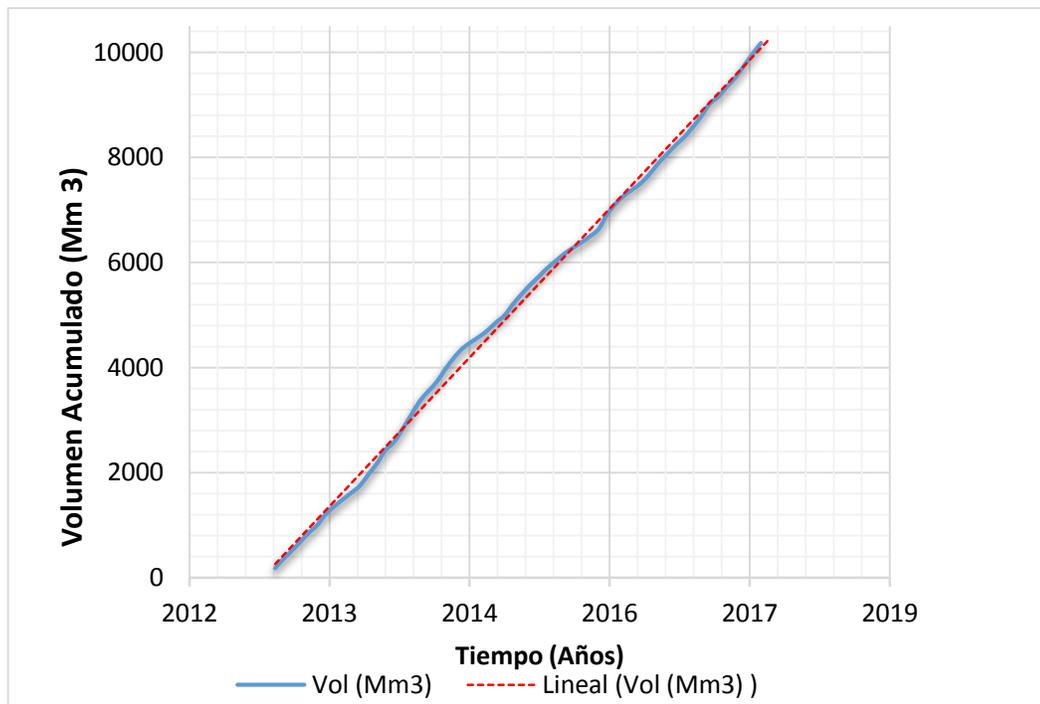
La curva de duración de caudales medios mensuales multianuales refleja que, para una probabilidad de 100 %, por lo menos se puede presentar un caudal de 40 L/s o mayor a este. Cabe mencionar que el caudal mínimo requerido para la captación de EMPOPAMPLONA S.A.S E.S.P en la microcuenca El Volcán es de 50 L/s, indicando que, en algunas épocas, a lo largo del periodo en estudio el caudal que suministra la microcuenca no es suficiente para abastecer a la población rural de esta zona. De igual manera, la forma tomada por la curva de duración indica que los caudales máximos registrados se presentan en bajo porcentaje, o la probabilidad de excedencia es baja. Para una probabilidad de 50% se puede presentar un caudal de 67 L/s o superior a este.

13.2.3 Curva Masa de Caudales

Las curvas masa se elaboraron a partir de los valores multianuales y mensuales de caudales históricos suministrados por EMPOPAMPLONA S.A.S E.S.P, y los aforados manualmente en la microcuenca El Volcán. Cabe resaltar que las unidades de volumen acumulado se presentan en Mm^3 (miles de metros cúbicos), debido a que son valores muy altos.

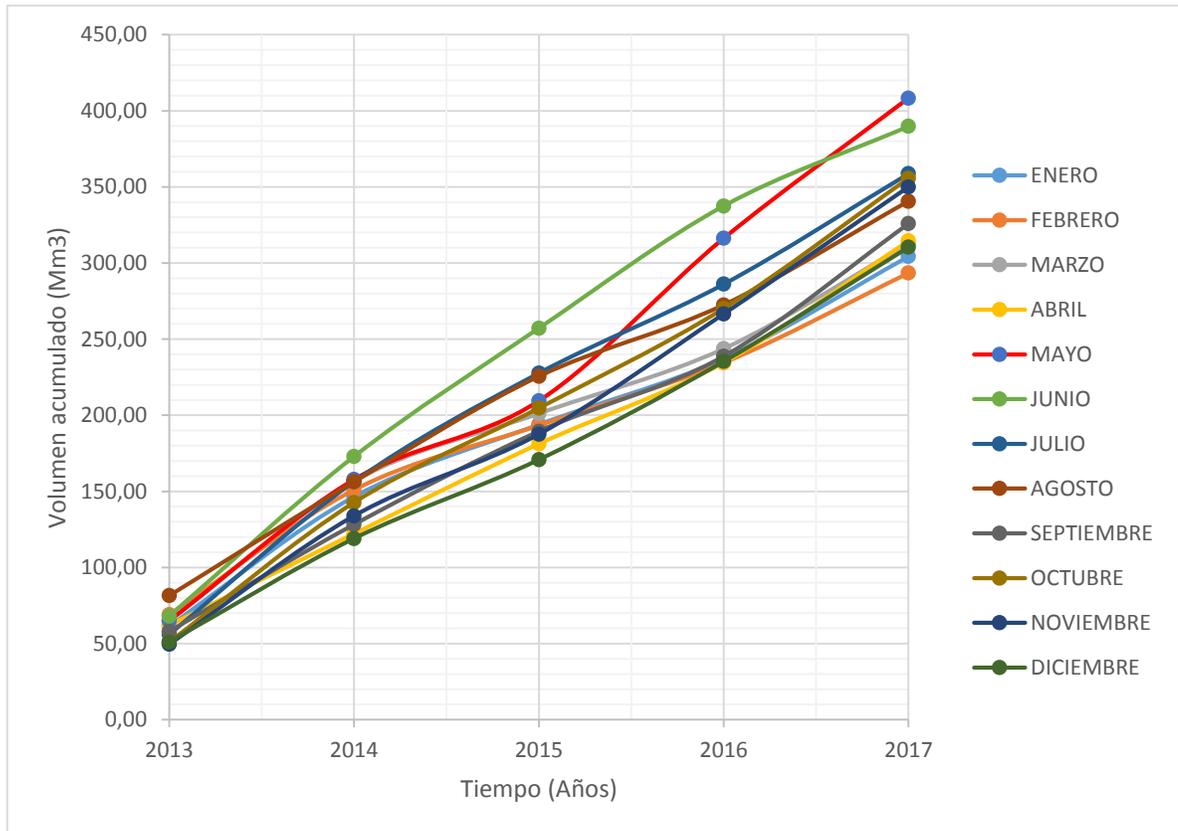
Figura 19. Curva masa de caudales multianuales

Fuente: PEÑALOZA, K (2017).



En la figura 19 se presenta la curva masa, o curva de volúmenes acumulados. Respecto a esta se observa que el volumen transcurrido desde el año 2013 hasta noviembre de 2017 es de $10180,4 Mm^3$. El caudal medio del periodo 2013-2017 es el correspondiente a la pendiente de la curva masa ($0,0000677 Mm^3$), que equivale a $67,69 L/s$. Además, se observa que los caudales registrados por debajo del valor medio se presentan en los años 2013, 2016 y 2017, y los valores máximos se presentan en los años 2014 y 2015, indicando variaciones en los caudales en periodos de sequía y de caudales máximos.

Figura 20. Curva masa de caudales mensuales multianuales



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

La figura 20 representa la curva masa de caudales mensuales multianuales registrados en el periodo 2013-2017, se observa que el volumen máximo acumulado se presenta en el mes de mayo del año 2017 (408,32 Mm³), seguido de junio en el mismo año. Así mismo, la curva de acumulación de volúmenes o curva masa de mayo es la que presenta mayor variación, en comparación con los demás meses. La curva masa mensuales obtenidas, exceptuando mayo, presentan un comportamiento similar, con pocas variaciones a lo largo de los años.

13.2.4. Caudales Tributarios

Considerando la información obtenida por fuentes secundarias, se denota la falta de información histórica a lo largo de la microcuenca El Volcán, por ello se implementan mediciones diarias de caudal llevadas a cabo en los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2.017.

Los puntos evaluados se representan mediante la figura 5; Es así como el punto medio y bajo de la microcuenca, es evaluado mediante el método de flotador debido a las características propias del afluente efectuando una medición diaria por tres meses esto demarca que los datos obtenidos son aproximados respecto a que incumple la norma requerida, la cual me especifica una medición diaria de tres tomas puntuales por día, representando una limitante, datos representados en el Anexo B.

Posteriormente se identifican los afluentes denominados Quebrada: Los Monos, La Despensita, El pedregal, Chinchipa y Tributarios: El Tampacal, Las Peñas y La Despensita, afluentes de difícil acceso que restringen la toma datos a una medición quincenal obteniendo como resultado los datos evidenciados en la Tabla 3. Los caudales obtenidos, permiten observar la relación directa que se presenta con la extracción de caudal representados en la figura 10., donde la extracción mayor es ocasionada en la quebrada Los Monos y aun así presenta un caudal elevado, seguido de la despensita y tributarios aledaños.

Tabla 3 Caudal Medio Mensual de los tributarios para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre del año 2.017 de la Microcuenca El Volcán, Municipio de Pamplona-N de Santander.

Fuente	Caudal (l/s)
Los Monos	30,00
La despensita	12,44
Tributario El Tampacal	4,65
El Pedregal	3,94
Tributario Las Peñas	3,01
Tributario La despensita	0,76
Chinchipa	0,67

Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Figura 21. Medición de Caudales (Izquierda- Derecha)- Medición de Caudal Tributario Tampacal- Medición punto Bajo de Microcuenca - Volumen de agua registrado en la Parte Alta de la microcuenca El Volcán.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

13.3 Análisis Multitemporal de coberturas vegetales

La cobertura de la tierra, es la cobertura biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra, en un término amplio no solamente se describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también se describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua (SIAC, 2014).

Para generar este estudio, se empleó la metodología CORINE Land Cover, escala 1:100.000 adaptada para Colombia, información obtenida utilizando técnicas de teledetección, con el objetivo de determinar tendencias de cambio en el uso del suelo en dicha región, para el periodo comprendido entre 1992-2017; siendo un territorio de constante nubosidad dificulta la toma de imágenes que resulten significativas para el estudio y se ajusten a las normas establecidas por la metodología, respecto a parámetros de calidad como nubosidad, reflectancia, entre otros, seleccionando los años representativos 1992, 1997, 2014 y 2017, se analizan años previos y posteriores a la compra de áreas de protección siendo utilizadas imágenes Landsat 4TM, Landsat 7 ETM y Landsat 8 OLI TIRS.

Como fue mencionado inicialmente la microcuenca El Volcán es reconocida no solo por su relevancia como ecosistema, generadora de servicios ambientales y cuna de biodiversidad, si no también, como zona de alto grado de transformación, situación atribuida a la introducción de actividades de origen antrópico y posteriormente la compra de áreas de protección, bajo el contexto anterior, se presenta a continuación la caracterización de tendencias en el uso y cobertura del área, con lo que busca exponer la evolución del proceso de transformación antes mencionado.

13.3.1. Análisis Multitemporal – Microcuenca El Volcán.

Este estudio de cobertura vegetal permite estimar por medio de unidades métricas del paisaje la fragmentación presentada en los periodos mencionados anteriormente y analizar los procesos de fragmentación. A continuación, se presentan las coberturas de suelo para los años de estudio, priorizando la clase (capítulo perteneciente a la clasificación Corine Land Cover escala 1:100.000 adaptada para Colombia), y la cobertura de tierra hasta nivel tres de interpretación, con su área en hectáreas ocupada y su respectivo porcentaje de ocupación en la microcuenca El Volcán.

Tabla 4. Distribución de coberturas Corine Land Cover 1992-2017, Microcuenca El Volcán.

Clase	Cód.	Cobertura de la tierra	Área 1992 (ha)	%	Área 1997 (ha)	%	Área 2014 (ha)	%	Área 2017 (ha)	%
2. Territorios Agrícolas	2.4.2.	Mosaico de pastos y cultivos	133,06	18,01	117,79	15,94	122,09	16,52	111,93	15,15
	2.4.4.	Mosaicos de pastos con espacios naturales	143,19	19,38	125,96	17,05	144,34	19,53	150,86	20,42
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.3.	Bosque fragmentado	141,79	19,19	157,22	21,28	209,6	28,37	228,91	30,98
	3.2.2.	Arbustal	192,66	26,07	174,81	23,66	158,14	21,4	155,33	21,02
	3.2.3.	Vegetación secundaria o en transición.	128,21	17,35	163,12	22,08	104,72	14,17	91,86	12,43
Total			738,9	100	738,9	100	738,9	100	738,9	100

Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Al realizar un análisis comparativo de las coberturas identificadas, se observan cambios significativos en la cobertura, donde existe aumento de algunas, así como

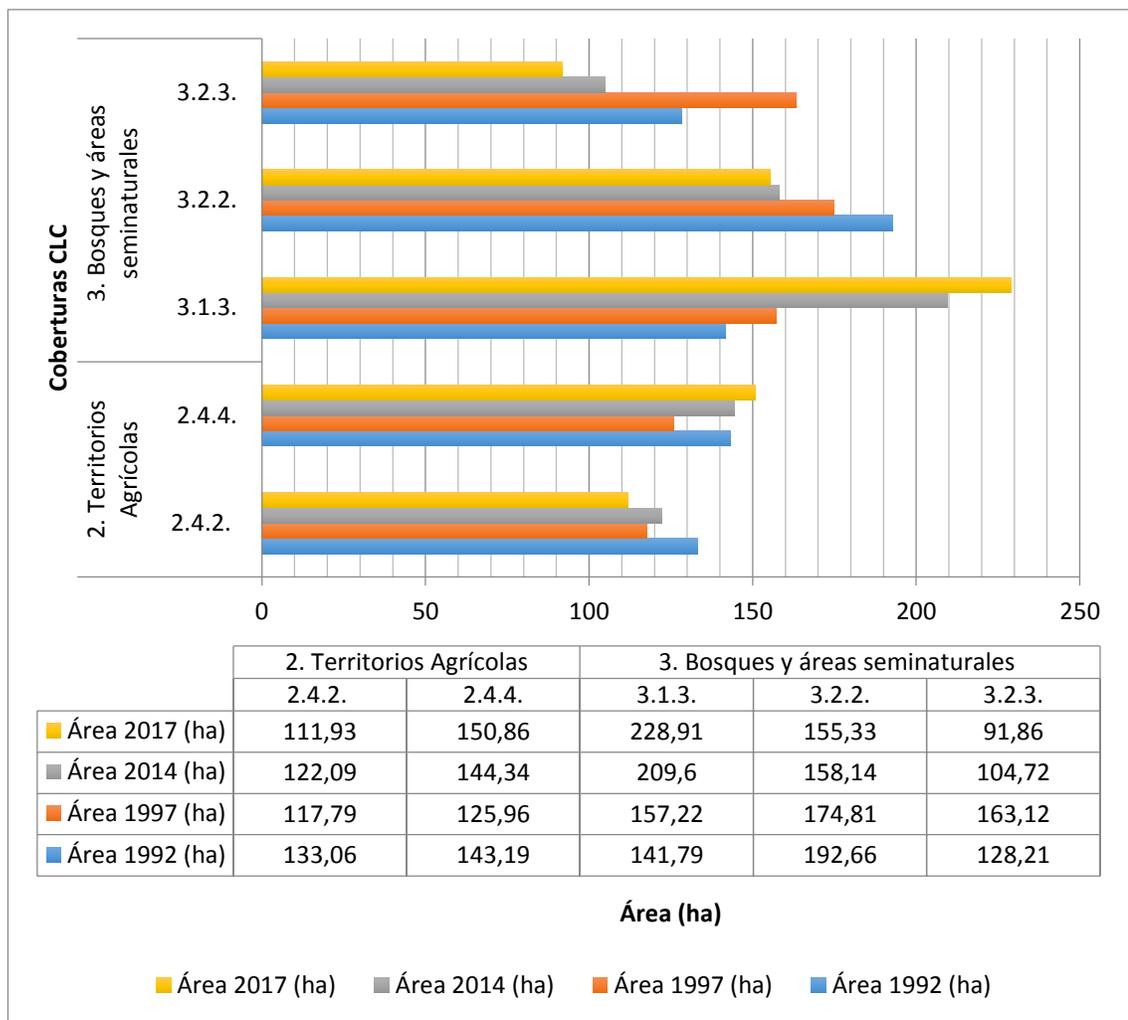
también, la disminución de otras. Para dicho estudio se decide evaluar los niveles dos y tres, aplicados para el estudio exceptuando los niveles uno y cinco correspondientes a territorios artificializados y superficies de agua respectivamente, donde no se encuentran cambios de área significativos. Esto principalmente se genera porque tienden a ser áreas que no son modificadas abruptamente a través del tiempo.

Los cambios más relevantes se identifican en los territorios agrícolas y bosques y áreas seminaturales donde se identifican la variación de coberturas del suelo.

Para las áreas seminaturales se identifican tres coberturas de clase tres bosques fragmentados, arbustales y vegetación secundaria o en transición, caracterizadas por ser las coberturas de mayor proporción, y menor compensación los territorios agrícolas en los cuales se identifican dos coberturas de clase tres: mosaico de pastos y cultivos, y mosaicos de pastos con espacios naturales, que se caracterizan por ser zonas predispuestas para la producción agrícola y pecuaria, donde presentan un comportamiento irregular, con tendencia a la disminución de su área. (Ver Figura 22).

Cabe aclarar que la metodología Corine Land Cover está sujeta a interpretación de la persona que la aplique, presentando estas variaciones en las comparaciones realizadas.

Figura 22. Comparativo de los cambios generados en la cobertura de la microcuenca el Volcán durante el periodo 1992-2017.



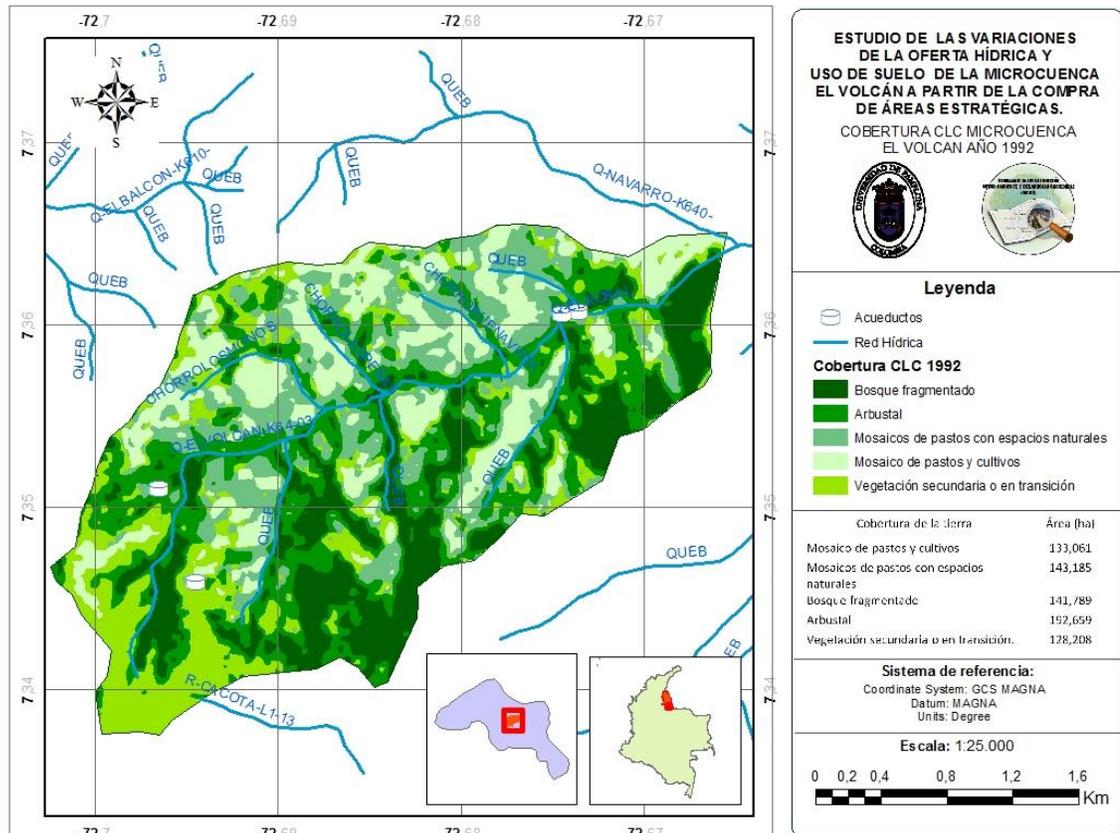
Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Para el año 1992 fueron identificadas dos tipos de coberturas nivel uno, mencionadas en la tabla anterior, donde a su vez se subdividen hasta nivel tres; la cobertura con mayor área de ocupación son bosques y áreas seminaturales con 462,656 ha equivalente al 62,61 %, correspondiente a coberturas de bosques fragmentados, arbustales y vegetación secundaria o en transición.

De este modo, podría afirmarse que para el año 1992, las zonas demarcadas con esta cobertura se caracterizan por comprender territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrolladas de forma natural en diferentes densidades y sustratos, así mismo se encuentra cubierta por bosques fragmentados que representan los bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad es afectada por otros tipos de coberturas como pasto, o cultivos y vegetación secundaria o en transición que se presenta luego de la intervención o destrucción de la vegetación primaria.

En menor proporción aunque igualmente significativa, se identifican coberturas de tipo agrícola heterogénea, donde se observan coberturas de tipo mosaico de pastos y cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales, ocupando un área de 133,061 ha y 143,185 ha respectivamente, las cuales equivalen a un 37,39 % de la extensión de territorio de estudio, como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 23. Cobertura Corine Land Cover 1992, Microcuenca El Volcán, municipio de Pamplona-Norte de Santander.



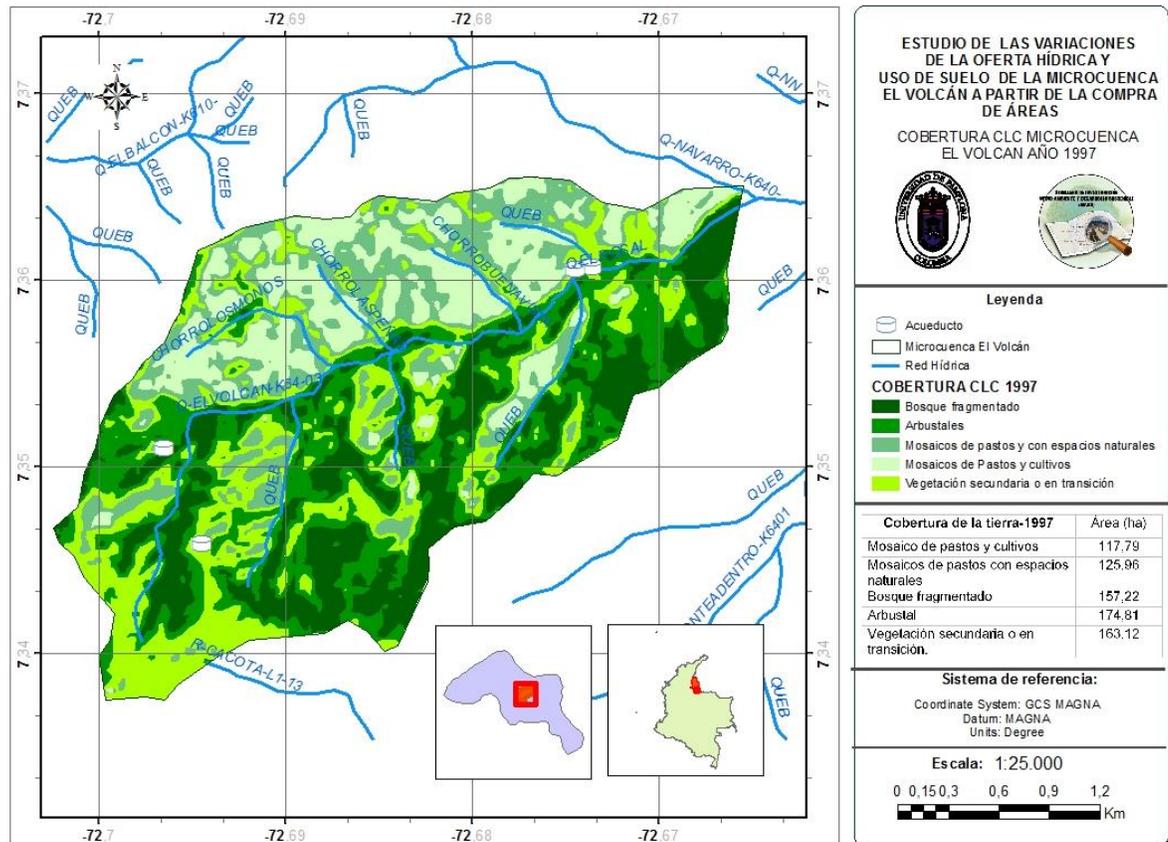
Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)

Al igual que en el año 1992, en 1997 la cobertura “Arbustales” se distingue por ser la vegetación dominante, presenta disminución en su área en un 2,4 % equivalente al 17,85 ha, dando paso a la expansión de la vegetación secundaria y bosques fragmentados en 4,73 y 2,1 % respectivamente.

Se presenta una recuperación de la cobertura vegetal en las veredas Alto Grande y Totumo, mientras que la vereda El Rosal, expande constantemente su área agrícola y ganadera, ocasionando la pérdida de bosques fragmentados que a su vez podrían catalogarse como ríparios al encontrarse alrededor de los tributarios, y cierto porcentaje de vegetación secundaria o en transición. Las demás coberturas identificadas presentan variaciones respecto a la fecha anterior exhibiendo una

disminución en su extensión en 4,4 %, equivalente a 32,5 ha. Teniendo en cuenta lo anterior, se expone en la figura 24, las diferentes coberturas definidas para este año.

Figura 24. Clasificación de cobertura Corine Land Cover, 1997-Microcuenca El Volcán



Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)

Para el año 2005, por parte de las autoridades ambientales de la Región, se inicia un proceso de recuperación de una de las fuentes abastecedoras del casco urbano, se crea e instaura el Plan de Manejo Ambiental de la microcuenca El Volcán en el municipio de Pamplona. Para este período de tiempo, la normatividad ambiental, los recursos legales disponibles y el compromiso con el cuidado del medio ambiente no eran determinantes para la protección de áreas productoras y abastecedoras de agua.

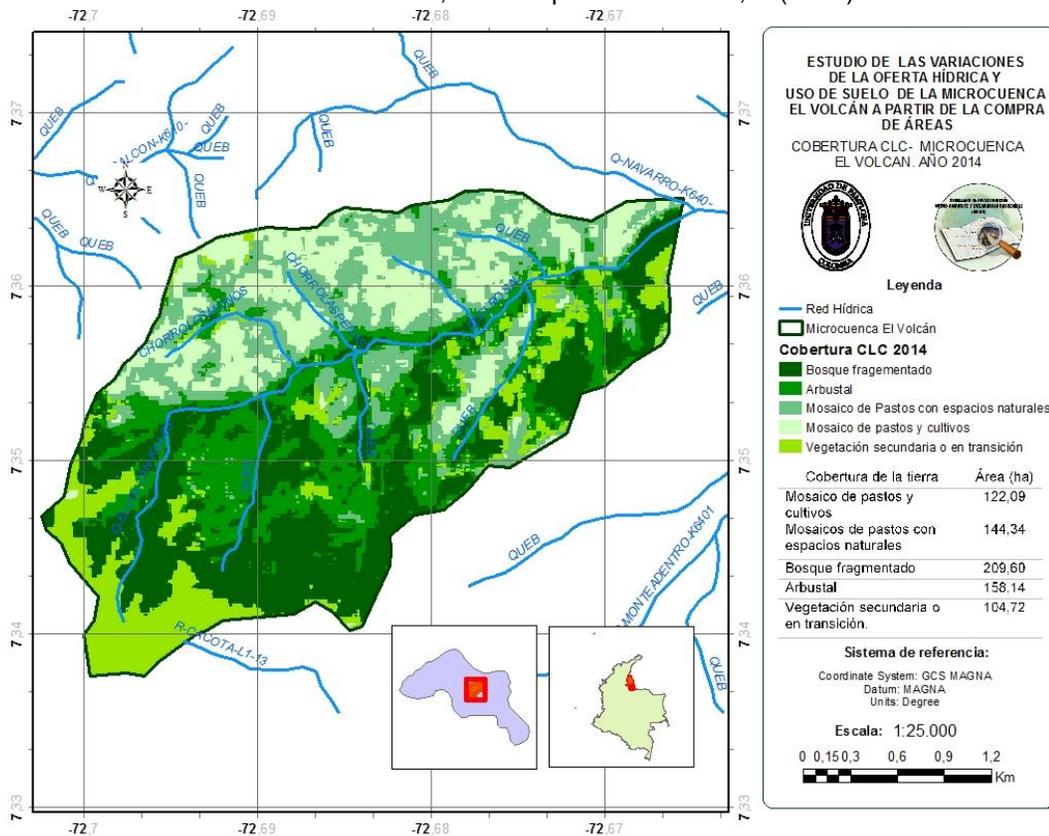
En el año 2014 coberturas como mosaico de pastos y cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales y bosques fragmentados presentan un aumento su área de

expansión en un 0,57, 2,48, 7,09 % respectivamente, caso opuesto a las coberturas de arbustales y vegetación secundaria que disminuyen en un 2,25 y 7,91 % respecto al año 1997.

Cabe resaltar que dicha variación de cobertura se acentúa en la vereda El Rosal, donde los bosques primarios, vegetación secundaria y arbustales, se encuentran deteriorados casi en su totalidad, dejando al descubierto fuentes como nacimientos, y pequeñas quebradas abastecedoras de la microcuenca El Volcán.

Figura 25. Clasificación de cobertura Corine Land Cover, 2014 -Microcuenca El Volcán

Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)



El año 2017, periodo en el cual se lleva a cabo la aplicación de encuestas a lo largo de la microcuenca, permite realizar un análisis más detallado de las coberturas vegetales y sus posibles efectos. En la figura 26. Se observa no solo la clasificación de la cobertura vegetal, sino que se incluye la ubicación de los puntos encuestados; es de resaltar que el área de estudio presenta una recuperación considerable, respecto al año de 1992, donde la cobertura vegetal de bosques ha sido la más

En cuanto a la vereda el Totumo gran parte de sus coberturas se caracteriza por ser bosques fragmentados, arbustales y vegetación secundaria o en transición, dicha vereda es beneficiada por su formación geológica en la cual presenta pendientes abruptas, es decir, que no permiten la utilización de ciertos terrenos, genera una ganadería de bajo impacto y reduce su área de producción agrícola. A su vez en la vereda Alto Grande, debido a que gran parte de esta, es comprendida por “La Reserva”, su vegetación tiende a situarse en Bosques y áreas seminaturales, sin embargo al observar el grafico para dicho año se evalúa que el área no clasificada como reserva, presenta un alto impacto antropogénico, disminuyendo las zonas de vegetación secundaria y arbustales, que en periodos anteriores poseía.

Al realizar un análisis comparativo de las coberturas para el periodo 1992-2017, (Ver Tabla 5.) se identifica un cambio muy positivo para el ecosistema y sus servicios prestados, puesto que se realiza la identificación de bosque de fragmentación, con un área de ocupación de 228, 9 ha, del cual se logra recuperar un 11,79 % equivalente a 87,12 ha, respecto al año inicial de estudio. Esta cobertura es un signo de recuperación del bosque natural y de protección de los cuerpos de agua presentes en el área de estudio.

Posteriormente, se presenta una disminución de la cobertura de arbustales y vegetación secundaria o en transición del 5,05 y 4,92 % respectivamente la cual fue reemplazada por la cobertura anteriormente mencionada, se determina que para el año 1992 existían 462 ha de coberturas de bosque y áreas seminaturales y que para el 2017 se obtuvieron 476,1 ha; dando como resultado un aumento de cobertura vegetal de 14,1 ha correspondientes al 2 % del territorio y una tasa de recuperación de vegetación anual de 0,08 %. Valores que resultan poco significativos para un periodo de recuperación de 20 años, resalta que la recuperación de las zonas de protección es positiva, pero el territorio aledaño carece de control y normatividad, lo cual afecta al territorio y los servicios ecosistémicos ofrecidos por dicha microcuenca.

Tabla 5. Análisis comparativo de los cambios generados en la cobertura de la microcuenca el Volcán periodo 1992-2017

Clase	Cód.	Cobertura de la tierra	Área 1992 (ha)	%	Área 2017 (ha)	%	Modificación (%)
2. Territorios Agrícolas	2.4.2.	Mosaico de pastos y cultivos	133,06	18,01	111,93	15,15	-2,86
	2.4.4.	Mosaicos de pastos con espacios naturales	143,19	19,38	150,86	20,42	1,04

3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.3.	Bosque fragmentado	141,79	19,19	228,91	30,98	11,79
	3.2.2.	Arbustal	192,65	26,07	155,33	21,02	-5,05
	3.2.3.	Vegetación secundaria o en transición.	128,21	17,35	91,86	12,43	-4,92
Total			738,9	100,0	738,9	100,0	0,0
Aumenta			Disminuye				

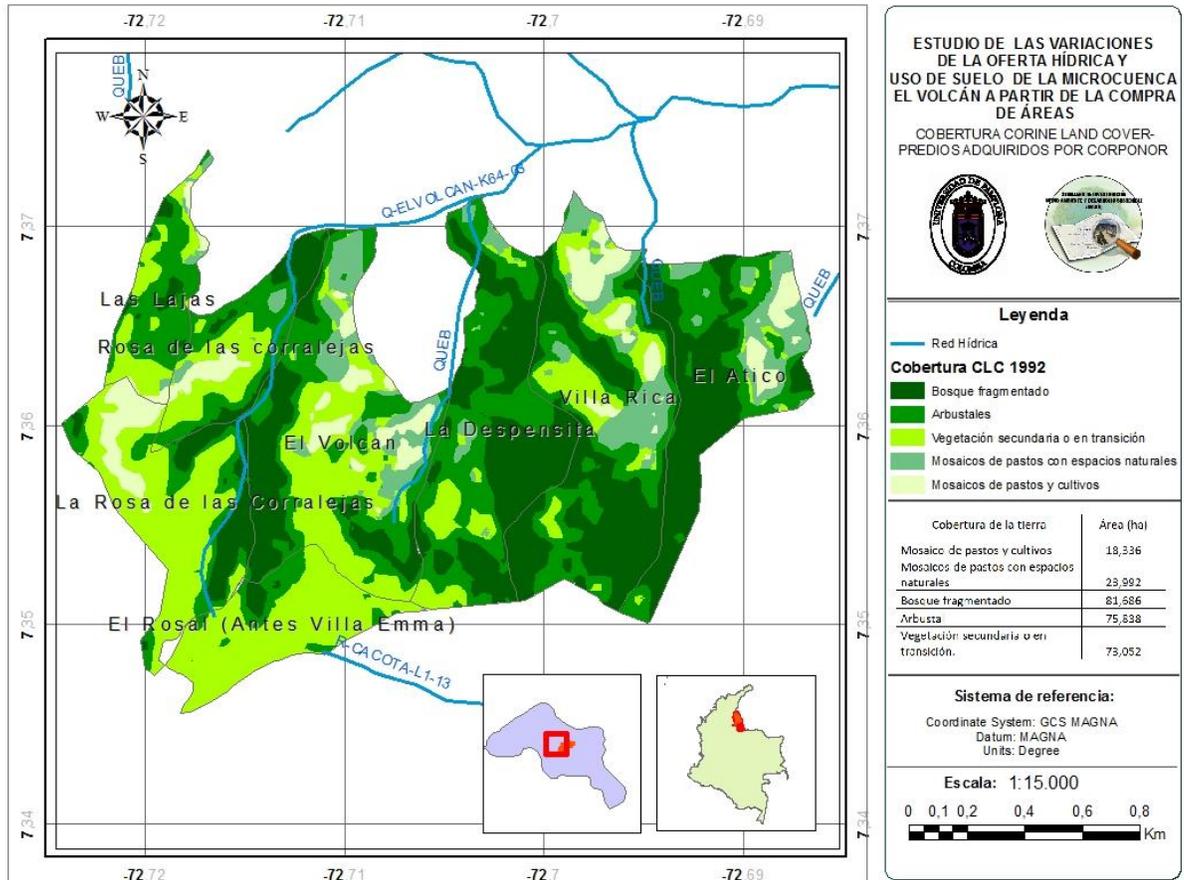
Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

A continuación se realiza un análisis de los predios adquiridos por CORPONOR, a fin de identificar los cambios en sus coberturas vegetales y conocer sus porcentajes de modificación.

13.3.2. Análisis Multitemporal – Predios Adquiridos por CORPONOR

La compra de áreas de protección da inicio a partir del año 1997, donde se implementa este instrumento, con el fin de dar solución a procesos de desabastecimiento del recurso hídrico presentado en años anteriores, por ello se implementa la compra de diversos predios. Para el año de 1992 la compra de áreas de protección no había iniciado pero se implementan ciertas medidas de protección poco representativas; los predios adquiridos durante los años posteriores que se representan en la figura 27, permite visualizar el estado de la reserva El Volcán y evaluar su comportamiento posterior.

Figura 27. Cobertura Corine Land Cover 1992, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán.



Se evidencia que la cobertura de mayor proporción para el correspondiente año son los bosques fragmentados representando el 29,93%, seguido de los arbustales, vegetación secundaria, mosaicos de pastos con espacios naturales y mosaicos de pastos y cultivos con un 27,79, 26,76, 8,7 y 6,7 % respectivamente; lo cual demarca zonas de alta densidad de bosque, con pequeñas intrusiones al ecosistema; predios como: La Despensita, Villa Rica y El Ático, son áreas representativas de dicha vegetación, caso contrario a predios como Rosa de Corralejas, El Rosal, Las Lajas, que poseen una mayor expansión de su frontera agrícola, lo que permite el cambio de cobertura del bosque natural.

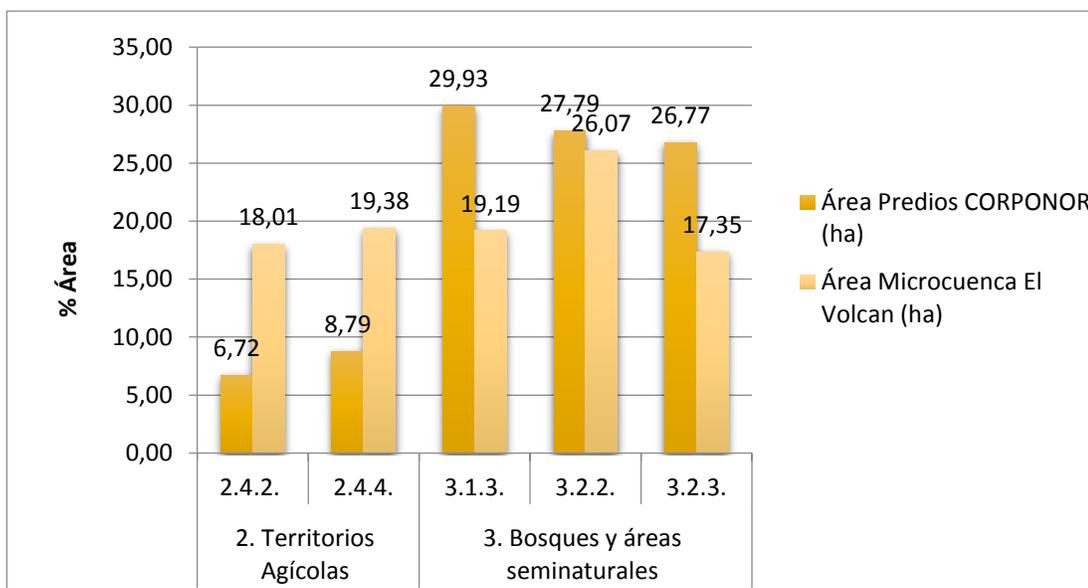
Tabla 6. Distribución de áreas de cobertura CLC para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, norte de Santander – microcuenca El Volcán. Año 1992

Cobertura CLC-Predios Adquiridos por CORPONOR - 1992				
Clase	Código	Cobertura de la tierra	Área (ha)	Área (%)
2. Territorios Agrícolas	2.4.2.	Mosaico de pastos y cultivos	18,34	6,72
	2.4.4.	Mosaicos de pastos con espacios naturales	23,99	8,79
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.3.	Bosque fragmentado	81,69	29,93
	3.2.2.	Arbustal	75,84	27,79
	3.2.3.	Vegetación secundaria o en transición.	73,05	26,77
Total			272,90	100,00

Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Al realizar un comparativo de coberturas respecto a porcentaje de áreas entre La microcuenca El Volcán y los predios de adquisición posterior (Ver figura 28), se evidencian los porcentajes elevado de Bosques y áreas seminaturales en los predios adquisición, respecto a la microcuenca en su totalidad de extensión, lo cual denota la importancia como zona de vida catalogada según el plan básico de ordenamiento territorial como zona de páramo, sumando el nacimiento de la quebrada Los Monos y La Despensita en dicha zona, las cuales al unirse conforman la microcuenca El Volcán, y a su vez enmarca la problemática a futuro de expansión de la frontera agrícola.

Figura 28. Comparativo de cobertura Corine Land Cover, Microcuenca El Volcán- Predios CORPONOR: Año 1992.

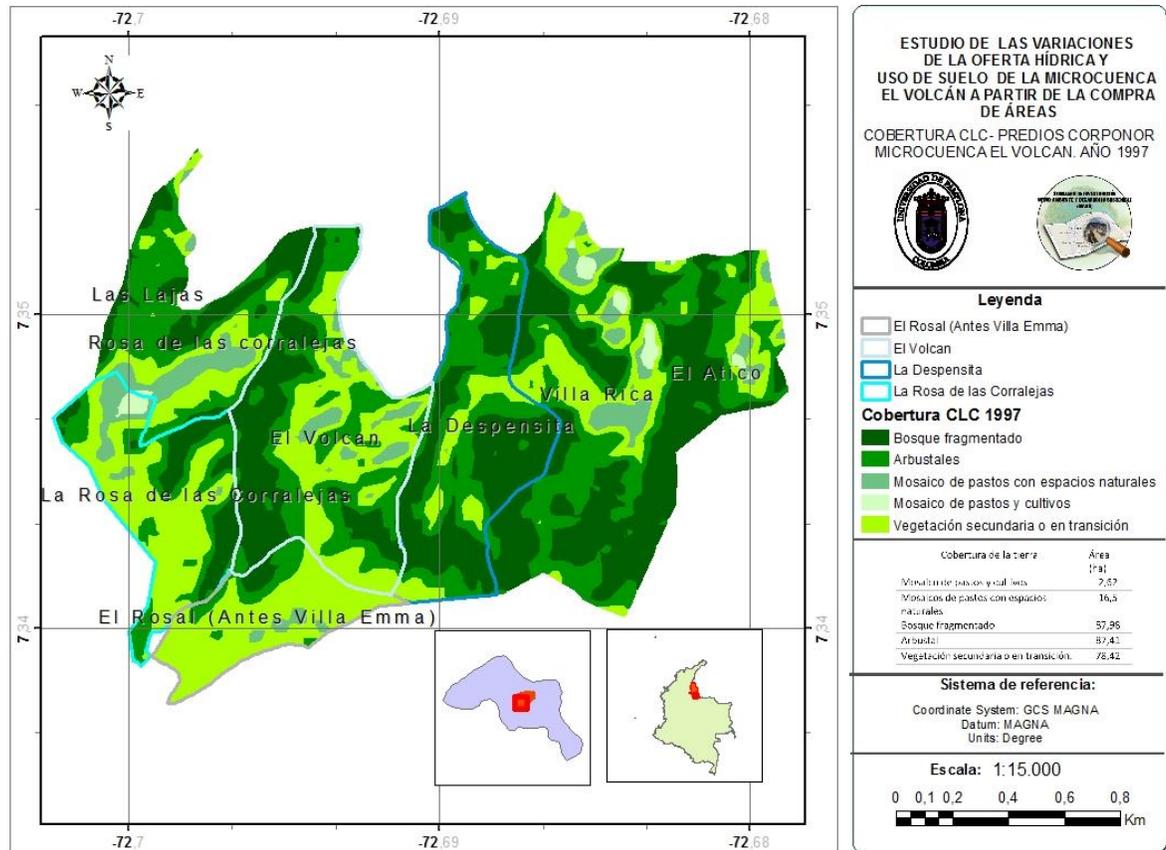


Fuente: PEÑALOZA, K (2017).

Para el año 1997 se inicia el proceso de compra de predios dispuestos para la protección de áreas naturales, mediante la corporación autónoma regional CORPONOR, se lleva a cabo la compra de los predios La Rosa de las Corralejas con una extensión de 32,5 ha, El Volcán (43,9 ha), La Despensita (53 ha) y El Rosal (Antes Villa Emma) de 21 ha, para un total de 150,64 ha (Ver figura 25).

La vegetación predominante para dicha zona, continua siendo el Bosque fragmentado con un total de 87,98 ha, seguido de los arbustales con 87,41 ha, vegetación secundaria (78,5 ha), mosaicos de pastos y con espacios naturales (16,5 ha) y en menor proporción mosaicos de pastos y cultivos (2,62 ha).

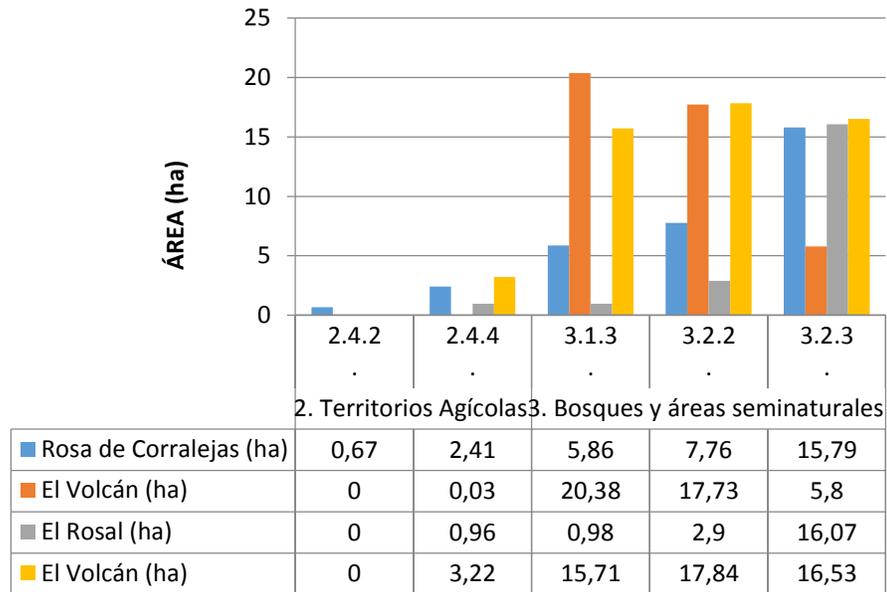
Figura 29. Cobertura Corine Land Cover 1997, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán.



Fuente: ArcGis, Editado por PEÑALOZA, K (2017)

La figura 29 visualiza la variación de cobertura vegetal, presentada en los predios adquiridos, la cobertura 2.4.2. (Mosaico de pastos y cultivos) se presenta en menor proporción siendo estos predios fuente de producción ganadera para la fecha, así mismo se observa que los predios presentan variaciones en sus coberturas vegetales, donde la cobertura vegetal, de mayor proporción se encuentra ubicada en la categoría de bosques y áreas seminaturales.

Figura 30. Comparativo coberturas CLC- predios adquiridos por CORPONOR- Año 1997



Fuente: PENALOZA, K (2017)

Respecto a 1992, los predios presentan una recuperación de su cobertura vegetal 23,24 ha, equivalente al 8,5 % de la extensión total, presentado una recuperación positiva con una tasa de crecimiento anual de 1,7 %. Para el año 1999 se declara mediante el acuerdo N° 0027, del 28 de julio del año mencionado, la compra del predio Villa Rica, ubicado entre las veredas Totumo y Alto Grande, con un área de 55,2 ha de extensión, para el año 2003 se declaran los predios Las Lajas, ubicada en la vereda Alto Grande y El Ático perteneciente a las veredas Alto Grande y Totumo, mediante el acuerdo N° 0010, con una extensión de 37,03 y 40,35 ha respectivamente. Posteriormente en el año 2005 se implementan el Plan de manejo ambiental de la microcuenca el volcán mediante la cual, se pretende garantizar el recurso hídrico para la cabecera municipal, implementando la compra de áreas, y la adquisición de otras temporalmente.

Para el año 2014, se presenta una recuperación de 4,13 % equivalente a 11,28 ha, con una tasa de crecimiento anual del 0,24 % disminuyendo su impacto respecto al periodo anteriormente evaluado, lo cual hace mención al periodo crítico presentado para el periodo 2000-2005, donde los recursos legales disponibles y el compromiso

con el ciudadano al medio ambiente no eran determinantes para las protección de áreas productoras y abastecedoras de agua.

Con el fin de analizar dicho periodo se hace recopilación de los estudios realizados por el IDEAM a nivel nacional sobre los cambios de coberturas producidos sobre el territorio, donde se genera un enfoque hacia la pérdida de cobertura forestal; se utiliza información generada desde el 1990-2012 sobre áreas con cobertura forestal y deforestada. A continuación, se puede observar de manera cuantitativa el estado de estas variables para los años mencionados anteriormente:

Tabla 7 Distribución de áreas de bosque y no bosque para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, norte de Santander – microcuenca El Volcán.

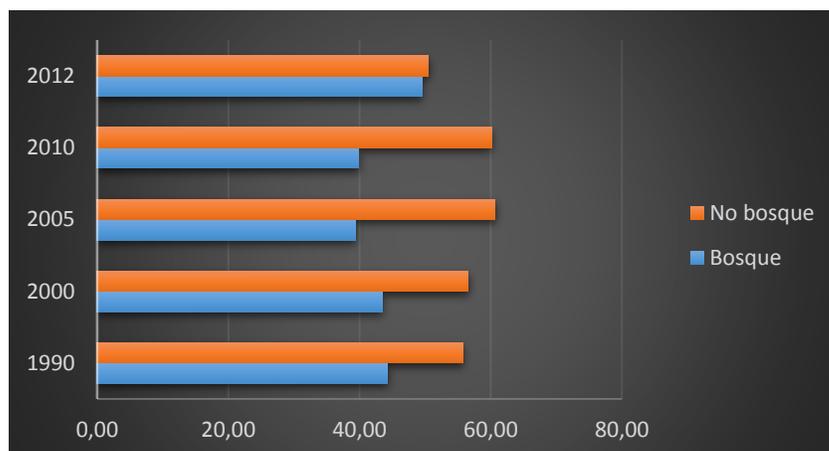
Área de cobertura					
Año	1990	2000	2005	2010	2012
Bosque (Ha)	128,078	125,669	113,856	115,250	143,214
No bosque (Ha)	161,153	163,562	175,375	173,981	146,017
Total	289,231	289,231	289,231	289,231	289,231

Fuente: Compilación de información de deforestación IDEAM 1990 – 2012., Editado por PEÑALOZA, K (2017)

Se observa una pérdida de cobertura de bosque desde el año de 1990 hasta el año 2005, donde fue creado e instaurado el Plan de Manejo Ambiental de la microcuenca de El Volcán en el municipio de Pamplona. Para el año de 1990, sobre el área de estudio definida, se observa una cobertura vegetal primaria (bosque) de 128,078 ha correspondientes al 44,28% del territorio en estudio. Seguidamente se presentan 161,153 ha equivalentes al 55,72% del área sin cobertura boscosa. Se observa a medida del tiempo una curva decreciente de cobertura de bosque hasta el año 2005. A partir de este año el comportamiento de esta variable cambia, obteniendo un crecimiento significativo con respecto a la cobertura de bosque presentada en el área de estudio.

En la figura 31, se observan el comportamiento de los porcentajes de pérdida y ganancia de cobertura de bosque a través del tiempo en el terreno de estudio de la microcuenca de la quebrada El Volcán.

Figura 31. Porcentaje de cobertura de bosque, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander – microcuenca El Volcán.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

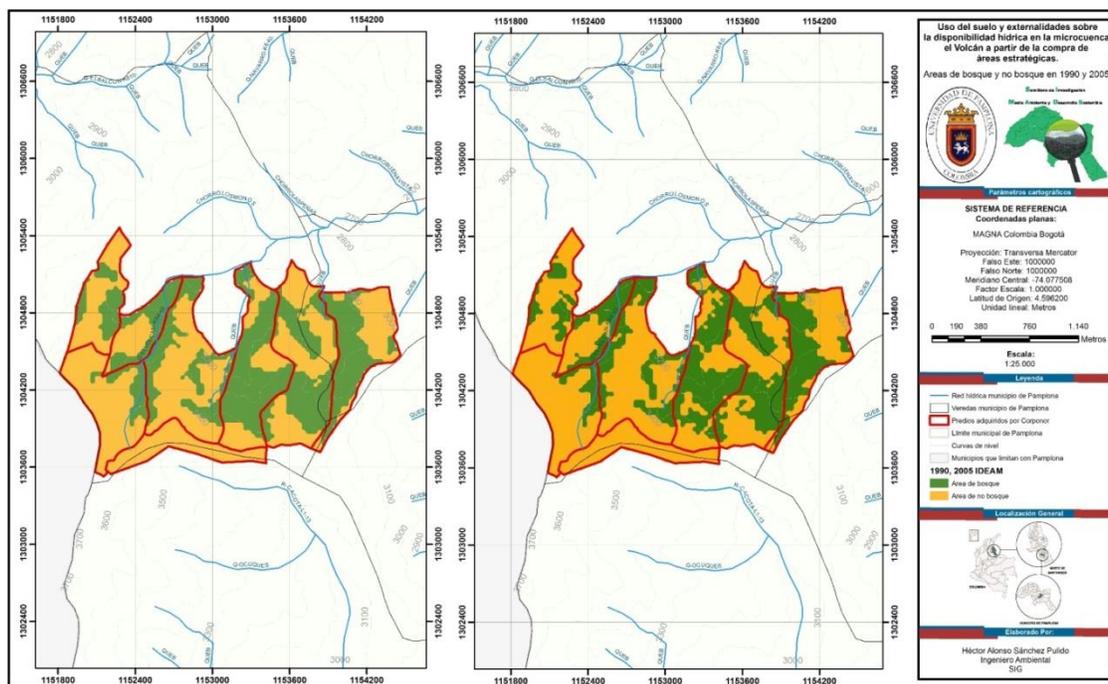
Tabla 8. Distribución en porcentaje de áreas de bosque y no bosque para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander – microcuenca El Volcán.

Porcentaje de cobertura de Bosque					
Año	1990	2000	2005	2010	2012
Bosque	44,28	43,45	39,37	39,85	49,52
No bosque	55,72	56,55	60,63	60,15	50,48
Total	100	100	100	100	100

Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Para el período de tiempo comprendido entre el año de 1990 y el año 2005, se presenta una pérdida de cobertura de bosque primario del 4,92%, equivalente a 0,33% de pérdida anual. Esta deforestación, se produce principalmente por la expansión de la frontera agrícola y pecuaria en el municipio de Pamplona, a partir de la necesidad del desarrollo económico del sector e igualmente la falta de compromiso por parte del estado para el control del desarrollo agropecuario del país.

Figura 32. Comparativo de cobertura de bosque de los años de 1990 y 2005, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander – microcuenca El Volcán



Fuente: Elaboración propia a partir de compilación de información de áreas de bosques y no bosques IDEAM 1990 - 2012 y Cartografía Base IGAC 2011, Editado por SANCHEZ, H (2016).

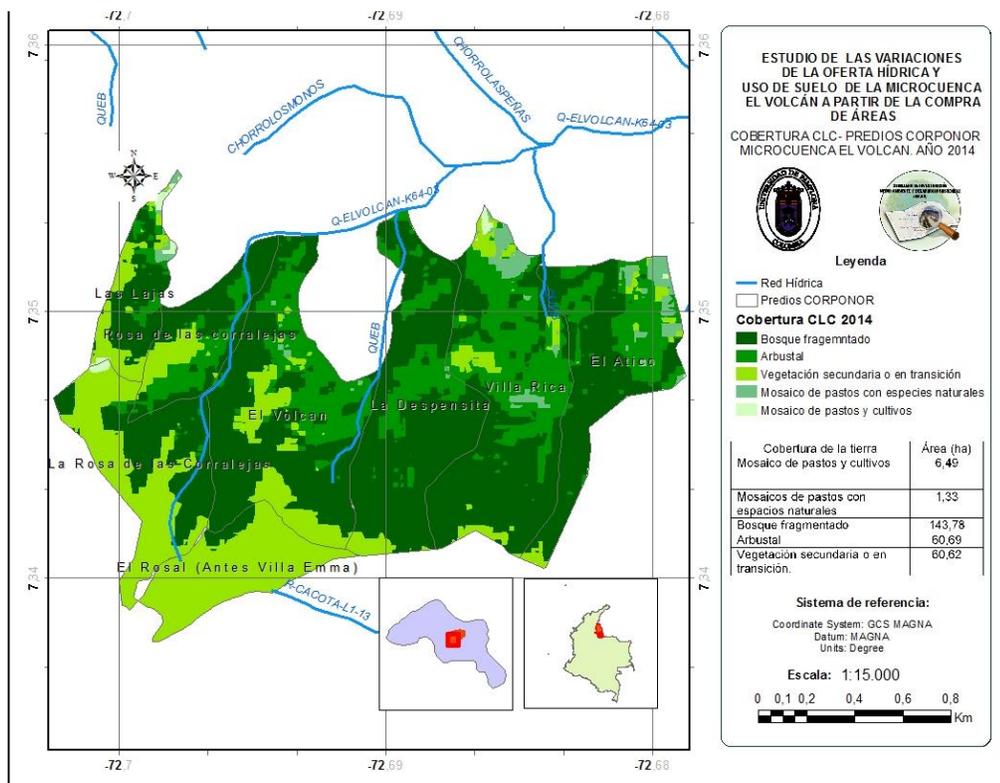
Retomando el estudio base, para el año 2014 ya ha comprado la totalidad de áreas evaluadas para la zona identificada inicialmente, para dicho periodo los predios presentan un aumento de su cobertura boscosa con un área de 143,78 ha, disminuyendo arbustales y vegetación secundaria o en transición con una cobertura de 60,69 ha y 60,62 ha, respectivamente, como lo expresado en la figura 33.

Tabla 9. Distribución de áreas de cobertura CLC para predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, norte de Santander – microcuenca El Volcán. Año 2014

Cobertura CLC-Predios Adquiridos por CORPONOR - 2014				
Clase	Código	Cobertura de la tierra	Área (ha)	Área (%)
2. Territorios Agrícolas	2.4.2.	Mosaico de pastos y cultivos	6,49	2,38
	2.4.4.	Mosaicos de pastos con espacios naturales	1,33	0,49
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.3.	Bosque fragmentado	143,78	52,68
	3.2.2.	Arbustal	60,69	22,24
	3.2.3.	Vegetación secundaria o en transición.	60,62	22,21
Total			272,91	100

Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Figura 33 Cobertura Corine Land Cover 2014, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán.

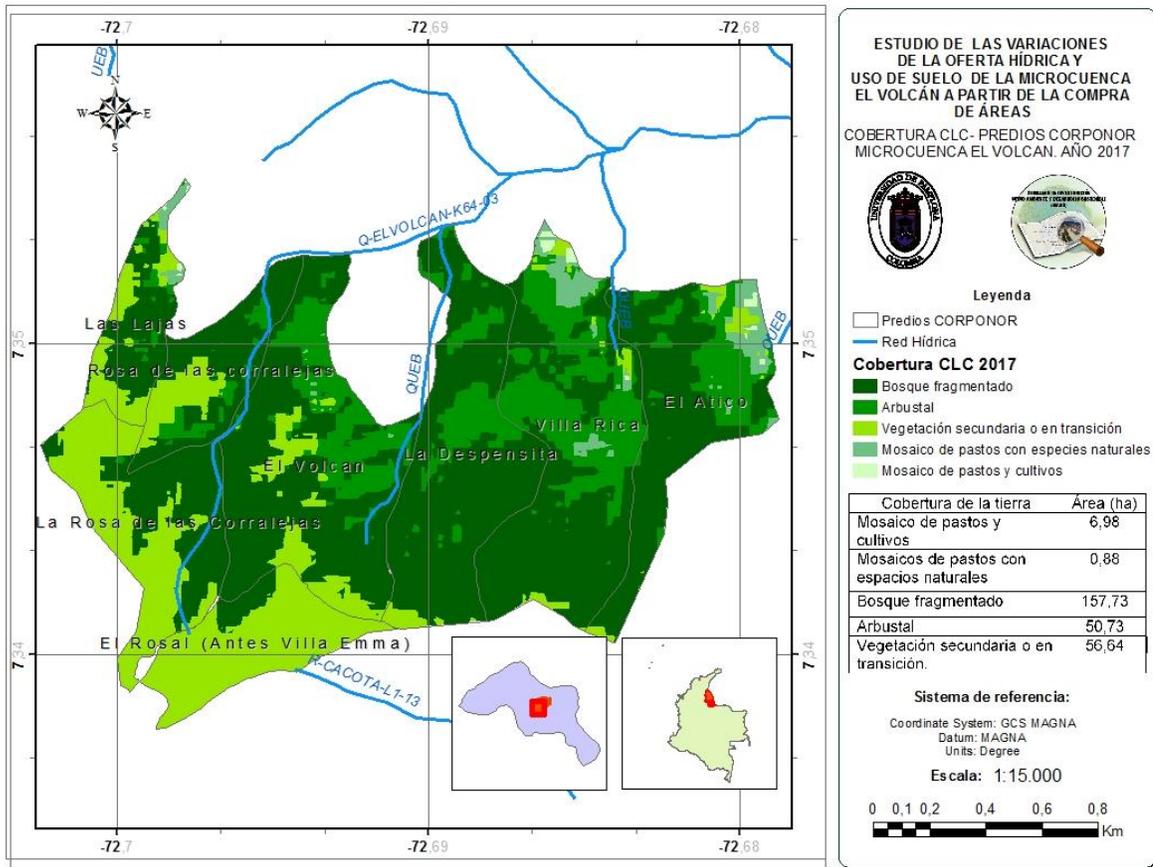


Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

La compra de áreas estratégicas, presenta resultados muy positivos respecto al aumento de su cobertura vegetal y protección de los afluentes principales, así como el 2014, para el año 2017 se presenta un aumento de la cobertura boscosa 5,1 %

equivalente 13,95 ha, respecto al 2014, donde coberturas como arbustales y vegetación secundaria por su proceso de recuperación y crecimiento, han llegado a este estado, mientras que coberturas de territorios agrícolas, han presentado un cambio poco notorio.

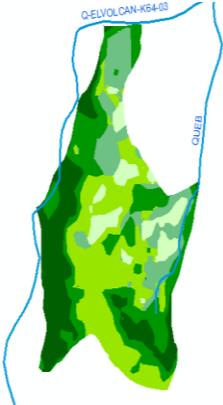
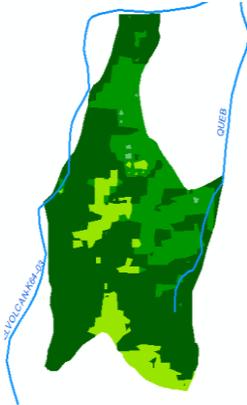
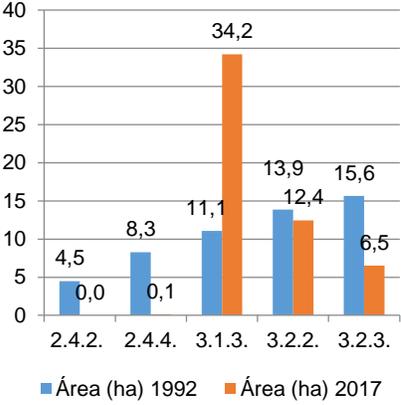
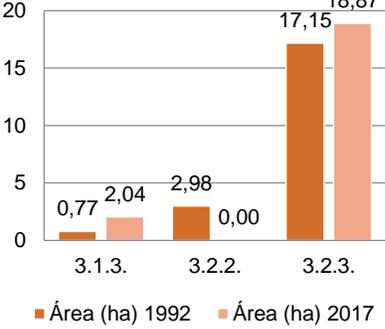
Figura 34. Cobertura Corine Land Cover 2014, predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander- Microcuenca El Volcán

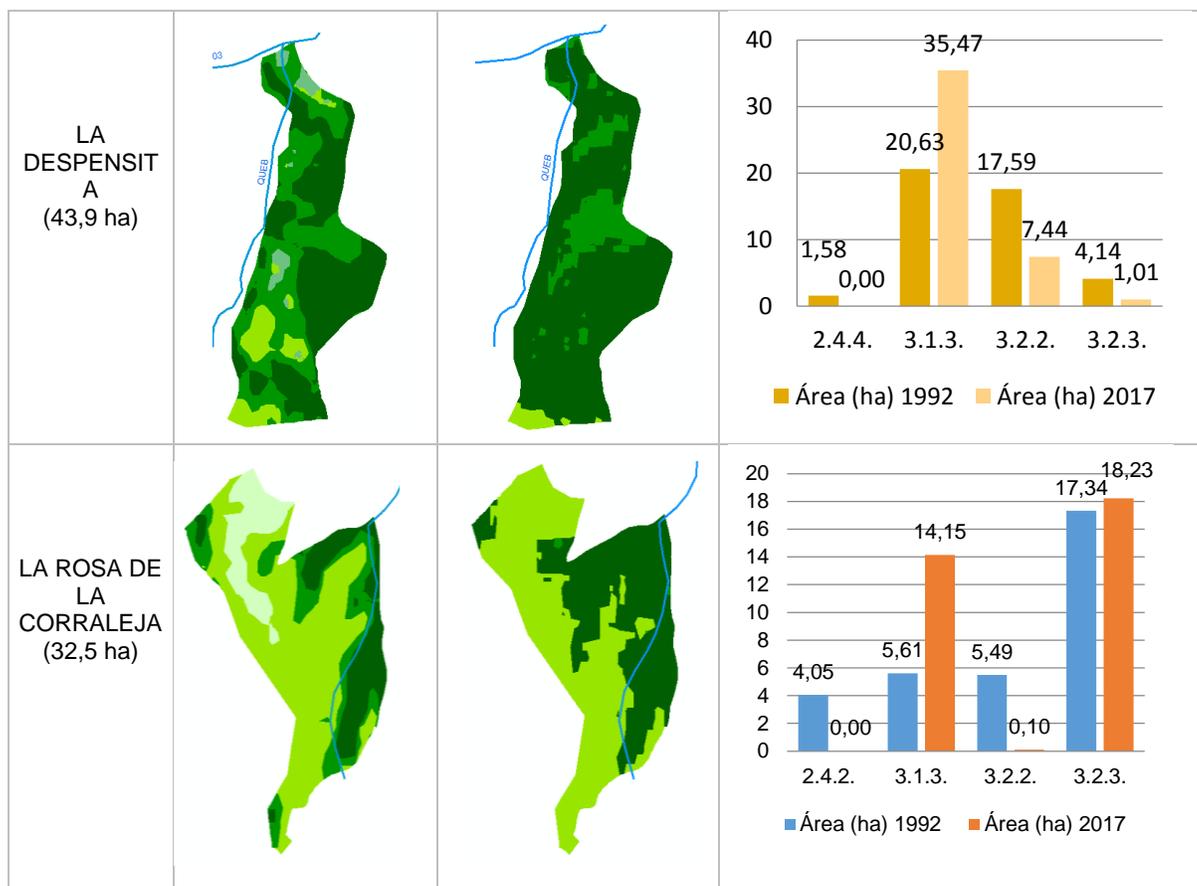


Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Al realizar un análisis comparativo de ganancias, pérdidas y estabilidad de coberturas del periodo 1992-2017 a nivel predial se identifican los cambios de vegetación, ocurridos principalmente en coberturas de bosque y áreas seminaturales, La tabla 10 y 11, permite observar las variaciones presentadas por los predios adquiridos para el periodo 1992-2017.

Tabla 10. Análisis comparativo de Cambios de Cobertura CLC - Para predios adquiridos en el año 1997. (1992-2017)

PREDIOS	COBERTURA CLC 1992	COBERTURA CLC 2017	ANALISIS																		
EL VOLCAN (53,3 ha)			 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Área (ha) 1992</th> <th>Área (ha) 2017</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.4.2.</td> <td>4,5</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>2.4.4.</td> <td>8,3</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>3.1.3.</td> <td>11,1</td> <td>34,2</td> </tr> <tr> <td>3.2.2.</td> <td>13,9</td> <td>12,4</td> </tr> <tr> <td>3.2.3.</td> <td>15,6</td> <td>6,5</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Área (ha) 1992	Área (ha) 2017	2.4.2.	4,5	0,0	2.4.4.	8,3	0,1	3.1.3.	11,1	34,2	3.2.2.	13,9	12,4	3.2.3.	15,6	6,5
Categoría	Área (ha) 1992	Área (ha) 2017																			
2.4.2.	4,5	0,0																			
2.4.4.	8,3	0,1																			
3.1.3.	11,1	34,2																			
3.2.2.	13,9	12,4																			
3.2.3.	15,6	6,5																			
EL ROSAL (21 ha)			 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Área (ha) 1992</th> <th>Área (ha) 2017</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.1.3.</td> <td>0,77</td> <td>2,04</td> </tr> <tr> <td>3.2.2.</td> <td>2,98</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>3.2.3.</td> <td>17,15</td> <td>18,87</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Área (ha) 1992	Área (ha) 2017	3.1.3.	0,77	2,04	3.2.2.	2,98	0,00	3.2.3.	17,15	18,87						
Categoría	Área (ha) 1992	Área (ha) 2017																			
3.1.3.	0,77	2,04																			
3.2.2.	2,98	0,00																			
3.2.3.	17,15	18,87																			



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

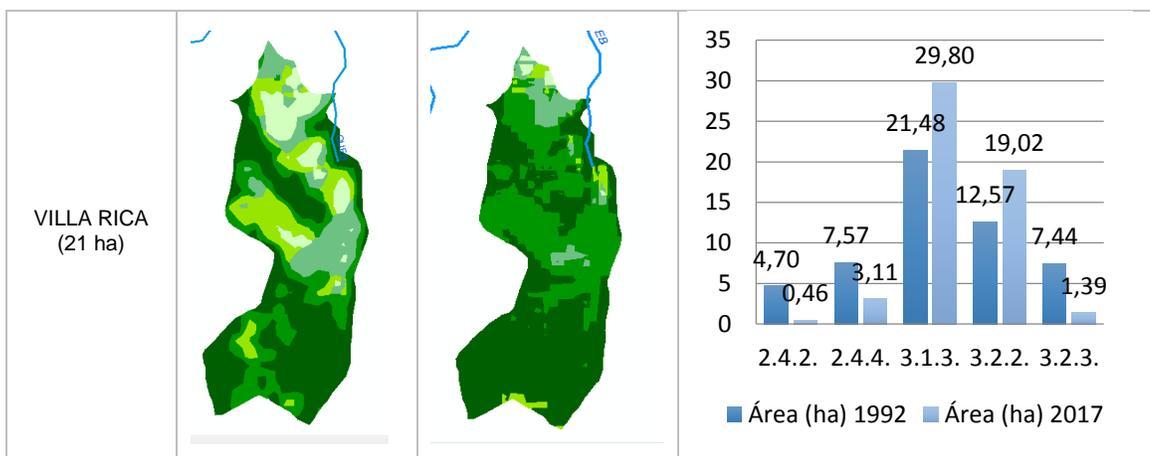
Tabla 11. Área de cobertura, predios adquiridos en el año 1997- CORPONOR

Clase	Código	Volcán		El Rosal		La Despensita		La Rosa de las Corralejas	
		1992	2017	1992	2017	1992	2017	1992	2017
2. Territorios Agrícolas	2.4.2.	4,49	0	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05	0,00
	2.4.4.	8,27	0,13	0,00	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.3.	11,05	34,21	0,77	2,04	20,63	35,47	5,61	14,15
	3.2.2.	13,86	12,44	2,98	0,00	17,59	7,44	5,49	0,10
	3.2.3.	15,64	6,53	17,15	18,87	4,14	1,01	17,34	18,23
Total		53,31	53,31	20,90	20,91	43,94	43,93	32,48	32,48

Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Tabla 12. Comparativo de Cambios de Cobertura CLC - CORPONOR. (1992-2017)

PREDIOS	COBERTURA CLC 1992	COBERTURA CLC 2017	ANALISIS
LAS LAJAS (15,1 ha)			<p>■ Área (ha) 1992 ■ Área (ha) 2017</p>
ROSA DE LAS CORRALEJAS (18,4 ha)			<p>■ Área (ha) 1992 ■ Área (ha) 2017</p>
EL ÁTICO (35,1 ha)			<p>■ Área (ha) 1992 ■ Área (ha) 2017</p>



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Tabla 13. Área de cobertura, predios adquiridos después del año 1997 - CORPONOR

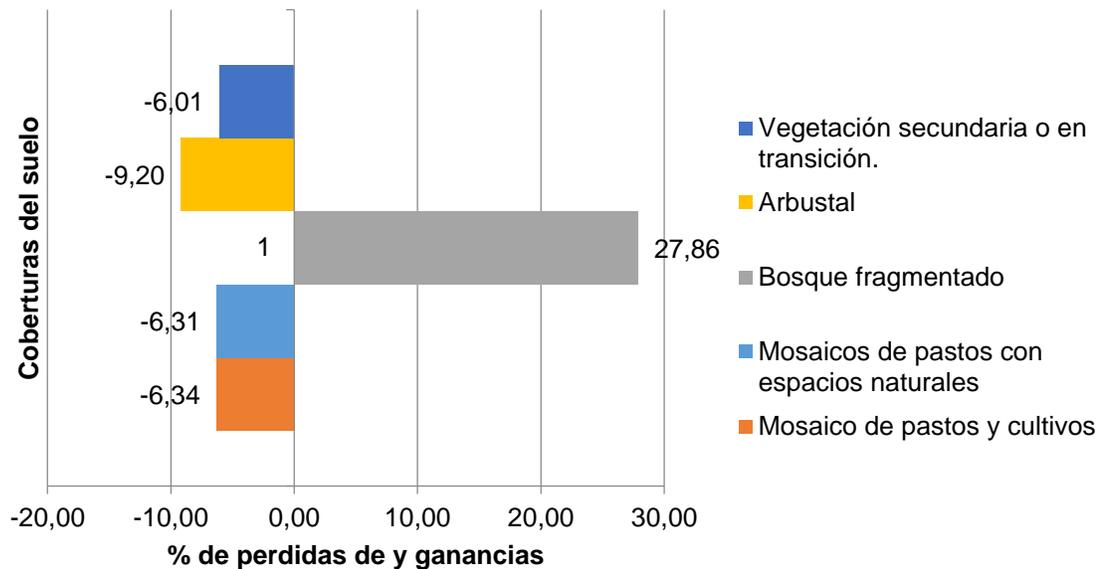
Clase	Predio	El Ático		Rosa de las Corralejas		Villa Rica		Las Lajas		
		Código	1992	2017	1992	2017	1992	2017	1992	2017
2. Territorios Agrícolas	2.4.2.		2,60	0,28	1,742	0	4,70	0,46	0,55	0,10
	2.4.4.		5,33	2,88	0,701	0	7,57	3,11	0,76	0,86
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.3.		17,46	22,01	3,607	11,92	21,48	29,80	1,07	8,12
	3.2.2.		8,96	8,50	6,649	2,307	12,57	19,02	7,74	0,93
	3.2.3.		0,70	1,38	5,67	4,147	7,44	1,39	4,98	5,09
Total			35,05	35,05	18,369	18,374	53,76	53,76	15,10	15,10

Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Analizando las tablas 12 y 13 se denota que 7/8 predios presentan un porcentaje mayor de bosques fragmentados respecto al año de estudio inicial, exceptuando el Rosal que aunque posee un tiempo mayor de adquisición continua presentando altos porcentajes de vegetación secundario o en transición, esto puede concluir que dicho terreno tiene características individuales que favorece el crecimiento de estas coberturas; a su vez se obtiene que los predios Volcán y La Despensita, son los predios de mayor recuperación vegetal, con un 43,44% y 27,84 % respectivamente. Los territorios de producción agrícola tienden ser 0 para el año 2017, aumentando la cobertura de bosque y áreas seminaturales, dichos predios son punto de nacimiento para la quebrada Los Monos, La Despensita entre otros afluentes que hacen parte de ella, representando a nivel general una recuperación de 27,86 % de la cobertura principal, la reducción casi total de los mosaicos de pastos y cultivos

aun registrados en la zona, tal como se visualiza en la figura 35. Los cambios presentados a lo largo del área estratégica presentan una tasa de recuperación anual del 4%.

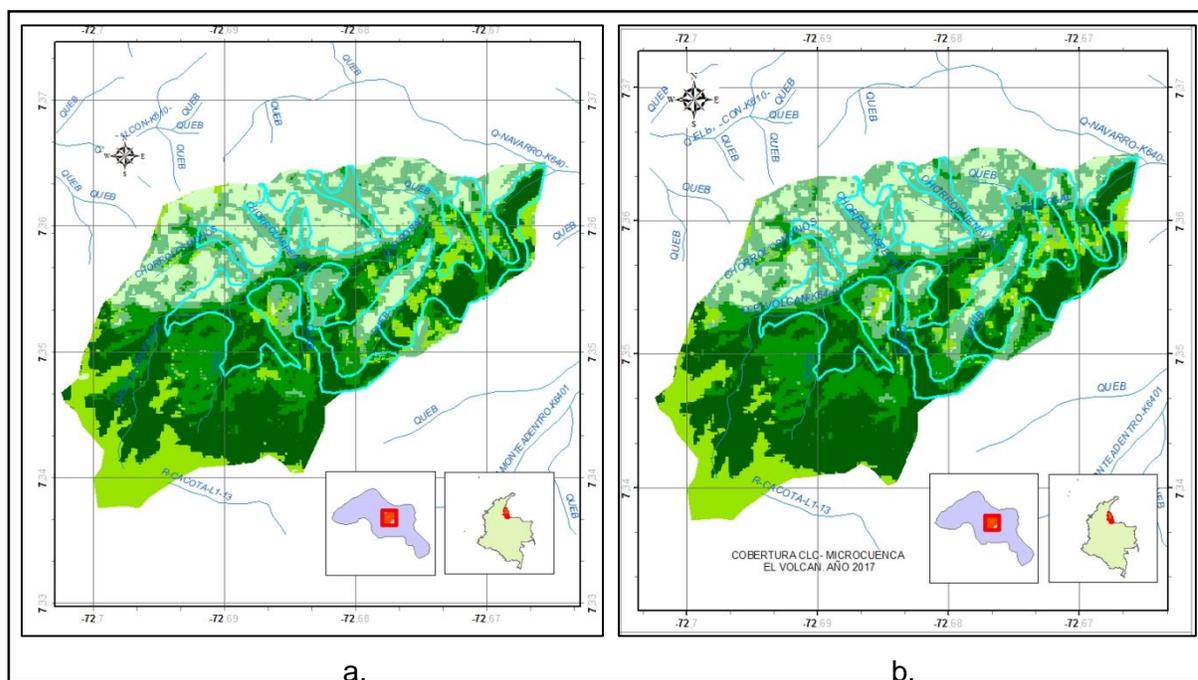
Figura 35. Comportamiento de ganancia y pérdida de coberturas, de los predios adquiridos por CORPONOR en el municipio de Pamplona, Norte de Santander-microcuenca El Volcán.



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Así mismo para el año 2014 se instaura la adquisición de áreas temporales mediante la resolución 1150 del año en mención, donde se pretende realizar la protección de aproximadamente 206 ha, equivalente al 27,9 % de la microcuenca, cubre la riera de los afluentes que aportan a la microcuenca el volcán, la figura 36, divisa un comparativo de las áreas nombradas, entre el año 2014 y 2017.

Figura 36. Coberturas comparativas Corine Land Cover- Reservas Temporales –CORPONOR.
a. CLC 2014 b. CLC 2017



Fuente: PEÑALOZA, K (2017).

Tabla 14. Análisis comparativo, cobertura Corine Land Cover de las áreas de Reservas Temporales- (2014-2017)

Clase	Cód.	Cobertura de la tierra	Área 2014 (ha)	%	Área 2017 (ha)	%	Modificación (%)
2. Territorios Agrícolas	2.4.2.	Mosaico de pastos y cultivos	19,24	9,31	20,41	9,88	0,57
	2.4.4.	Mosaicos de pastos con espacios naturales	44,41	21,49	42,21	20,42	-1,06
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.3.	Bosque fragmentado	71,97	34,82	76,03	36,79	1,97
	3.2.2.	Arbustal	53,59	25,93	56,69	27,43	1,50
	3.2.3.	Vegetación secundaria o en transición.	17,47	8,45	11,31	5,48	-2,98
Total			206,68	100,00	206,65	100,00	
Aumenta			Disminuye				

Fuente: PEÑALOZA, K (2017).

Los cambios más relevantes se identifican en los bosques y áreas seminaturales, donde aumenta la extensión de los bosques primarios y los arbustales, se obtiene un cambio positivo para el ecosistema, puesto que los bosques fragmentados presentan un área de ocupación actual de 76,03 ha y 56,69 para arbustales. Signo de recuperación de la vegetación y protección de los cuerpos de agua, sin embargo se presenta el aumento de territorios agrícolas, los mosaicos de pastos y cultivos presenta un aumento en su expansión territorial del 0,57 % equivalente a 1,17 ha, caso opuesto a los mosaicos de pastos con espacios naturales donde disminuye un 1,06 % respecto al año 2014.

Es de mencionar que la vegetación primaria de la vereda el Rosal está siendo afectada por su expansión de la frontera agrícola llegando a la disminución considerable de sus bosques y arbustales, dejando desprotegidos nacimientos y quebradas representativos de la zona, así mismo durante las salidas de campo se visualiza que las riveras de las quebradas y zonas de reserva que habían sido cercadas por CORPONOR, están siendo nuevamente abiertas, caso tal como el presentado en la vereda el Totumo, donde se destruyó parte de la cobertura recuperada con el fin de permitir el transporte de carga.

13.4 Determinación del Índice de Uso del Agua (IUA)

El índice del uso del agua (IUA), corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores de usuarios, en un periodo de tiempo y en una unidad especial de referencia, en relación con la oferta hídrica superficial disponible. (IDEAM, 2012).

13.4.1. Oferta hídrica superficial

La oferta hídrica superficial representa el volumen que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial, así como la oferta hídrica natural disponible, esta última resulta de sustraer a la primera el agua que garantiza el funcionamiento ecosistémico dado un caudal mínimo (ENA,2010).

Para el cálculo de la oferta hídrica se utilizó los registros de la estación Agrometeorológica ISER-Pamplona del IDEAM, se dispone de las condiciones hidrológicas medias y secas con base en la serie de caudales mensuales; como consecuencia de la reducción de la oferta hídrica total superficial en las fuentes de Colombia a causa del fenómeno del niño, no son tenidos en cuenta para la estimación del caudal base, los reportes de precipitación del año 2015. Así mismo, la determinación del caudal base se efectuó a partir de los aforos mensuales

registrados durante el periodo 2013-2017, analizando los meses de enero y febrero, época de intenso verano en la microcuenca El Volcán, se correlaciona con la precipitación anual promedio; utilizando el método de correlación lineal de Pearson, manipulando este método debido a la ausencia de estaciones hidrológicas en la microcuenca.

Se obtiene un grado de relación de las dos variables de aproximadamente un 13%, determinando un caudal promedio de 87,4594 l/s para ser distribuido entre los usuarios.

$$OH_{\text{Total}} = 87,4594 \text{ l/s}$$

Caudal Ecológico.

Se define como: “el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas” (DECRETO 3930, 2010). Con el fin de mantener un caudal no derivado sobre la corriente principal que garantice la diversidad acuática de una fuente natural de agua superficial, evitando que una disminución del caudal indique cambios en el ecosistema y por lo tanto una alteración al equilibrio, se ha determinado un caudal ecológico de 12,71 l/s, el cual equivale al 15% del caudal mensual más bajo.

$$OH_{\text{Ambiental}} = 12,71 \text{ l/s}$$

13.4.2. Demanda hídrica Sectorial

La demanda de agua corresponde a la cantidad o volumen de agua usado por los sectores económicos y la población (SIAC, 2017).

Para el cálculo de demanda hídrica sectorial se hace uso de los datos recolectados por el instrumento censal, así como las concesiones estipuladas en el proyecto de distribución de caudales, de agua en la microcuenca el volcán dado por CORPONOR, 2005. Cabe resaltar que se hace un ajuste de la ecuación, eliminando términos de consumos de sector industrial (C_{sm}), Consumo del sector energía (C_e), y consumo de uso acuícola (C_a); cabe resaltar que el parámetro A_{enc} “Agua extraído no consumida”, es un valor difícil de hallar debido a las variaciones de utilidad por parte del usuario, quedando como ecuación:

$$Dh = Ch + Csp + C_{ss} \quad [2.1]$$

Ch: $34600 \text{ l/día} = 0,4005 \text{ L/s} + \text{Consumo de escuelas } (0,0277776 \text{ l/s}) = 0,4283 \text{ l/s}$

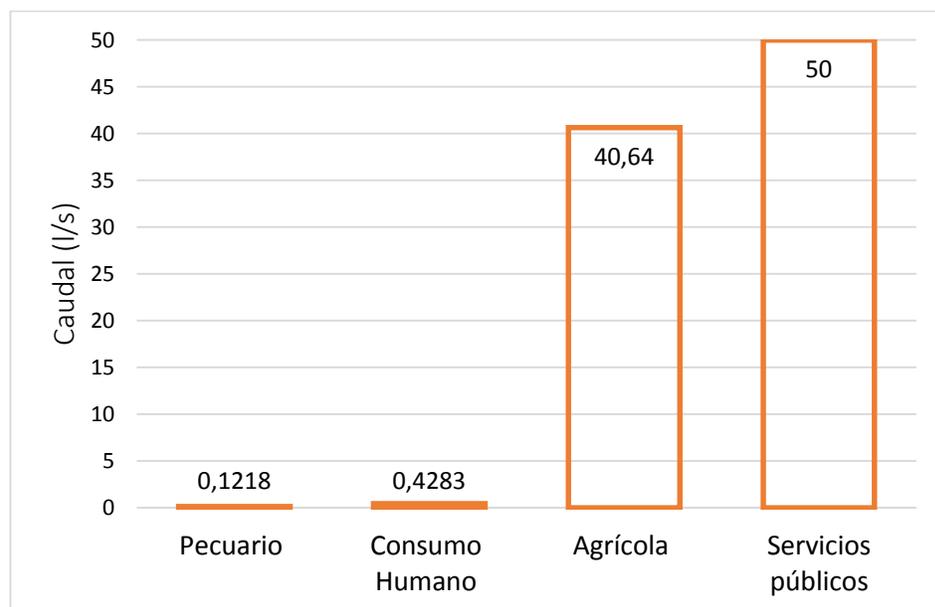
Csp: Consumo del sector agrícola= 40,64 l/s

Css: Consumo del sector servicios =50 l/s

Csp: Consumo en el sector pecuario: 0,1218 l/s

$$Dh = 91,1901 \text{ l/s}$$

Figura 37. Demanda hídrica Sectorial



Fuente: PEÑALOZA, K (2017)

Se obtiene que la demanda hídrica consumida sea mayor, a los registros concesionados vigentes para el año 2015, es decir la corporación autónoma no tiene conocimiento de los caudales reales consumidos, en actualidad

De acuerdo a los lineamientos conceptuales y metodológicos del ENA, 2014; se obtiene el índice del uso del agua para dicha microcuenca, una vez realizados los cálculos de oferta y demanda hídrica se determina mediante la expresión presentada en el indicador 11.4.1.1. Obteniendo un IUA del 81,97 %. Catalogado como Muy Alto, según la tabla 2, la presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible, presentando un índice de estrés hídrico por escasez de agua.

Microcuenca	Demanda (l/s)	Oferta hídrica (l/s)	IUA
El Volcán	91,1901	74,7494	81,97

La presión generada en el recurso hídrico es muy elevada afectando la dinámica de la microcuenca; durante la ejecución del proyecto se evidencia la afectación del cauce a lo largo de esta, evidenciando la no existencia de caudal ecológico en el mes de septiembre.

CONCLUSIONES

La microcuenca el Volcán representa uno de los principales motores para el desarrollo económico- poblacional; constituye un punto cardinal para los servicios de abastecimiento de la población pamplonesa, la cual provee al 40 % de la cabecera municipal de dicha región, así mismo provee a la comunidad asentada en la zona; el recurso presenta usos de tipo, pecuario, agrícola e incluyendo servicios públicos, donde los dos últimos representan el mayor porcentaje de utilidad en un 44,57 y 54,83 % respectivamente.

La dinámica poblacional de la microcuenca ha sufrido cambios constantes que afectan notablemente los servicios del ecosistema; para el año 1993-2005, existió un aumento considerable de la población rural, lo cual se evidencia al analizar los datos obtenidos para la fecha, esto retrasa la recuperación del terreno y aumenta la extracción del recurso hídrico, lo mencionado anteriormente, resalta la importancia de conocer la dinámica social y económica de la zona a la cual se quiere intervenir, aportando datos relevantes para el estudio; caso tal en el que la percepción de los recursos proporcionados por los habitantes genero un diagnóstico del estado actual de los recurso, siendo corroborada por IUA.

La superficie agrícola de la región ha presentado épocas de aumento y disminución, ligada a los periodos estacionales de lluvia y sequía; presenta una disminución respecto al año 1992 del 2,82 % equivalente a 21,13 ha, sin embargo, los cambios de la producción han ido de la mano del uso intensivo de insumos, degradación del suelo y aguas, reducción de biodiversidad, donde no solo pone en riesgo la disponibilidad de los recursos naturales, sino también la calidad de vida de las personas.

En efecto la producción agrícola se cataloga como la economía principal de la zona rural, donde el cultivo predominante son los sembrados de papa, arveja, fresa, entre otros; cultivos que debido al aumento de plagas y enfermedades conlleva a la utilización de plaguicidas, insecticidas, herbicidas, y abonos químicos que afectan la composición del terreno, a su vez el mal manejo de los residuos sólidos, por parte de los habitantes, conlleva a la quema y enterramiento ocasionando alto impacto en recurso suelo, lo cual afecta la composición química y orgánica del suelo.

La falta de acueductos y de minidistritos de riego, acentúa el problema por uso de agua tanto para consumo humano y pecuario como para riego, evidenciando la conexión individual a los nacederos, lo cual incrementa el desperdicio de agua, además este recurso podrían verse afectado por aguas residuales que confluyen hacia las fuentes hídricas, debido a que cerca de un 15 % de la población vierte directamente sus residuos a campo abierto o fuentes cercanas, aunque, según la población no se presentan afectaciones de esta índole, es un factor que resulta de

importante estudio para próximas investigaciones, puesto que, no solo se afecta el recurso por aguas residuales sino que a su vez la escorrentía superficial puede generar arrastre de pesticidas y otros químicos presentes en los cultivos y terrenos aledaños a las fuentes.

La recolección de información histórica permite visualizar de manera, más asertiva los cambios en el cierto periodo de análisis, es de resaltar la importancia de la precipitación en la zona, la cual incrementa constantemente el caudal de la microcuenca, por ello los meses de enero, febrero, marzo y septiembre son catalogados como épocas de sequía, así mismo, a partir de la curva de duración de caudales medios multianuales, se encontró que existe un 50% de probabilidades de que por lo menos se presente un caudal de 67.9 L/s, supliendo la necesidad hídrica de la región, lo cual lleva a plantear alternativas, a fin que la probabilidad de no ocurrencia sea suplida y no presente periodos críticos para la población, tal como se ha presentado hasta el momento.

Para el periodo comprendido entre 1992 y 2017, la microcuenca el volcán muestra un cambio positivo para ambiente y sus servicios ecosistémicos, en sus áreas estratégicas demostrando ganancias en su vegetación primaria de un 27, 86 %, lo cual, representan una tasa de recuperación anual del 4%.

La microcuenca El Volcán, presenta para el año 2017 coberturas de bosque y áreas seminaturales con una extensión de 476,1 ha; dando como resultado un aumento de cobertura vegetal de 14,1 ha respecto a 1992, correspondientes al 2 % del territorio y una tasa de recuperación de vegetación anual de 0,08 %. Valores que resultan poco significativos para un periodo de recuperación de 20 años, resalta que la recuperación de las zonas de protección es positiva, pero el territorio aledaño carece de control y normatividad, lo cual afecta al territorio y los servicios prestados por dicha microcuenca.

La evaluación de los diferentes sectores usuarios, respecto a la oferta hídrica, permiten analizar la cantidad de agua utilizada, en un periodo determinado, los resultados muestran que la presión de la demanda es muy alta, respecto a la oferta disponible, presentando en un índice de estrés por escasez hídrica en la microcuenca El Volcán; se puede deducir que el manejo dado actualmente a la microcuenca no es el mejor, generando sobreutilización de los recursos bióticos y abióticos.

La vegetación primaria de la vereda el Rosal está siendo afectada por la expansión de la frontera agrícola llegando a la disminución considerable de sus bosques y arbustales, dejando desprotegidos nacimientos y quebradas representativos de la zona, la sobreexplotación de los recursos en esta zona genera estrés hídrico y una alteración desmedida sobre la capa vegetal.

El éxito de proyectos de restauración para la recuperación de los servicios ecosistémicos, dependerá, de un cambio ligado al componente social y económico de la zona, no solo del área adquirida sino de sus alrededores, aquellos que interactúen directamente con los recursos que se desean recuperar, así mismo los componentes de conocimiento y educación juegan un papel fundamental en el proceso de recuperación de dicha zona, en el estudio.

RECOMENDACIONES

La intervención de las Autoridades Ambientales es primordial, sobre la zona de reserva, pero aún más, lograr un compromiso por parte de la comunidad asentada en la zona, a fin de que ejerzan el papel de protectores y defensores de sus recursos que son altamente necesarios para el ecosistema.

Se recomienda que las entidades competentes inviertan en recursos tanto personal como la aplicación de técnicas de teledetección, con imágenes de buena calidad para el procesamiento y análisis de otras regiones, que resulten significativas ecosistémicamente, que permita determinar tanto en campo la verificación de los datos, a fin de desarrollar estrategias, de planeación del territorio y la recuperación de los servicios prestados.

También se recomienda la aplicación de talleres de promulgación y concientización, sobre la importancia de las áreas de protección, la cual genera un compromiso por parte de los ciudadanos asentados en las zonas de alto impacto, que promuevan la recuperación del ecosistema futuro, de igual manera es necesario la implementación de cultivos alternativos que fomenten el cuidado de la cobertura vegetal, y la implementación de técnicas de cultivo que promuevan la agricultura amigable al medio ambiente.

Así mismo es recomendable el análisis de variables afectadas por el cambio climático, estudiando la influencia que fenómenos como el niño y la niña pueden tener sobre los servicios de abastecimiento y regulación, ofertados por la microcuenca.

BIBLIOGRAFÍA

CABELLO, J., ALCARAZ-SEGURA, D., ALTESOR, A., DELIBES, M., BAEZA, S & LIRAS, E. Funcionamiento ecosistémica y evaluación de prioridades geográficas en conservación. Ecosistemas Vol 17, N°:53-63, España, 2010.

CARVAJAL, G. Entrevista realizada en Pamplona, Norte de Santander, 2017.

Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander (CORPONOR). Proyecto de distribución de caudales dentro del proceso de reglamentación del uso del agua en las microcuencas El Volcán y Monte dentro a partir de sus nacimientos en su paso por las veredas el Totumo, Alto Grande, El Rosal, Navarro, Jurado, barrio El Zulia y Monte dentro del municipio de Pamplona hasta su confluencia con la cuenca del río Pamplonita, Norte de Santander, 2004

Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander (CORPONOR). Proyecto de distribución de caudales dentro del proceso de reglamentación del uso del agua en las microcuencas el volcán y Monte dentro a partir de sus nacimientos en su paso por las veredas el totumo, alto grande, el rosal, navarro, jurado, barrio el Zulia y Monte dentro del municipio de Pamplona hasta su confluencia con la cuenca del río Pamplonita. , 2005.

Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander (CORPONOR). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Pamplonita. (p.p. 59-65, 101,102) Norte de Santander, 2010.

CORREDOR G, L; CÁRDENAS Q, E & ORDÓÑEZ L, J. Aplicación de la metodología Corine Land Cover en la determinación de los cambios de cobertura en el Parque Natural Los Flamencos. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Universidad Militar Nueva Granada, 2011. Tomado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91123440008>.

DANE, Tercer Censo Nacional Agropecuario, 2014.

EXTERNALIDAD. En Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015. Tomado de: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/externalidad>

FARFÁN, D & RODRÍGUEZ, L. Propuesta metodológica para la evaluación de la calidad ambiental de los ecosistemas estratégicos de bosque de galería a escala sectorial. Estudio caso: finca San José de Matadepantano (Yopal, Casanare). Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia, 2016. Tomado de: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20414/41111065_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FERNANDEZ, N; SUAREZ, C & PEREZ A. Modelación y simulación dinámica para la gestión de caudales en la cuenca Alta del Río Pamplonita- Un Balance Hídrico de Consumo. Universidad de Pamplona, 2007.

Gobernación de Norte de Santander. Secretaria de Vivienda y Medio Ambiente. Tomo I Acotamiento de la Ronda del Cauce principal de las quebradas Monte dentro, Navarro, el Rosal y cuenca principal del río Pamplonita en el municipio Pamplona, Norte de Santander. Universidad Francisco de Paula Santander, 2015

GUERRERO, E. Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro. (p.p. 133) Quito, Ecuador, 2015

HERNANDEZ, N. Valoración monetaria de los beneficios que puede rendir un uso óptimo del suelo en la microcuenca Monte dentro del río Pamplonita, Pamplona, N. De S. Universidad de Pamplona. Colombia. (p. p. 26-28), 2013.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. Estudio General de Suelos departamento Norte de Santander. Capítulo VI: Clasificación de tierras por su capacidad de uso. Bogotá D.C, Colombia, 2004.

Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales-IDEAM. Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Bogotá D.C, 2004.

Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales-IDEAM. Estudio Nacional del agua. Bogotá, Colombia, 2014.

Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales-IDEAM. Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia V.2. Bogotá D.C., Colombia, 2014, 52 pp.

IDEAM, IGAC & CORMAGDALENA. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Colombia, 2007

Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales-IDEAM. Metodología CORINE LAND COVER. Bogotá, Colombia, 2014. Tomado de: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales-IDEAM. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE LAND COVER adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, D. C., 72p. 2010.

JACOBS, M. Economía Verde: Medio ambiente y desarrollo sostenible. Tercer mundo editores y ediciones unidas Bogotá (p.p 79, 81, 83-187), 1995.

LITTLE, C & LARA, A. Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. *Bosque* Vol 31 N°3: (p.p 175-178), Chile, 2010.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 0865 de 2004. Bogotá D.C, Colombia, 2004.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Bogotá, D.C.: Colombia, 2014.

MOLINA, G & ALBARRAN, A. Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela, 2013. Tomado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/36305/41579>

NÁJERA G, O; BOJÓRQUEZ S, J; CIFUENTES L, J & MARCELEÑO F, S. Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río mololoa, Nayarit. Universidad Autónoma de Nayarit. México, 2010. Tomado de: <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/8/6>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía. Tomado de: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). ¿Por qué invertir en la ordenación de cuencas hidrográficas? Roma, Italia, 2009.

OTAYA. L., VÁSQUEZ. G & BUSTAMANTE. G. “Estimación de la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos”. Universidad Nacional. Medellín, Colombia, 2008.

PBOT. Plan Básico de Ordenamiento territorial. Pamplona. Alcaldía de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia, 2001

PBOT. Plan Básico de Ordenamiento territorial. Pamplona. Alcaldía de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia, 2015.

Plan de administración y manejo ambiental para el área estratégica parte alta de la microcuenca el Volcán municipio de Pamplona. Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2005

PORRAS, I. Valorando los Servicios Ambientales de Protección de Cuencas: consideraciones metodológicas. International Institute for Environment and Development (IIED). (p.p. 2-8), 2003.

RAMÍREZ, A; FERNANDEZ, N & SOLANO, F. Dinámica fisicoquímica y calidad del agua en la microcuenca el volcán, en el municipio de Pamplona, Colombia. Universidad de Pamplona, 2005.

REBOLLO, M. Estudio multitemporal para la determinación de cambios en el uso del suelo en el complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha para el periodo 1992-2012. Bogotá, Colombia, 2013.

RIVERA, M E; ZARTA, H & SANCHEZ, R. Estado actual de las áreas estratégicas del municipio de Pamplona, Norte de Santander-Colombia, 2015.

SÁNCHEZ, R., GELVIZ G, S.M & SOLANO O, F. Plantas con Flores de la Reserva el Volcán, Vereda Alto Grande Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Revista Bistua. Tomado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90350104>

ANEXOS

ANEXO A. instrumento censal aplicado



**ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LA OFERTA HÍDRICA Y USO DE SUELO
DE LA MICROCUENCA EL VOLCÁN A PARTIR DE LA COMPRA DE
ÁREAS ESTRATÉGICAS.**



El presente cuestionario tiene como finalidad recolectar información importante para la caracterización de la microcuenca El Volcán; los datos serán importantes para la toma de variables socioeconómicas y ambientales que puedan afectar el uso del suelo y la disponibilidad del recurso agua o la población que se encuentra en su ronda hídrica y serán de uso exclusivamente académico. Teniendo en cuenta lo anterior, se le agradecerá de forma muy especial su colaboración para responder las preguntas.

Ubicación

1. Nombre Del Predio _____	2. Vereda: _____
3. Coordenadas geográficas: N: _____ - W _____	
4. Tamaño de la finca: _____	
*Especificar en tal caso si son Hectáreas o Metros cuadrados	

Información personal

1. Edad: _____	2. Lugar de nacimiento _____
3. ¿Tiene hijos? Sí ___ No ___	
¿Cuántos? _____	
4. Número de personas que viven en la casa _____	
5. Su nivel educativo	
Primaria _____	Primaria incompleta _____
Secundaria _____	Secundaria incompleta _____
Técnico o tecnólogo _____	Pregrado _____
Posgrado _____	
6. Ocupación	
Empleado _____	Independiente _____
Pensionado _____	Estudiante _____
Ama de casa _____	Desempleado _____

13. ¿cuenta con agua potable? Sí ___ No ___	
14. ¿Cuál es la fuente de abastecimiento de agua de la vivienda donde habita? Marque con una X	
Fuente	Nombre
Quebrada	
Acueducto	
Naciente	
15. ¿Concesión del recurso hídrico? Sí ___ No ___	
16. Si su respuesta es sí ¿Quién se la otorgo? _____	
17. ¿La cantidad de agua que recibe le parece suficiente? Suficiente ___ Escasa ___	
18. ¿Qué servicios le presta el recurso hídrico?	
Consumo Humano ___ Agricultura ___ Pecuario ___ Uso Industrial ___	
19. Si la respuesta anterior fue Industria ¿Qué tipo de Industria? _____	



ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LA OFERTA HÍDRICA Y USO DE SUELO DE LA MICROCUENCA EL VOLCÁN A PARTIR DE LA COMPRA DE ÁREAS ESTRATÉGICAS.



20. De las siguientes actividades agrícolas y pecuarias ¿en cuales utiliza el recurso hídrico?

*Marcar con X la actividad e indicar el número de hectáreas o cantidad de animales

Producto Agrícola	Hectáreas	Actividad Pecuaria	Cantidad
Papa		Bovinos	
Maíz		Porcinos	
Hortalizas		Caprinos	
Frutales		Aves	
Pastizales		Equinos	
Otra (Especifique)		Piscicultura	
		Otros	

21. ¿Utiliza más hectáreas que hace cinco años?

Sí ___ No ___

22. ¿Utiliza algún químico para sus actividades agropecuarias? Sí ___ No ___

¿Cuál? _____

23. ¿Qué tipo de residuos genera?

Residuos hospitalarios ___ Residuos sólidos orgánicos ___ Residuos peligrosos ___

Residuos patológicos ___ Residuos electrónicos ___ Residuos agropecuarios ___

Otro ___

24. ¿Hace separación de residuos en la fuente?

Sí () No ()

25. Si la respuesta anterior fue sí, ¿Qué manejos se les da?

*Si la respuesta fue no, ¿por qué no lo hace?

Falta de conocimiento ___ falta de tiempo ___ otro _____

26. ¿En qué lugar dispone sus residuos?

Frente a su casa ___ depósito ___ Quema ___ otro: _____

27. ¿Cómo evacua las aguas residuales en la vivienda que habita?

Alcantarillado ___ Quebrada ___ Pozo ___ Campo abierto ___

28. ¿en que medida la calidad del agua del recurso hídrico mas cercano influye sobre su calidad de vida?

a. Alto c. Medio

b. Medio d. Bajo

29. ¿ cuál es la percepción que ud tiene del recurso hídrico más cercano a su casa?

a. Excelente estado

c. Regular estado

b. Buen estado

d. Mal estado

30. ¿considera que ha cambiado la calidad y cantidad de los recursos después de la compra de áreas estratégicas?

31. ¿Ha sido afectado por la compra de las áreas estratégicas? Sí ___ No ___

¿Por qué? _____

ANEXO B. Caudales históricos registrados periodo 2013-2017

Caudal Promedio Mensual Volcán					
	2013	2014	2015	2016	2017
ENERO		85,00	47,46	43,29	67,06
FEBRERO	69,00	82,00	42,40	41,11	58,90
MARZO	65,00	91,80	44,33	42,59	68,90
ABRIL	62,00	60,20	59,05	53,36	80,01
MAYO	65,00	92,80	51,64	106,76	92,12
JUNIO	68,00	104,85	84,28	80,35	52,30
JULIO	56,00	100,40	71,28	58,44	72,53
AGOSTO	81,50	74,80	69,27	46,93	68,12
SEPTIEMBRE	58,00	70,20	61,27	49,30	87,08
OCTUBRE	51,00	91,70	62,03	65,41	85,53
NOVIEMBRE	49,50	84,40	53,63	78,98	83,45
DICIEMBRE	51,14	67,90	51,80	64,53	