

Vulnerabilidad Ecológica por Cambio de Cobertura de la tierra en Relación a la Oferta

Hídrica Área de Influencia de Galeras

1989 – 2014

Diana Carolina López Lagos

Universidad de Nariño

Facultado de Ciencias Humanas

Departamento de Geografía

San Juan de Pasto

2018

**Vulnerabilidad Ecológica por Cambio de Cobertura de la tierra en Relación a la Oferta
Hídrica Área de Influencia de Galeras
1989 – 2014**

Diana Carolina López Lagos

**Proyecto de Grado Modalidad Diplomado Presentado como Requisito para Optar al
Título de Geógrafa**

Trabajo dirigido por:

JESÚS ANDRÉS VELÁSQUEZ SÁNCHEZ

Magíster en Gestión del Riesgo y Desastres

Universidad de Nariño

Facultado de Ciencias Humanas

Departamento de Geografía

San Juan de Pasto

2018

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño

Nota de Aceptación:

Firma Asesor del Proyecto

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2018

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, en los momentos más difíciles, por mostrarme un rayito de luz para seguir adelante y por permitirme finalizar esta etapa de mi vida.

A mis padres Luz y Jairo, mis hermanas Sandra y María, mi sobrina Ángela, mi abuela Graciela, mi tía Liliana y su esposo Javier y mi prima Isabella, por el apoyo incondicional, darme ánimos para seguir adelante y por creer en mí.

A mi novio Germán de quien aprendí esta bella ciencia y quien a pesar del tiempo, creyó y confió en mí para culminar este proceso, por ser esa persona incondicional a quien admiro y por todo tu amor.

¡GRACIAS!

DIANA CAROLINA LÓPEZ LAGOS

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. TÍTULO DEL PROYECTO	2
2. PROBLEMA	3
2.1 Formulación del Problema	3
2.2 Descripción del Problema	3
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. OBJETIVOS	6
4.1 Objetivo General	6
4.2 Objetivos Específicos	6
5. MARCO DE REFERENCIA	7
5.1 Localización del Área de Estudio	7
6. MARCO CONCEPTUAL	9
7. MARCO LEGAL	16
8. METODOLOGÍA	19
8.1 Fase 1. Revisión de la Información Secundaria	19
8.2 Fase 2. Revisión y Selección de Información Cartográfica	20
8.2.1 Selección de las planchas topográficas.	20
8.2.2 Revisión y selección de imágenes satelitales.	21
8.2.3 Análisis e interpretación de las imágenes satelitales.	21
8.2.4 Adaptación de la metodología corine land cover.	22

8.2.5 Elaboración de los mapas temáticos.	23
8.3 Fase 3. Balance Hídrico.	24
8.3.1 Selección de estaciones.	24
8.3.2 Identificación del área, por subzonas hidrográfica. .	24
8.3.3 Aplicación de la fórmula de balance hídrico. .	24
8.4 Fase 4. Demanda Hídrica.	25
8.5 Fase 5. Elaboración y Estructuración de los Resultados.	25
9. DISEÑO METODOLÓGICO	26
10. RESULTADOS	27
10.1 Cobertura de la Tierra 2014.	27
10.2 Cobertura de la Tierra 1989.	32
10.3 Cambios	36
10.4 Balance Hídrico	42
10.5 Demanda Hhídrica	48
10.6 Discusión	49
11. CONCLUSIONES	58
12. BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	63

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Leyenda General de Coberturas Área de Influencia Galera	22
Tabla 2: Leyenda Cobertura 2014	29
Tabla 3: Leyenda Cobertura 1989	33
Tabla 4: Leyenda Cambios Área de Influencia de Galeras	39
Tabla 5: Balance Hídrico Cuenca del Río Guaitara	45
Tabla 6: Balance Hídrico Cuenca del Río Pasto	47
Tabla 7: Demanda Hídrica 1989 2010	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Localización Espacial Área de Influencia de Galeras	8
Figura 2: Diseño Metodológico	26
Figura 3: Distribución Porcentual de la Cobertura de la Tierra Nivel 1 Año 2014	28
Figura 4: Mapa de Cobertura 2014 Nivel 3	31
Figura 5: Distribución Porcentual de la Cobertura de la Tierra Nivel 1 Año 1989	32
Figura 6: Mapa cobertura 1989 Nivel 3	35
Figura 7: Cambios Cobertura de la Tierra (hectáreas) 1989 – 2014	38
Figura 8: Mapa Cambios de Cobertura de la Tierra 19899 – 2014	40
Figura 9: Localización Estaciones	43

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Localización General Área de Estudio	63
Anexo 2: Cobertura de la Tierra 2014	64
Anexo 3: Cobertura de la Tierra 1989	65
Anexo 4: Cambios de Cobertura	66
Anexo 5: Localización de Estaciones	67
Anexo 6: Matriz de Cambios	68

GLOSARIO

Amenaza: la probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual una comunidad es vulnerable. (Wilches Chaux 1993, p 44)

Riesgo: cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio que ocupa una comunidad determinada, que se vea vulnerable a ese fenómeno. (Wilches Chaux 1993, p 44)

Vulnerabilidad: es la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”. (Wilches Chaux. 1993, p 44)

Ecosistema: Unidad espacial definida por un complejo de componentes y de procesos físicos y bióticos que interactúan en forma interdependiente y que han creado flujos de energía característicos y ciclo o movilización de materiales.

Páramo. De acuerdo con lo definido por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en la (Resolución 0769, 2002), El páramo son ecosistemas de una singular riqueza cultural y biótica y con un alto grado de especies de flora y fauna endémicas de inmenso valor, que constituyen un factor indispensable para el equilibrio ecosistémico, el manejo de la biodiversidad y del patrimonio natural del país.

Cobertura de la tierra comprende todos los elementos que se encuentran sobre la superficie terrestre, ya sean naturales o creados por el hombre; es decir la cobertura puede derivarse de ambientes naturales producto de la evolución ecológica o artificial cuando se ha presentado ocupación del espacio en función del beneficio del ocupantes encontrando los asentamientos humanos como principal factor de este proceso. (CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. 2003)

Sistemas de información geográfica: un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. Laboratorio Unidad Pacífico Sur CIESAS.
Recuperado de: <https://langleruben.wordpress.com/>

Mapa: Documentos de información gráfica relativa a toda o una parte de una superficie real o ideal, que contiene información seleccionada, generalizada y simbolizada, sobre una cierta distribución espacial de un área grande; usualmente, la superficie terrestre. La información es de carácter general y se presenta en escalas relativamente reducidas con referencia a un sistema de coordenadas universal.

Estudios Multitemporales: se los realiza en una zona determinada a partir de imágenes de satélite, mediante tomas hechas en tiempos diferentes, es decir pueden variar al tiempo entre una toma y otra, horas, días, meses, etc. con el fin de analizar una o muchas variables.

INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los años, la sociedad va evolucionando y con ello, en aumento la ocupación del territorio, así mismo aumenta la demanda del hombre por los servicios que los ecosistemas ofrecen.

Uno de los factores que favorecen el desarrollo de diferentes actividades es la disponibilidad de agua que haya en el lugar, lo que permite que sea un territorio habitable. El área de influencia de Galeras, ofrece múltiples servicios ambientales de los que se abastece la comunidad circundante, lo que ha generado que a través del tiempo y con la creciente población y sus demandas por suplir sus necesidades, intensifiquen sus actividades económicas en la zona.

A pesar de que Galeras fue declarada zona protegida, resulta muy difícil terminar con las actividades económicas que se llevan desarrollando por años. Sus efectos se ven reflejados en el cambio de cobertura del lugar, pero también en la forma en la que el recurso hídrico está disponible.

Resulta interesante relacionar, como el accionar del hombre ha influido en el cambio de cobertura del área de influencia de Galeras y estas a su vez influyen en la oferta y demanda del recurso en esta zona y es precisamente este tema el que abordaremos en el siguiente documento.

Para el desarrollo de este trabajo se trabajó un método cuali – cuantitativo, con un enfoque analítico descriptivo que tiene como dirección hacia las temáticas de Geomántica y Gestión del Riesgo que se desarrollaron durante el Diplomado en Sistemas de información Geográfica que ofreció el departamento de Geografía de la Universidad de Nariño.

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Vulnerabilidad Ecológica por Cambio de Cobertura de la tierra en Relación a la Oferta
Hídrica Área de Influencia de Galeras 1989 – 2014.

2. PROBLEMA

2.1 Formulación del Problema

¿Cómo ha influenciado el cambio de cobertura de la tierra a la vulnerabilidad ecológica en relación con la oferta hídrica en el área de influencia de Galeras en el periodo 1989 – 2014?

2.2 Descripción del Problema

Con el pasar del tiempo, el aumento de la población y las actividades económicas que se ejerce en área de influencia de Galeras, han hecho que el hombre transforme el paisaje que habita de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando.

Además de ello, demanda gran cantidad de servicios, el más importante, es el recurso hídrico que se ha visto afectado por el desarrollo de las sociedades, a medida que crece la población crece la demanda de este preciado líquido. Galeras es considerado una estrella hídrica de la que se benefician varios municipios circundantes a él y este por ser un ecosistema tan importante fue declarado zona de protección lo que ha facilitado la conservación, pero esto no quiere decir que tantos años de crecimiento población y de actividades económicas no hayan surtido efecto en el entorno. Es muy difícil erradicar todo tipo de intervención en la zona más factores socioculturales y económicos afectan la oferta ambiental que ofrece el lugar Uno de los servicios que ofrece y el más importante que ofrece Galeras es el recurso hídrico que tiene relación directa con la creciente población, pues a medida que esta última aumenta lo hace la demanda hídrica, pero por la intervención se ve afectada la oferta que el área tiene.

Esta transformación de los espacios naturales, ha dado como resultado la pérdida fauna silvestre y de especies de flora endémicas en Galeras, que se deriva de la intervención humana de sus actividades domésticas y productivas, afectando directamente en la oferta hídrica y que

finalmente la población del área de estudio se verá afectada. Lastimosamente la recuperación de estos ecosistemas es demorada y nunca se recupera lo perdido afectando así las propiedades, funciones y servicios que ofrecen.

3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo tiene como propósito identificar como la dinámica de cambio de cobertura influencia en la variación de la oferta y demanda hídrica que ofrece el área de estudio y como desde una perspectiva de vulnerabilidad ecológica, está siendo afectada la población que se surte de las fuentes hídricas del área de influencia de Galeras

Se tomó como referencia el área de influencia de Galeras, pues es un ecosistema estratégico y alrededor de esta zona se ha desarrollado la población que ha ejercido durante varios años presión sobre el ambiente, aprovechando los servicios que este le ofrece. Una de las principales características para que una población se asiente en determinado lugar es la oferta hídrica. Galeras especialmente es considerado una estrella hídrica, favoreciendo las condiciones habitables y económicas, incrementando con el pasar de los años la población así mismo las demandas de la misma. Debido a las características del lugar, desde el año 1985 se declaró esta zona como Santuario de Flora y Fauna, esto ha favorecido para que se implementen prácticas públicas de conservación y que sea de interés gubernamental, pero se ve la necesidad de seguir reuniendo esfuerzos por seguir contribuyendo a su conservación.

Si bien es importante saber con qué servicios se cuenta en la actualidad, también es significativo conocer el pasado del área de influencia de Galeras, conocer la dinámica de cambio, como el hombre ha transformado el territorio además de aprovechar sus beneficios ambientales y especialmente identificar como el cambio de cobertura influye en la oferta hídrica y como la población se ve afectada por ello.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Establecer la influencia de la vulnerabilidad ecológica del cambio de cobertura de la tierra en el área de influencia de Galeras, asociada a la oferta hídrica en el periodo 1989 – 2014.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la cobertura de la tierra para el área de influencia de Galeras para el periodo en 1989 y en el 2014.
- Determinar las condiciones de oferta y demanda hídrica en el área de influencia de Galeras.
- Comparar la dinámica de la cobertura de la tierra con las variaciones de la oferta y la demanda hídrica en relación con la vulnerabilidad ecológica en el área de estudio para el periodo de 1989 – 2014.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 Localización del Área de Estudio

El área de influencia de Galeras se localiza al suroeste de Colombia en el Departamento de Nariño, a 9 kilómetros de la capital San Juan de Pasto, se encuentra localizado a unos 4.276 m.s.n.m, fue declarado el Santuario de Flora y Fauna Galeras en el año de 1985, lo que ha permitido orientar procesos hacia la conservación del ecosistema y es una de las cinco zonas protegidas en la región.

Para la definición del área de estudio se tomó referencia la vía circunvalar al Galeras, ya que es alrededor del volcán donde se desarrolla las socioeconómicas del lugar, el área de estudio tiene un total de 32.424 ha y sus límites municipales se han identificado así:

Al norte limita con los municipios de Nariño y La Florida, al sur con Yacuanquer y Tangua, al oriente con el municipio de Pasto, en el cual toma una pequeña parte del área urbana y al occidente con Ancuyá y Sandoná

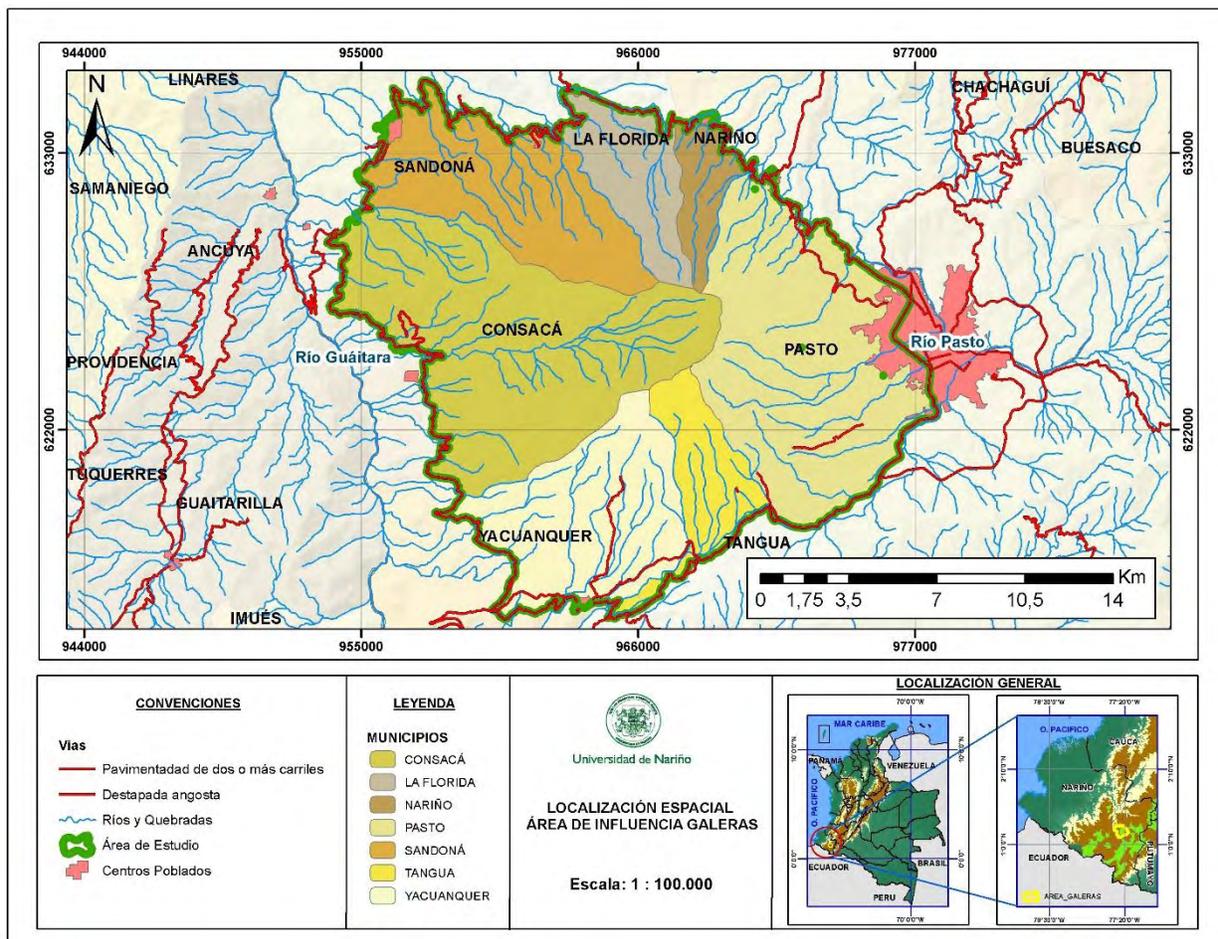


Figura 1: Localización Espacial Área de Influencia de Galeras

6. MARCO CONCEPTUAL

Para comprender las características de esta investigación se hace necesario identificar, analizar y aclarar algunos conceptos que se relacionan en este trabajo.

Amenaza: un fenómeno, sustancia actividad humana o condición peligrosa que puedan ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad y perdida de medios de sustento y de servicios trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. De acuerdo con el origen pueden clasificarse en Antropogénicos, naturales y sicionaturales.

(UNISDR. Terminología Sobre Reducción del Riesgo de Desastres, 2009, p. 05)

“Riesgo combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas” (UNISDR, 2009, p. 29)

Vulnerabilidad: las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los que hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. (UNISDR, 2009, p. 35)

Para el desarrollo de esta investigación, se tomara como referencia al autor Wilches Chaux, quien habla sobre los conceptos antes mencionados definiéndolos así:

Amenaza entendida también como “la probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual una comunidad es vulnerable. (Wilches Chaux 1993, p 44)

En referencia al riesgo Wilches (1993) dice que es “cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio que ocupa una comunidad determinada, que se vea vulnerable a ese fenómeno”. (p 44)

En cuanto a la vulnerabilidad el mismo autor dice que es la “incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”. (Wilches Chau. 1993, p 44)

Pero además en su ensayo Wilches (1993) dice que la vulnerabilidad es un “sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular, a esta interacción la denomino vulnerabilidad global. (p 23) y profundiza en el término de vulnerabilidad dándole diferentes ángulos como lo son el natural, física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, institucional y ecológica, es esta ultima la que se tomara como referencia para desarrollar el siguiente trabajo.

Vulnerabilidad Ecológica: nuestro modelo de desarrollo, no basado en la convivencia, sino en la dominación por destrucción de los recursos del ambiente, tenía necesariamente que conducir a unos ecosistemas por una parte altamente vulnerables, incapaces de autoajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana, y por otra, altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan. (Desde un punto de vista más global,

sería igualmente válido afirmar que los altos riesgos surgen de la tentativa de autoajuste, por encima de sus límites normales de los ecosistemas alterados). (Wilches Chau. 1993, p 37)

Uno de los proceso cartográficos para el resultado de este trabajo es la aplicación de herramientas SIG, que darán parte de los insumos para el desarrollo del documento, de esta manera a continuación se citan algunos de los conceptos que se usan durante el proceso.

Sistemas de información geográfica: un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. Laboratorio Unidad Pacífico Sur CIESAS.
Recuperado de: <https://langleruben.wordpress.com/>

Un aspecto importante en esta investigación es la Cobertura del suelo o de la tierra, ya que en muchas clasificaciones y leyendas se la confunde con la definición de uso de la tierra (Land use): La cobertura de la tierra (Land), es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la Tierra (Earth). Cuando nos remitimos pura y estrictamente a la cobertura de la tierra, debería estar restringido a la descripción de la vegetación y elementos antrópicos. Consiguientemente, áreas donde la superficie terrestre consiste en afloramientos rocosos o suelo desnudo están describiendo la tierra (Land) propiamente y no la cobertura de la tierra. Así mismo, es discutible si debiésemos considerar realmente a los cuerpos de agua como cobertura de la tierra. Sin embargo, en la práctica, la comunidad científica usualmente incluye a estos elementos dentro el

término cobertura de la tierra. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP), Cooperazione Italiana, 2005.

La cobertura de la tierra es otro de los ítems importantes de esta investigación, ya que al conocer los diferentes tipos de cobertura existentes, tanto en el año 1989 y el 2014 podremos identificar los cambios a lo largo de los 25 años en los que se efectúa esta investigación, lo que permitirá realizar finalmente la relación entre la vulnerabilidad ecológica y la oferta hídrica en área de influencia de Galeras.

Así mismo “una eficiente evaluación de la cobertura de la tierra y la habilidad de monitorear sus cambios, son actividades fundamentales para el manejo sostenible de los recursos naturales, protección medioambiental, seguridad alimentaria y programas humanitarios exitosos” (FAO, UNEP y Cooperazione Italiana, 2005)

IDEAM, 2010, dice que las coberturas de la tierra proporcionan información fundamental para diversos procesos nacionales como los mapas de ecosistemas, conflictos de uso del territorio, ordenación de cuencas y del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, y los inventarios forestales, sólo por citar algunos. (p. 72)

Posteriormente una vez se tiene ya los mapas de cobertura para los años 1989 y 2014 respectivamente, se procede a realizar el cruce de estos mapas para dar paso al análisis multitemporal que este análisis, se hace mediante el uso de imágenes satelitales que pueden ser Landsat, Aster, Sport, Rapidey, entre otras, que permitan una buena visibilidad del área que se

quiere estudiar, sin cobertura de nubes y con buena resolución, esto dependiendo de la escala de trabajo, dichas imágenes deben ser de la misma zona pero en diferentes periodos de tiempo, en este caso de investigación las imágenes deben ser del año 1989 y 2014, respectivamente, teniendo un rango de tiempo de 25 años.

Este estudio comparativo de las imágenes a estudiar permite identificar cambios de la cobertura de la tierra que se den de manera natural o que sea por la acción que el hombre tiene en la zona, estos cambios pueden ser tanto positivos, cuando haya una regeneración de la vegetación o de la disminución de la intervención del hombre en sitios estratégicos como los páramos; cambios negativos cuando se han perdido grandes extensiones de vegetación natural como de selva alto andina o de los mismo páramos, por la acción del hombre o por causas naturales cuando se dan grandes deslizamientos, o cuando existen quemas por situaciones como el fenómeno del niño, permitiendo un acercamiento a las problemáticas socioeconómicas que están afectando a dicha zona de estudio.

Sabemos que el recurso hídrico es importante para las comunidades, aún más conocer la oferta que el lugar ofrece, para suplir las necesidades que la población alrededor de Galeras necesita y para ello se realizó el balance hídrico que a continuación se explica.

Balance hídrico y oferta: La oferta hídrica se basa, fundamentalmente, en la ecuación del balance hídrico, que es la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido como ecuación de continuidad. Este establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante un determinado tiempo, la diferencia entre las entradas y las salidas están condicionadas por la variación del volumen de agua almacenada. La ecuación del balance hídrico para cualquier zona

o cuenca natural, o para cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo, y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua. (García, Vargas, Sánchez, González, y Jaramillo, 2010)

Para la estimación de la evapotranspiración se empleó el método de la ecuación de Turc. Esta ecuación calcula directamente la evapotranspiración real teniendo en cuenta la temperatura, la cual fue tomada como el promedio ponderado de acuerdo al área de influencia de las estaciones de registro ubicadas en el entorno regional.

Este es un método de cálculo aproximado y además de fácil aplicación, puesto que no requiere variables difíciles de medir, y cuya expresión es la siguiente:

$$ETR = \frac{P}{\frac{0.9 + P^2}{(L(t))^2}^{0.5}}$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real anual (mm)

P=Precipitación media anual (mm)

L (t)= Parámetro heliotérmico expresado así: $300+25t+0,05 t^2$

t= temperatura media anual (°C)

Si, $P^2(L(t))^2 \leq 0.1 \Rightarrow ETR=P$

Así entonces la escorrentía hídrica superficial o flujo superficial se define como parte de la precipitación que fluye por la superficie del suelo y se concentra en los cauces y cuerpos de agua.

Es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. En el balance hídrico se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración en suelo; está en función de las características topográficas, geológicas, climáticas y de vegetación de la cuenca, y está íntimamente ligada a la relación entre aguas superficiales y subterráneas de la cuenca. (García et al. 2010)

Para el IDEAM (2010) la “demanda hídrica se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no trópicos”. (p. 171).

“La extracción y por ende la utilización del recurso implican la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros excluyentes”. (IDEAM. 2010, p 172)

7. .MARCO LEGAL

Esta investigación tiene como base normativa las siguientes disposiciones legales

- **Constitución Política de Colombia 1991:** por lo cual se reglamenta los derechos colectivos y del ambiente.

Artículo 79. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. A través de este artículo se reconoce el derecho de todas las personas de disfrutar de un ambiente sano.

Artículo 80. El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación y su restauración, además controlará los factores de deterioro ambiental.

- **Ley 99 de 1993:** Por la cual se crea El Ministerio Del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones.

- **Decreto Ley 2811 de 1974:** reglamentado parcialmente por los decretos 1715 de 1978 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

- **Decreto 1729 de 2002 Cuencas Hidrográficas:**

Dentro de sus generalidades están los conceptos básicos que se aplican a una cuenca hidrográfica, tales como su delimitación espacial, sus usos y ordenación, y es ahí donde en el capítulo 2 en los siguientes numerales, alude:

1. el carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser considerados áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables.

2. Las áreas a que se refiere el literal anterior, son de utilidad pública e interés social y por lo tanto deben ser objeto de programas y proyectos de conservación, preservación y/o restauración de las mismas.

3. en la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá la prioridad sobre cualquier otro uso y deberá ser tenido en cuenta en la ordenación de la respectiva cuenca hidrográfica.

4. Prevención y control de la degradación de la cuenca, cuando existan desequilibrios físicos o químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad de la misma o cualquiera de sus recursos, especialmente el hídrico.

5. Prever la oferta y demanda actual y futura de los recursos naturales renovables de la misma, incluidas las acciones de conservación y recuperación del medio natural para asegurar su desarrollo sostenible.

6. Promover medidas de ahorro y uso eficiente del agua.

7. Considerar las condiciones de amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar el ordenamiento de la cuenca.

8. Los regímenes hidroclimáticos de la cuenca en ordenación.

Lo anterior da las directrices para el presente proyecto, puesto que está vinculado con el propósito del mismo.

8. METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo se enmarca dentro de la de la línea de investigación Ordenamiento Territorial y Ambiental, del departamento de Geografía de la universidad de Nariño y hace parte del requisito para optar el título de Geógrafa en la modalidad de Diplomado, se ajusta a las temáticas dadas por el Comité Curricular dirigidas hacia la Geomática y Gestión del Riesgo, donde se aplica un tipo de investigación cuali-cuantitativa y un enfoque analítico descriptivo, teniendo en cuenta esto y para el buen desarrollo de esta investigación se ha desarrollado unas fases metodológicas que garanticen el cumplimiento de con los objetivos de la misma.

Se debe resaltar que gran parte de la información necesaria para el desarrollo de este documento, fue suministrada por medio del grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales TERRA de la Universidad de Nariño.

De esta manera tenemos 5 fases descritas de la siguiente manera:

8.1 Fase 1. Revisión de la Información Secundaria

Inicialmente se definió la zona de trabajo y la escala del mismo, que para este caso es de 1: 100.000, se procedió a buscar todo aquel material bibliográfico que pudiera servir de consulta, enriquecer, o servir de guía para el desarrollo de esta investigación. Se recurrió así, al banco de información con el que cuenta el grupo de investigación TERRA, encontrando así como

referencia el Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental para la Identificación y Delimitación a escala 1:100.000 del Complejo de Páramos La Cocha-Patascoy” (2014), donde se trabajan algunos los ítems a desarrollar en esta investigación como lo es, la cobertura y cambios de la tierra, balance hídrico. Además de otras fuentes como el IDEAM, DANE, POT y EOT y caracterización en general del complejo volcánico Galeras, que sirvan de complemento para este trabajo.

8.2 Fase 2. Revisión y Selección de Información Cartográfica

Se identificó información cartográfica base y temática del área de estudio y teniendo como base Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental para la Identificación y Delimitación a escala 1:100.000 del Complejo de Páramos La Cocha-Patascoy” (2014), se revisó la cartografía base y temática generada del estudio y se la adapto al área de influencia de Galeras, para el año 1989 y 2014.

8.2.1 Selección de las planchas topográficas.

Definidas la escala de trabajo que es 1: 100.000, se definieron las planchas topográficas a trabajar correspondientes a la cartografía base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) obteniendo las planchas 426IA, 426ID, 429IB, 426IIA, 426IIC, 429IIIB, 429IC Y 429IVA, con las cuales se definió como punto de referencia la vía circunvalar de Galeras y alrededor de ella se delimita el área de estudio.

8.2.2 Revisión y selección de imágenes satelitales.

Del banco de Imágenes con el que cuenta el grupo TERRA, se revisaron y seleccionaron las imágenes satelitales correspondientes a la zona de estudio, en las que se tuvieron en cuenta cuáles tiene buena resolución, para la escala de trabajo, poca cobertura de nubes que permita una fácil interpretación de la cobertura de la tierra y se genere una información confiable. Las imágenes que se emplearon para este trabajo fueron dos Landsat correspondientes a los años 1989 y 2014 con una resolución de 30 metros.

8.2.3 Análisis e interpretación de las imágenes satelitales.

Definida la escala, el área de estudio, y las imágenes con las que se va trabajar, se inicia con el procesamiento que se hace mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica SIG, con el programas ArcGis 10.1, con el que se va a trabajar para la identificación de la cobertura de la tierra para el año 1989 y 2014, usando como base fueron dos la información temática de cobertura tomado del “Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental para la Identificación y Delimitación a escala 1:100.000 del Complejo de Páramos La Cocha-Patascoy” (2014), se adaptan estos shapefiles de cobertura al área de estudio y se procesan nuevamente, esto se hace para los dos años de estudio y se generaliza la nueva información para que aquellos polígonos que no cumplan con UMM, se incorporen a su cobertura más cercana . Una vez se tengan los nuevos shapefiles de cobertura y usando la herramienta *Intersect* de ArcGis que me permitirá obtener un nuevo shapefile con los cambios de cobertura en el área de influencia de Galeras.

8.2.4 Adaptación de la metodología corine land cover.

Esta es una metodología que fue adaptada para Colombia para la realización del proyecto en la cuenca Magdalena – Cauca. Esta metodología permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de imágenes de satélite de resolución media (Landsat) para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000, IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. p. 29 (2008), siendo esta misma escala de trabajo de esta investigación y aplicando la misma unidad mínima de mapeo que para el caso es de 25 hectáreas. Esta metodología en su Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra establece 6 niveles de clasificación de cobertura que varían de acuerdo a la escala de trabajo y la UMM.

En relación a este trabajo por su escala y la UMM, se identificaron 3 niveles de clasificación dados de la siguiente manera para este estudio:

Tabla 1:

Leyenda General Coberturas Área de Influencia Galeras

1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS
1.1 Zonas Urbanizadas
1.1.1 Tejido urbano Continuo
1.1.2 Tejido urbano Discontinuo
1.2 Zonas Industriales o Comerciales y Redes de Comunicación
1.2.1 Zonas Industriales
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS
2.1 Pastos
2.1.1 Pastos Limpios
2.1.2 Pastos Arbolados
2.1.3 Pastos Enmalezados
2.2 Áreas Agrícolas Heterogéneas
2.2.1 Mosaico de Cultivos
2.2.2 Mosaico de Pastos y Cultivos
2.2.3 Mosaico de Cultivos Pastos y Espacios Naturales.
2.2.4 Mosaico de Pastos con Espacios Naturales
2.2.5 Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales

Tabla 1 continuación

3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES
3.1 Bosques
3.1.1 Bosque Denso
3.1.2 Bosque Fragmentado
3.1.3 Bosque Ripario
3.1.4 Plantación Forestal
3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
3.2.1 Herbazal de Páramo
3.2.2 Arbustal de Páramo
3.2.3 Arbustal
3.2.4 Vegetación Secundaria o en Transición
3.3 Áreas Abiertas sin o con Poca Vegetación
3.3.1 Afloramientos Rocosos
3.3.2 Tierras Desnudas y Degradadas
4. SUPERFICIES DE AGUA
4.1 Aguas Continentales
4.1.1 Lagunas Naturales

Fuente: esta investigación.

8.2.5 Elaboración de los mapas temáticos.

Una vez procesada y ajustada la información de cartografía base, cartografía temática al área de estudio a escala 1: 100.000 y con la UMM de 25ha, según la Metodología Corine Land Cover – Leyenda Nacional de Coberturas se generaran los insumos para realizar los mapas que para este caso van a ser cinco de la siguiente manera

- Mapa localización área de estudio
- Mapa cobertura de la tierra año 1989
- Mapa de cobertura de la tierra año 2014
- Mapa de cambio de cobertura de la tierra.

- Mapa de localización de Estaciones Climatológicas (que en la fase 3 se especifica cómo se seleccionaron)

8.3 Fase 3. Balance Hídrico

8.3.1 Selección de estaciones

Para la zona de estudio se seleccionaron 5 estaciones pluviométricas para los datos de precipitación y climatológicas para las de temperatura y se usaron datos históricos teniendo en cuenta los periodos correspondientes a las últimas dos normales climáticas, que son datos de los últimos años y que sirven para caracterizar un área y van de 1971 – 2000 y de 1981 - 2010 para relacionarlas con el periodo de estudio de 1989 a 2014. Estos datos se seleccionaron de la base obtenida del IDEAM, para cada periodo respectivamente.

8.3.2 Identificación del área, por subzonas hidrográfica.

Una vez seleccionadas las estaciones y los datos, para el área de influencia de galeras se aplicó la fórmula de balance hídrico, teniendo en cuenta las subzonas hidrográficas que hacia el occidente corresponde a la Subzonas Hidrográfica del Río Guitara y hacia el lado oriental con la Cuenca del Rio Pasto que hace parte de la Subzona Hidrográfica del Río Juanambu.

8.3.3 Aplicación de la fórmula de balance hídrico.

Ya con los datos de precipitación y temperatura para las dos normales climáticas, se desarrolla la ecuación de continuidad que permite obtener datos de evapotranspiración (ETR) y escorrentía. Como ya se mencionó anteriormente, se tomó el área de influencia de Galeras por subzonas hidrográficas para realizar el balance hídrico, teniendo como resultado que para la subzona hidrográfica del Rio Guitara se tomaron dos estaciones y para a cuenca del rio Pasto son tres

estaciones. Complementando estos datos se necesita el área total de cada cuenca para finalmente obtener el promedio de oferta de caudal para cada cuenca en cada una de las normales climáticas. De este proceso se obtuvieron graficas con los resultados que se posteriormente se relacionaran con las coberturas.

8.4 Fase 4. Demanda Hídrica

Para esta fase, se consultó datos del Estudio Nacional de Agua 2010, de donde se obtuvieron datos de la demanda de agua teniendo en cuenta los municipios que hacen parte del área de estudio y se los contrastó con datos de población obtenidos de las proyecciones de población para el año 1989 y 2010.

8.5 Fase 5. Elaboración y Estructuración de los Resultados

Después de haber recopilado, revisado, seleccionado, ajustado, analizado e interpretado la información obtenida de estas fases, se inicia con la elaboración y estructuración del documento final donde se relaciona vulnerabilidad ecológica, cambio de cobertura en relación con la oferta y demanda hídrica para el área de influencia de Galeras para el periodo de 1981 – 2014 y así cumplir con los objetivos de este documento.

9. DISEÑO METODOLÓGICO

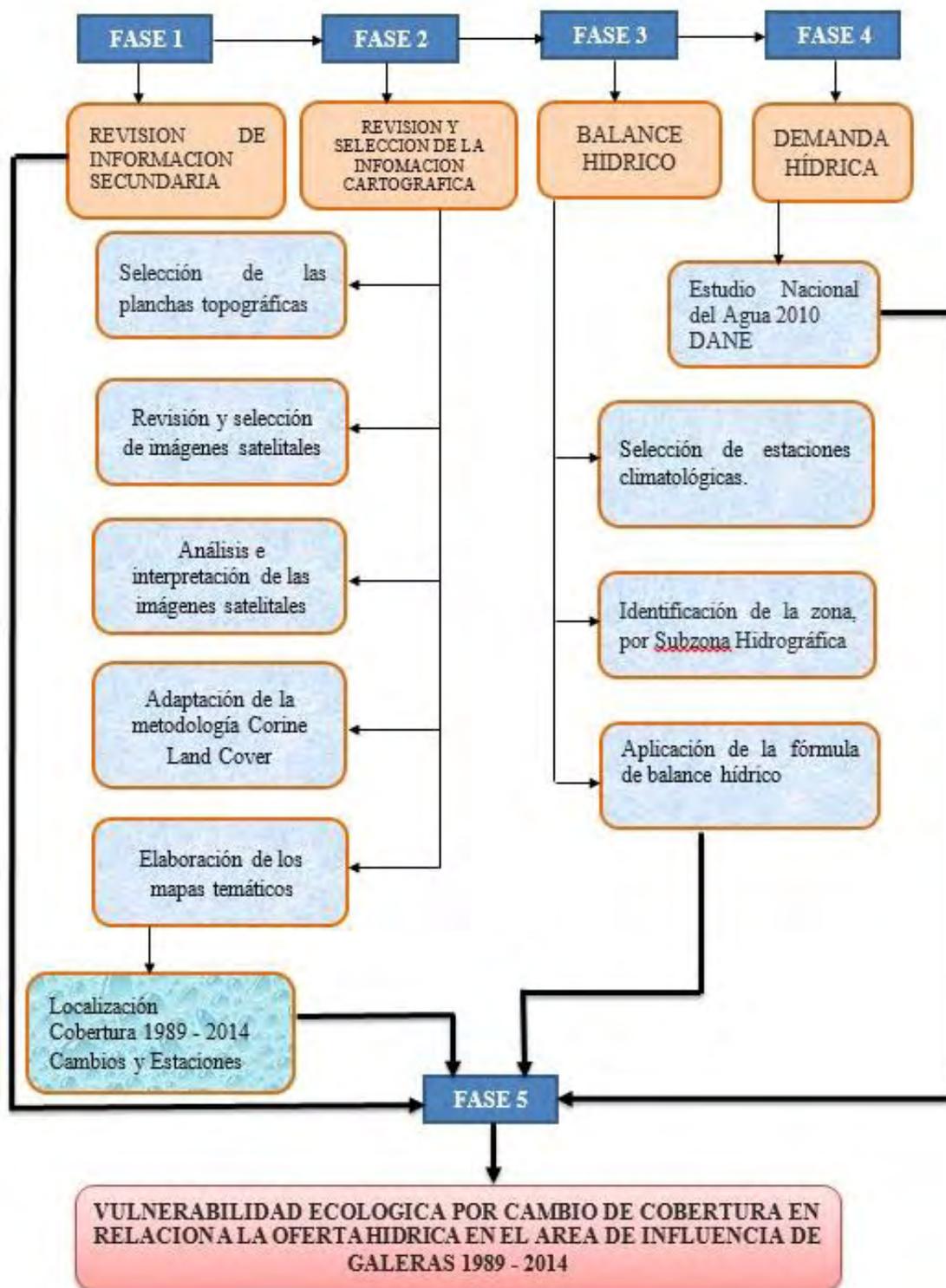


Figura 2: Diseño Metodológico. Fuente: esta investigación.

10. RESULTADOS

Para la delimitación de la zona de estudio se tomó como referencia el volcán Galeras siguiendo la vía circunvalar para su delimitación, hacen parte de ella cinco municipios y tiene un área de 32.342 ha.

10.1 Cobertura de la Tierra 2014

La caracterización físico biótica del estudio de cobertura de la tierra permite la descripción de la superficie terrestre en diferentes tipos de coberturas como vegetación, actividades agropecuarias, expansión urbana entre otras, las cuales se identificaron para el área de influencia de Galeras para el año 2014, en el mapa de cobertura de la tierra a escala 1:100.000 (ver anexo 2), teniendo en cuenta la metodología Corine Land Cover (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2007).

Para obtener dicho mapa se trabajó con una imagen satelital Landsat 8 de los años 2013 y 2014, con una resolución de 30 mts, que se obtuvieron a través del banco de imágenes satelitales del Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales TERRA, se usaron dos imágenes de diferentes años para compensar algunas zonas donde había cobertura de nubes. Así mismo se usó el programa Google Earth, para tener una visualización mejor de ciertas áreas donde se tenía dudas con respecto a ciertas coberturas.

Teniendo como referencia la información del Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental para la Identificación y Delimitación a escala 1:100.000 del Complejo de Páramos La Cocha-Patascoy” (2015), se adapta el shapefile de cobertura, al área de estudio de Galeras y se empieza a editar cada polígono y a darle una categoría teniendo en cuenta la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, el contrastar las dos imágenes ayudo a la identificación y así mismo

se tuvo en cuenta teniendo en cuenta información fotográfica de experiencias de campo anteriores que sirvieron para afianzar la categorización de los polígonos. De acuerdo a esto se logró llegar en algunas zonas al cuarto nivel, donde la unidad mínima de mapeo (UMM) lo permitía, pero para la uniformidad de la información y para obtener el mapa de cambios se usó la información obtenida hasta el tercer nivel. La metodología permite asignarle un “código” o “nomenclatura”, como se denominó en este trabajo y así poder manipular mejor la información.

La escala de trabajo para Galeras es de 1:100.000, por consiguiente como dice la metodología la unidad mínima de mapeo es de 25ha, es decir que todo polígono o cobertura que se haya identificado con menos de ese hectárea, se lo suma al polígono más cercano y que se relacione con la cobertura, pero existen algunos casos en los que se hicieron excepciones como por ejemplo con los cueros de agua y áreas de urbanización ya que a la hora de hacer el cruce de las capas, para obtener cambios, me dará un valor de expansión urbana, o sedimentación del agua si se da el caso.

Según la figura 3 la mayor actividad de la zona de estudio corresponde polígonos donde se existe una intensa actividad agrícola con un 57.87% del área de estudio, seguido de los bosques y áreas seminaturales con un 38.48%, con un área mucho menor, están los territorios artificializados que corresponden al 3.59% y por último con un 0.6% tenemos la cobertura de superficies de agua.

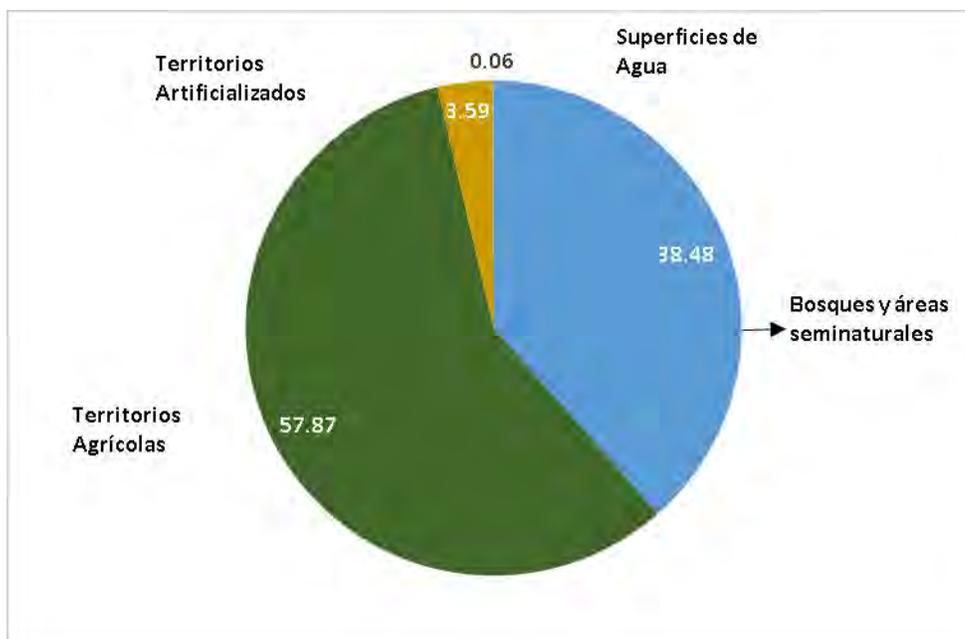


Figura 3 Distribución Porcentual de la Cobertura de la Tierra Nivel 1 Año 2014.

Fuente: esta investigación.

Como resultado de este procesamiento tenemos que para la cobertura del año 2014, se clasificaron 4 tipos de cobertura, de nivel 1, 8 muestras de nivel 2 y finalmente para el nivel 3 de cobertura resultaron 22 muestras, de acuerdo a la metodología.

Tabla 2:*Leyenda Cobertura 2014*

NIVEL_1	NIVEL_2	NIVEL_3	NOMENCLATURA	AREA_HA	%N_1		
Bosques y áreas seminaturales	Áreas abiertas	Afloramiento rocoso	Bsa	455.56	38.48		
	sin o con poca vegetación	Tierras desnudas y degradadas	Bsd	58.99			
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva		Arbustal de páramo	Bvr		1,190.51	
			Arbustal	Bva		1,619.75	
			Herbazal de páramo	Bvp		2,250.14	
			Vegetación secundaria o en transición	Bas		309.31	
	Bosques		Plantación forestal	Bbp		338.86	
			Bosque denso	Bbd		5,514.19	
			Bosque fragmentado	Bbf		600.96	
			Bosque ripario	Bbr		106.64	
	Territorios agrícolas	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos	Am1		5,051.05	57.87
			Mosaico de pastos y cultivos	Am2		4,372.66	
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales			Am3	709.08			
Mosaico de pastos con espacios naturales			Am4	734.92			
Mosaico de cultivos con espacios naturales			Am5	411.23			
Pastos			Pastos limpios	Aol	6,854.48		
			Pastos enmalezados	Aoe	229.00		

Tabla 2: continuación.

		Pastos arbolados	Aoa	353.47	
Territorios artificializados	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Zonas industriales	Tii	58.68	3.59
		Tejido urbano continuo	Tuc	699.15	
	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	Tud	403.25	
		Superficies de agua	Aguas continentales	Lagunas naturales	Sal
			TOTAL	32,342.1	100.00

Fuente: esta investigación.

De esta manera la distribución de las coberturas de nivel 3 (ver anexo 2) a escala 1:100.000 se encuentran mapificado de la siguiente manera:

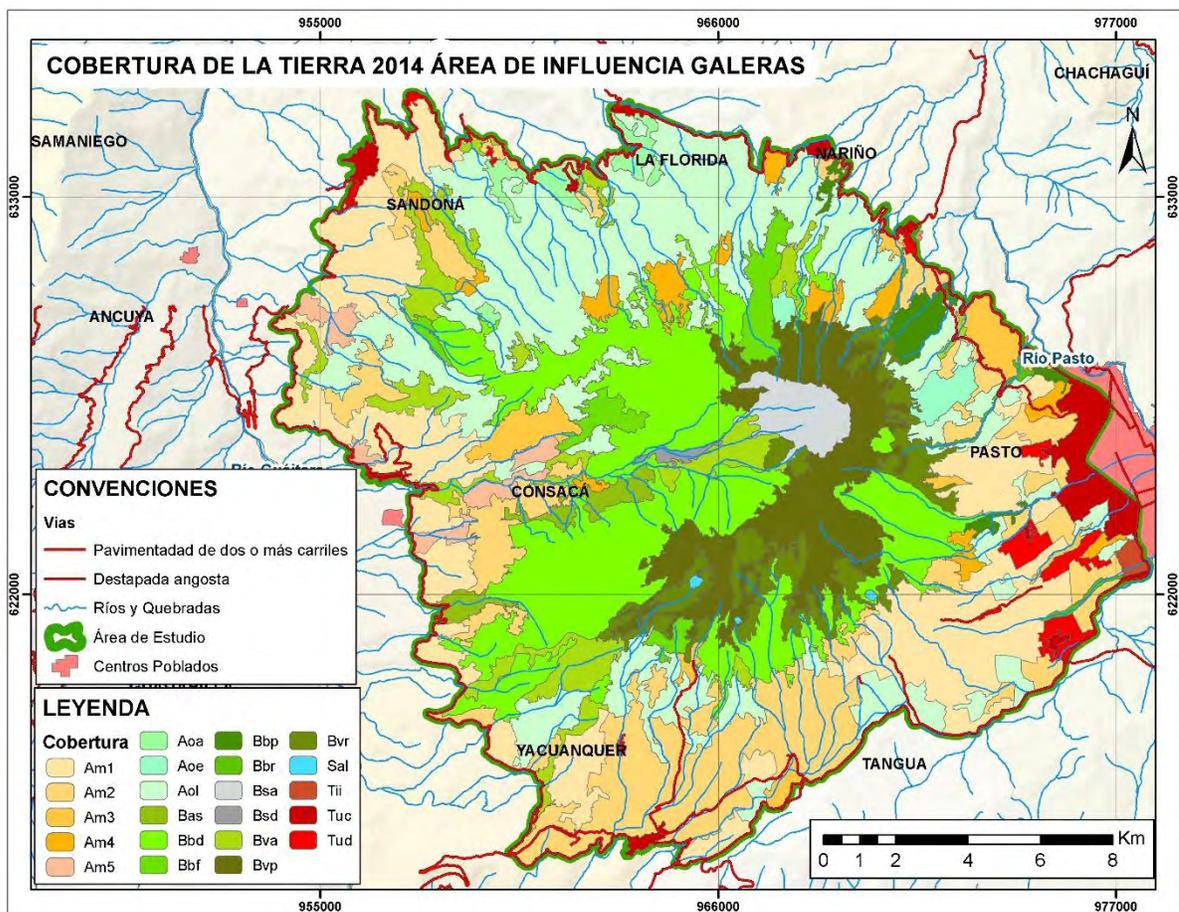


Figura 4 Mapa Cobertura 2014, nivel 3. Fuente: esta investigación.

10.2 Cobertura de la Tierra 1989

En relación a la cobertura 1989, se usó una imagen Landsat correspondiente al mismo año y en base a una interpretación con la combinación de bandas y ara algunos sitios donde se tenían dudas, se usó Google Earth Pro, en la opción “muestra de imágenes históricas” ubicando esta línea de tiempo hasta el año 1989 y se despejaron dudas en aquellas zonas donde resultaba difícil la interpretación de coberturas.

Según la figura 5 de la distribución porcentual de cobertura la mayor ocupación del área de estudio está dada por los territorios agrícolas con un 58.66%, seguido de los bosques y áreas seminaturales con 39.14%, los territorios artificializados corresponden al 2.14% y las superficies de agua con 0.06%

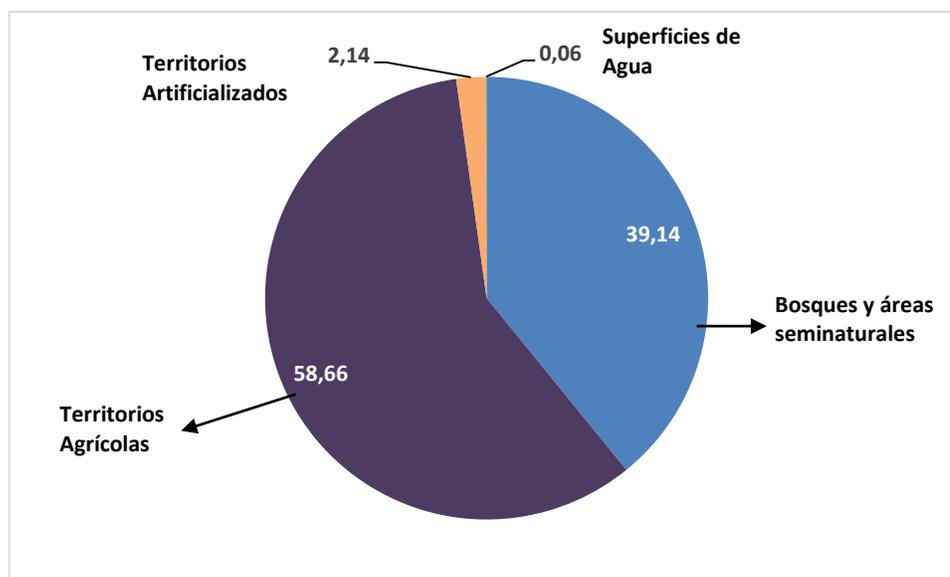


Figura 5 Distribución Porcentual de la Cobertura de la Tierra nivel 1 Año 1989

Fuente: esta investigación.

Como resultado de este procesamiento tenemos que para la cobertura del año 1989, se clasificaron 4 tipos de cobertura, de nivel 1, 8 muestras de nivel 2 y finalmente para el nivel 3 de cobertura resultaron 21 muestras, una menos que en la cobertura 2014.

Tabla 3: Leyenda Cobertura 1989

NIVEL_1	NIVEL_2	NIVEL_3	NOMENCLATURA	AREA_HA	N_1%		
	Áreas	Afloramiento rocoso	Bsa	455.56			
	abiertas sin o						
	con poca			58.99			
	vegetación	Tierras desnudas y degradadas	Bsd				
Bosques y áreas seminaturales	Áreas con	Arbustal de páramo	Bvr	1,144.01	39.14		
	vegetación	Arbustal	Bva	2,053.81			
	herbácea y/o			2,363.16			
	arbustiva	Herbazal de páramo	Bvp				
		Plantación forestal	Bbp	240.78			
	Bosques		Bosque denso	Bbd		5,114.27	
			Bosque fragmentado	Bbf		1,150.74	
			Bosque ripario	Bbr		76.40	
	Territorios agrícolas		Mosaico de cultivos	Am1		5,654.24	58.66
		Mosaico de pastos y cultivos	Am2	5,168.62			
Áreas agrícolas			Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	Am3	1,265.66		
		heterogéneas		Mosaico de pastos con espacios naturales	Am4	411.64	
			Mosaico de cultivos con espacios naturales	Am5	723.74		
Pastos			Pastos limpios	Aol	5,154.42		
			Pastos enmalezados	Aoe	255.25		
			Pastos arbolados	Aoa	338.49		
Territorios artificializados		Zonas industriales o comerciales y	Zonas industriales	Tii	58.68	2.14	

Tabla 3: continuación

redes de					
comunicación					
Zonas	Tejido urbano continuo	Tuc	485.71		
urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	Tud	147.72		
Superficies	Aguas				
de agua	continentales	Lagunas naturales	Sal	20.18	0.06
			TOTAL	32,342.1	100.00

Fuente: esta investigación.

De esta manera la distribución de las coberturas de nivel 3 (ver anexo 3) a escala 1:100.000 se encuentran de la siguiente manera:

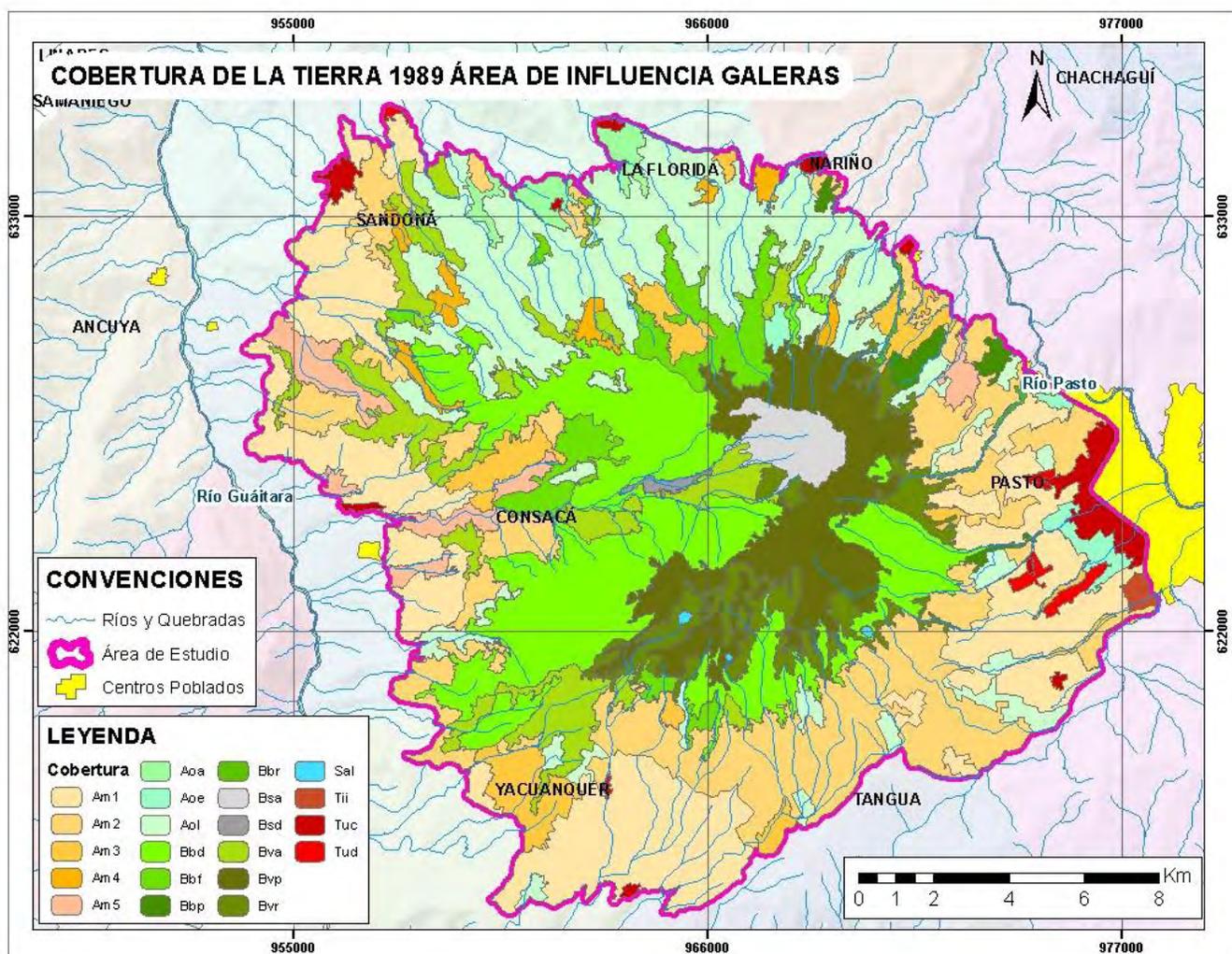


Figura 6: Mapa cobertura 1989, nivel 3. Fuente: esta investigación.

10.3 Cambios

Una vez se tiene listos los shapefile de cobertura 2014 y la de 1989, con la herramienta de Arcgis “Intersect” se cargan las capas a cruzar, primero la más antigua y después la más nueva. De este proceso se obtiene un shapefile, el cual se necesita depurar, ya que existen polígonos muy pequeños y en base a la unidad mínima de mapeo de la escala de trabajo, que es 25 ha, a este valor se le saca la raíz cuadrada y se obtiene la unidad mínima de mapeo para el mapa de

cambios en este caso se dejaron los polígonos mayores a 5 ha, el resto se con la herramienta “Eliminate” de la caja de herramientas de ArcGis, se unen al polígono que tenga más relación.

Para definir el tipo cambio, no existe una metodología que direcciona cada cambio correspondiente a cada cobertura, para este caso se tomó como referencia la matriz de cambios generada para el Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental para la Identificación y Delimitación a escala 1:100.000 del Complejo de Páramos La Cocha-Patascoy” (2014). La cual se obtuvo a través del cruce de cada una de las coberturas por cada una de ellas, e infiriendo que cambio se daría. Para los casos donde la misma cobertura se cruza con ella misma el cambio se denominó “sin cambio, en otros casos donde el cambio no se daría se le asigno “no aplica” una vez adaptada la matriz al estudio (ver anexo 6), identificando cada cambio se depuro aquellos polígonos en los que no había cambio y el mapa final solo contiene los lugares donde se registraron cambios.

Como se muestra en la figura 7 se muestra el cambio de la cobertura que se han presentado sobre estas áreas, en las coberturas de páramos la tendencia es a disminuir para el año 2014 con excepción del arbustal de páramos que indica un leve aumento, en cuanto a las coberturas boscosa existe una variación entre aumento y disminución en los dos años y para las zonas donde la actividad agropecuaria en la mayoría para el año 2014 disminuyen pero esto se debe porque pasan de una asociación de mosaicos a otra y una porción pequeña a la regeneración.

Generalmente lo que se esperaría es que las actividades antrópicas aumentaran en al pasar los años, pero hay que recordar que Galeras desde el año 1985 se declaró Santuario de Flora y

Fauna, hecho que ha facilitado proceso de regeneración en algunos sectores, en otros que no aumente la frontera agrícola y en otros que se cambie el tipo de actividad económica que se da en el lugar y las diferentes acciones que las entidades han llevado a cabo en este lugar se ven evidenciadas con los resultados obtenidos. Esto no quiere decir que se haya dejado de intervenir, es solo un indicio de lo favorable de tener una figura de protección en zonas como estas.

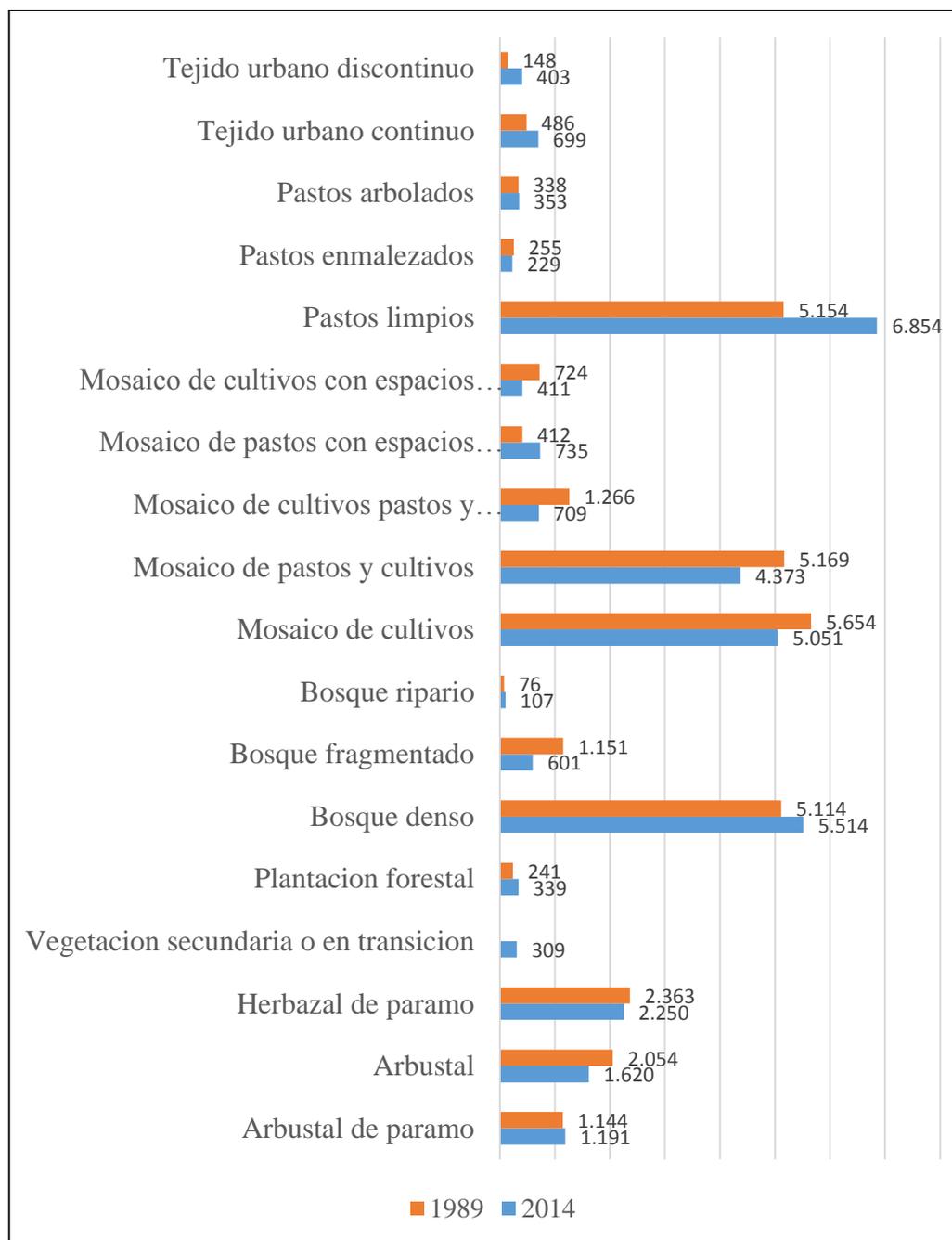


Figura 7: Cambios Cobertura de la Tierra (hectareas) 1989 – 2014. Fuente: esta investigación

Como resultado final en la tabla 4 que resulta del cruce de las cada cobertura entre sí, se obtuvieron 9 tipos de cambio que cubren un área de 10.338 ha. Entre los 3 principales tipos de cambio tenemos la intervención agropecuaria con 26.7% del cambio y un; área de 2.768 ha,

seguida de la intervención pecuaria con un 26.3% del área y cuenta con 2.719 ha y el tercer lugar es para la intervención agrícola con 17.8% y un área de 1.840 ha. A continuación se discriminan cada uno de los tipos de cambios encontrados en la zona de estudio.

Tabla 4: Leyenda Cambios Área de Influencia de Galeras

Cambios	Área Ha	(%)
Paramización	57.09	0.55
Intervención Pecuaria	2719.06	26.30
Intervención Agropecuaria	2768.93	26.78
Regeneración/Restauración	1535.01	14.85
Intervención Agrícola	1840.07	17.80
Intervención forestal	139.15	1.35
Deforestación	553.86	5.36
Intervención multipropósito con deforestación	262.92	2.54
Urbanización	462.67	4.48
Total	10338.77	100.00

* (%) Porcentaje de Cambios. Fuente: esta investigación.

Finalmente en la figura 8 se muestra el mapa con los resultados anteriormente obtenidos. (Ver anexo 4).

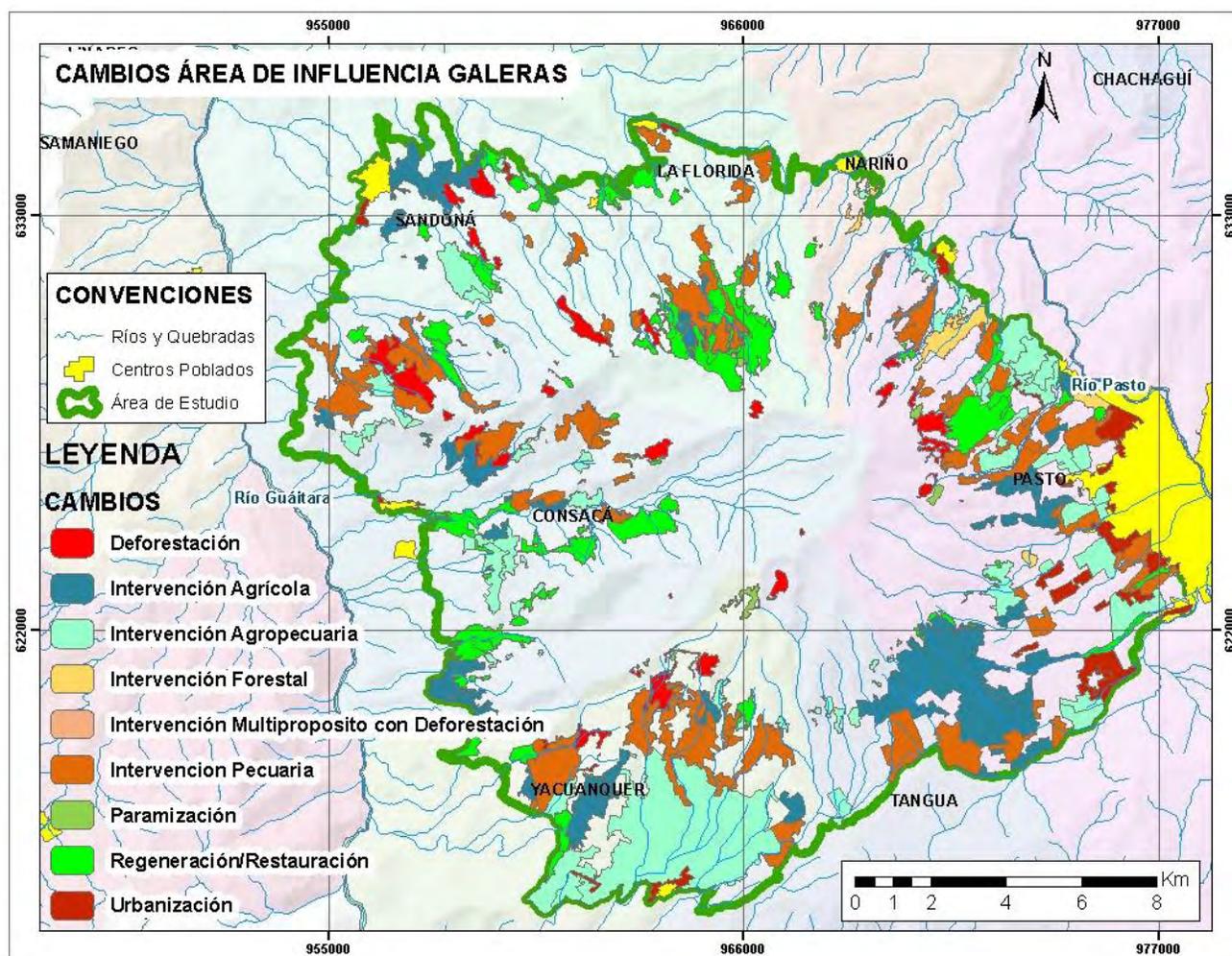


Figura 8: Mapa Cambios de Cobertura de la Tierra 1989 – 2014. Fuente: esta investigación.

10.4 Balance Hídrico

Sabemos que Galeras es considerado como una estrella hídrica y que abastece del preciado líquido, a diferentes municipios, no solo para consumo humano sino también para el desarrollo de las actividades que allí se desarrollan. La oferta hídrica es un factor importante dentro de los servicios ecosistémicos que ofrece Galeras, y es el ítem a desarrollar en esta investigación, que permita lograr establecer su relación entre la vulnerabilidad ecológica y el cambio de coberturas. Para ello se desarrolla la aplicación de la ecuación la ecuación de compacidad expresada así:

$$ETR = \frac{P}{\frac{0.9 + P^2}{(L(t))^2}^{0.5}}$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real anual (mm)

P=Precipitación media anual (mm)

L (t)= Parámetro heliotérmico expresado así: $300+25t+0,05 t^2$

t= temperatura media anual (°C)

Para el balance hídrico en el área de influencia de Galeras, se subdivido la zona teniendo en cuenta las subzonas hidrográficas, es así que tenemos que hacia el lado oriental de Galeras se toma la cuenca del rio Pasto y el área calculada se toma en base a todos los tributarios que nacen de Galeras y desembocan en Pasto, por lo tanto el área de la cuenca de Pasto corresponde a la suma de las áreas de microcuencas y escurrimientos directos que bajan de Galeras hasta el rio Pasto y lo mismo sucede para la cuenca del rio Guaítara el área calculada corresponde a la suma

de las áreas de microcuencas y escurrimientos directos que bajan de Galeras hasta el río Guaítara y que incluye o se superpone con las áreas municipales.

Para el desarrollo de la ecuación se deben tener como base datos de precipitación y de temperatura, estos datos se obtuvieron a través del IDEAM y es información que viene dada para un promedio de 30 años, lo que se conoce como una normal climática, para efectos de esta investigación se toma como referencia para el año de 1989 se usó la normal climática que va desde 1971 - 2000 y para el año 2014 la treintena de 1981 - 2010

Para el área de influencia se usaron cinco estaciones, con datos de precipitación, temperatura que se obtuvieron a través del IDEAM de los promedios climáticos para cada treintena, con los que se calculó la evapotranspiración real (ETP), la escorrentía, la oferta hídrica y el caudal de oferta. A continuación se muestra la localización de las estaciones seleccionadas.



Figura 9: Localización Estaciones. Fuente: esta investigación.

Para el balance hídrico de la cuenca del río Guaitara, con datos de dos estaciones y en función de la temperatura y la precipitación, se calculó la evapotranspiración (ETR), escorrentía, a partir del área de la cuenca se obtiene el caudal neto de la oferta y el promedio para cuenca, en los dos periodos, teniendo los siguientes resultados para los dos periodos.

En la estación Sandoná, tenemos una evapotranspiración de 672.66mm, una escorrentía de 46.931mm, con el área de la cuenca de la oferta del caudal neta que en este caso tiene un valor de 2.965 m³/s.

Para la estación de Bomboná tenemos una evapotranspiración (ETR) de 676.162mm, una escorrentía de 482.638mm, con el área de la cuenca obtuvimos que la oferta del caudal neto es de 3.065 m³/s. finalmente, ya con estos valores podemos obtener el promedio total de oferta de la cuenca para el periodo de 1971 – 2000 con un valor de 3.015 m³/s

Así mismo para el periodo comprendido entre 1981 – 2010, en la estación de Sandona tiene una evapotranspiración de 671.048mm, una escorrentía de 444.152mm y a partir del área que es la misma para los dos periodos, el valor de la oferta neta del caudal es de 2.821 m³/s.

Para la estación de Bombona tenemos una evapotranspiración de 660.826mm, una escorrentía de 404.574mm, una oferta neta del caudal de 2.569 m³/s para obtener el promedio total de oferta de la cuenca para el periodo de 1981 – 2010 de 2.695 m³/s.

Tabla 5:*Balance Hídrico cuenca del Río Guaítara*

Periodo 1971 - 2000								
Estación	Precipitación (mm)	Temperatura °C	Evapotranspiración Real – ETR	Escorrentía (P-ETR)	Área Ha	Caudal Oferta m3/S	Caudal Oferta Neta	Promedio Oferta de Caudal de la Cuenca
Sandoná	1139.6	19.7	672.669	466.931	40083	5.931	2.965	3.015m3/s
Bombona	1158.8	19.7	676.162	482.638	40083	6.130	3.065	
Periodo 1981 - 2010								
Estación	Precipitación (mm)	Temperatura °C	Evapotranspiración Real – ETR	Escorrentía (P-ETR)	Área Ha	Caudal Oferta m3/S	Caudal Oferta Neta	Promedio Oferta de Caudal de la Cuenca
Sandoná	1115.2	19.9	671.048	444.152	40083	5.641	2.821	2.695
Bombona	1065.4	19.9	660.826	404.574	40083	5.139	2.569	m3/s

*Para Bombona se tomó la temperatura de Sandoná, ya que la estación de Bombona es pluviométrica. Fuente: esta investigación

En la cuenca del río Pasto, se tienen datos de tres estaciones teniendo los siguientes resultados para el periodo comprendido entre 1971 – 2000 en la estación de Nariño tenemos una evapotranspiración de 605.203mm, una escorrentía de 1536.697mm, una oferta neta de caudal de 3.121m³/s.

Para la estación del Aeropuerto Antonio Nariño tenemos una evapotranspiración de 689.588mm, una escorrentía de 608.312mm y una oferta neta de caudal de 1.236 m³/s.

En la estación de Obonuco tiene una evapotranspiración es de 502.984mm, con una escorrentía de 293.516 y una oferta neta de caudal de 0.596 m³/s, para un total de un promedio de la cuenca para este periodo de 1.651 m³/s

En el periodo comprendido entre 1981 – 2010 tenemos que para la estación de Nariño cuenta con una evapotranspiración de 605.928mm, una escorrentía de 1460.772mm y una oferta neta de caudal de 2.967 m³/s.

En la estación del Aeropuerto Antonio tiene una evapotranspiración de 675.240mm, una escorrentía de 525.160mm y una oferta neta de caudal de 1.067 m³/s

Finalmente para la estación de Obonuco tiene una evapotranspiración de 510.922mm, escorrentía de 315.478mm y una oferta neta de caudal de 0.641 m³/s, para un total del promedio de la cuenca de 1.558 m³/s.

Tabla 6:*Balance Hídrico Cuenca del Río Pasto*

Periodo 1971 - 2000								
Estación	Precipitación (mm)	Temperatura °C	Evapotranspiración Real – ETR	Escorrentía (P-ETR)	Área Ha	Caudal Oferta m3/S	Caudal Oferta Neta	Promedio Oferta de Caudal de la Cuenca
Nariño	2141.9	12.8	605.203	1536.697	12819	6.242	3.121	
Aeropuerto Antonio Nariño	1297.9	19.2	689.588	608.312	12819	2.471	1.236	1.651 m3/s
Obonuco	796.5	12.8	502.984	293.516	12819	1.192	0.596	
Periodo 1981 - 2010								
Estación	Precipitación (mm)	Temperatura °C	Evapotranspiración Real – ETR	Escorrentía (P-ETR)	Área Ha	Caudal Oferta m3/S	Caudal Oferta Neta	Promedio Oferta de Caudal de la Cuenca
Nariño	2066.7	12.9	605.928	1460.772	12819	5.934	2.967	
Aeropuerto Antonio Nariño	1200.4	19.2	675.240	525.160	12819	2.133	1.067	1.558 m3/s0
Obonuco	826.4	12.9	510.922	315.478	12819	1.282	0.641	

Fuente: esta investigación

En referencia a las tablas 5 y 6 respectivamente, tenemos una variación de temperatura, pero que por el resultado de los datos de la evapotranspiración y la escorrentía, esta no es condicionante para el aumento o disminución de los mismos. Caso contrario, si tomamos como referencia los datos arrojados por la escorrentía miramos que está a medida que disminuye lo hace también la precipitación y por ende la evapotranspiración, entonces tenemos que el condicionante en este balance hídrico es la precipitación. Valores que para los diferentes periodos van disminuyendo, la variación no es mucha pero esto se ve reflejado finalmente en el resultado del promedio de la oferta, que teniendo en cuenta todos los datos este si se ve drásticamente disminuida. Especialmente en la cuenca del río Pasto donde las actividades agropecuarias del sector se evidencia mucho más. Más adelante en el documento veremos cómo estos datos se ven relacionados con los cambios de cobertura y la vulnerabilidad ecológica.

10.5 Demanda Hídrica

La demanda hídrica, entendida esta como “la extracción hídrica de cualquier fuente, ya sea permanente o de forma temporal, del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano” ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA. Capítulo 5, p. 171. (2010).

Esta información se la discrimino en base a los siete municipios que hacen parte del área de estudio, con datos de proyecciones de población obtenidos del DANE, para los dos años de estudio y de demanda hídrica que se lograron a través de la información del Estudio Nacional del Agua (2010).

Tabla 7:*Demanda Hídrica 1989 2010*

Municipios	Población 1989	Demanda Hídrica 1989 Mm3 Anual	Población 2010	Demanda Hídrica 2010 Mm3/Anuales
Pasto (área urbana)	299,942	13.43	411,697	18.44
Nariño (2000)	3,859	0.02	4,518	0.02
La Florida	13,375	0.17	10,295	0.13
Sandoná	25,571	0.81	25,503	0.81
Consacá	10,251	0.14	9,852	0.13
Yacuanquer	7,921	0.15	10,477	0.20
Tangua	12,732	0.20	10,251	0.16

* Para los datos de la demanda hídrica se tomó la información obtenida del Estudio Nacional del Agua 2010, a nivel municipal, la población son datos de proyecciones que se obtuvieron del DANE.

Fuente: del Estudio Nacional del Agua 2010 y DANE.

10.6 Discusión

Una vez se procesaron todos los datos y con los resultados de podemos llegar al tercer objetivo específico de esta investigación, que es el de comparar la dinámica de cobertura con las variaciones de oferta y demandad hídrica en el área de estudio

La relación del hombre con los ecosistemas está ligada directamente de acuerdo a lo que estos le puedan ofrecer, con el pasar de los años el hombre ha transformado estos espacios teniendo en cuenta sus necesidades, sin medir consecuencia alguna, sobre la perdida de especies naturales, pero sobre todo sin tener en cuenta el efecto que la pérdida o cambio de coberturas puede

representar en la oferta de servicios como por ejemplo el recurso hídrico, vital para el desarrollo de la vida.

En la zona de estudio que es el área de influencia de Galeras, su transformación ha sido lenta en los últimos 30 años, esto debido a la condición de protección que posee, pero esto no significa que dicha intervención no se haya dado, o no se siga dando, pues estos cambios se vienen dando desde hace mucho tiempo atrás.

Entonces la pregunta es cómo ese cambio de coberturas a tiene relación con la oferta hídrica del área de estudio y que tiene que ver con la vulnerabilidad ecológica que propone Wilches Chaux.

Sabemos ya que la vulnerabilidad ecológica habla de la destrucción de los recursos del ambiente y que estos son incapaces de ajustarse a los efectos directos o indirectos que causa el hombre (Wilches Chaux. 1993), debemos tener en cuenta que esta es una condición que el mismo hombre crea, tratando de solventar sus necesidades sin tener reparo alguno por administrar bien lo que el medio le ofrece, somos una sociedad consumista que no se detiene a pensar en las consecuencias de sus actos y es solo cuando nos sentimos en riesgo empezamos a tomar medidas ya cuando el daño está hecho.

En cuanto al cambio de coberturas y teniendo en cuenta la figura 7 en donde se relaciona los cambios de los años 1989 y 2014, se evidencia que en cuanto a las coberturas naturales en la mayoría la tendencia es a disminuir, otras como el bosque denso aumenta, esto quiere decir que existe algún tipo de regeneración, para las coberturas que tiene que ver con las actividades agropecuarias, si bien la figura 7 muestra en algunos casos aumento y en otras disminución, estas

hacen su transición entre sí, solo en muy pocas áreas se ve algún tipo de regeneración, esto se debe en gran parte a la declaratoria de la zona de protección con la que cuenta Galeras que ha influenciado a la recuperación en algunos sectores de la vegetación natural y a disminuir la intervención agropecuaria que se venía dando.

En relación a la oferta hídrica del lugar, están directamente relacionadas las coberturas naturales principalmente las coberturas que tienen que ver con vegetación de páramo pues son ellas las encargadas de la regulación y provisión del recurso hídrico, para la población principalmente aledaña al volcán y la que se localiza en las zonas urbanas alrededor del área de influencia de Galeras, así mismo y no menos importantes las coberturas como las de bosque cumplen una función de barrera o zona de transición entre la cobertura natural de páramo y la frontera agrícola y sirven de soporte, ante dicha intervención.

Hacia la zona occidente del área de estudio en la cuenca del río Guaitara principal actividad económica está ligada a los mosaico de cultivos y pastos, como se puede observar en los mapas de cobertura de la tierra, para los dos años, dicha actividad agropecuaria hace que las coberturas naturales como arbustales o bosque denso principalmente, se vean amenazadas ya que su límite poco a poco se va acortando y a pesar de tener la figura de protección con la que cuenta galeras existen pequeños sectores donde aún se realiza intervención de algún tipo, esto da como resultado de la actividad de algunos asentamientos que viven en límites del parque o cerca de él y que se sirven del mismo para diferentes usos domésticos y así como también de tipo productivo.

Hacia el oriente, en la cuenca del río Pasto, la actividad en que ocupa la mayoría de las zonas productivas es de tipo agropecuario, en su mayoría con coberturas de los diferentes mosaicos para los dos años, aunque para el año 1989 se ven algunos parches de pastos, estos con el paso del tiempo han sido remplazados por cultivos o mosaicos de cultivos, hacia este sector el área deforestada es menor, pero su relación con la demanda hídrica es mayor, ya que en esta zona se localiza el área urbano de capital del departamento, que ha influenciado en la dinámica de este sector.

De acuerdo al balance hídrico anteriormente expuesto tenemos una disminución de esorrentía que está asociada a la disminución de precipitación, que se evidenció en los resultados obtenidos, esto nos lleva a pensar en una primera posibilidad de afectación por cambio climático, que afectan estos cambios, pero que no es el objeto de discusión de esta investigación, la segunda opción tiene que ver con la poca capacidad que tiene el suelo de retener el agua producto de la lluvia y es esta posibilidad la que se acerca más a la relación con los cambios de cobertura que tiene que ver directamente con la deforestación.

Al seguir interviniendo esas coberturas naturales, disminuye la esorrentía y por ende la oferta de agua que tiene el lugar, esto se ve reflejado en los resultados del promedio de la oferta hídrica que para el caso de la cuenca del río Guaitara para el periodo de 1971 a 2000 es de $3.015 \text{ m}^3/\text{s}$ y para el periodo de 1981 – 2010 el valor es de $2.695 \text{ m}^3/\text{s}$, la oferta promedio de esta cuenca se ve disminuido en $320 \text{ m}^3/\text{s}$, coincidiendo con la alta deforestación que existe hacia esta zona del área de estudio, si se tiene en cuenta la población aquí varía mucho ya que en unos municipios aumenta y en otros disminuye, lo que hace que la demanda de agua también tenga cierta variación, si bien tanto la oferta como la demanda bajan hacia este sector, otra situación

condicionante es la actividad agropecuaria que se da, ya que como vemos en los mapas de cobertura se sigue dando una transformación de coberturas naturales a zonas productivas.

Para la cuenca del río Pasto se tienen unos valores para el periodo de 1971 – 2000 de 1.651 m³/s y para el periodo de 1981 – 2000 de 1558 m³/s, aunque la oferta promedio de la cuenca no ha disminuido mucho pues solo bajo en un 93 m³/s y la deforestación para este sector no es mucha, pero existen cambios de cobertura en los que existe una combinación de mosaicos de cultivos pastos y espacios naturales, que también se clasifican como áreas de deforestación, pero además podríamos decir que la población del lugar ha jugado un papel importante, aunque desde el año 1989 a 2014 la población de Pasto del área urbana aumento un poco más de 100.000 habitantes, para el municipio de Nariño solo se tienen datos a partir del año 2000, cuando fue fundado y en 14 años su población aumento tan solo en 659 habitantes, además en esta cuenca, de las cinco estaciones en total para el área de estudio con las que se trabajó, la estación de Obonuco presenta un comportamiento diferente al resto de las estaciones usadas para el balance hídrico, ya que es en la única estación donde la precipitación, la evapotranspiración y la escorrentía aumentan, se podría inferir que en la zona puede haber algún tipo de regulación hídrica, y de conservación de coberturas naturales, pero para ello es necesario realizar un estudio más detallado a menor escala, y con otros ítems a desarrollar que permitan determinar las características de esta zona en particular.

En la zona de estudio el cambio de cobertura, especialmente de las naturales causa un efecto directo a la población principalmente a las que se encuentran ubicadas dentro de la zona protegida o en límites con el parque o zona de transición y en segundo plano pero no menos

importante a los centro poblados circundantes, como las cabeceras municipales, además de intervenirlas y cambiar su uso ponen en peligro la regulación y abastecimiento del recurso hídrico, como ya se había dicho la deforestación es el primer detonante para que la oferta hídrica del lugar cambie, ya que al desaparecer esas coberturas naturales propias del páramo la cantidad de agua que retiene el lugar se verá disminuido, esto afecta directamente a los acueductos veredales que se abastecen de las fuentes hídricas que nacen del páramo así como también los centro poblados de la circunvalar a Galeras, afectando tanto el agua que es de consumo humano, como la que se usa para las actividades productivas de la zona.

Otro factor a considerar tiene lugar en aquellas zonas donde la cobertura natural como la de bosque y arbustal ya que estas sirven de zona de transición entre el páramo y la frontera agrícola, estas coberturas son las primeras que desaparecen con el aumento de la frontera afectando algunas fuentes hídricas se pueden ver afectadas por la contaminación por pesticidas, o por los desechos de los animales, o por la mala disposición de residuos que pueden llegar hasta algún afluente cercano.

En el plan de Manejo del SSF Galeras dice que dentro del área de estudio, más específicamente al interior del santuario a marzo de 2015, cuenta con 10 concesiones de aguas superficiales otorgadas, a las cuales se les realiza seguimiento anual de las cuales se benefician 358 usuarios transitorios y a 1295 usuarios permanentes, existen 14 solicitudes de concesiones de aguas superficiales en trámite de legalización y 24 captaciones que no han podido ser legalizadas por problemas de uso, ocupación y tenencia. (2015, p. 40). Por lo cual se ve la necesidad de integrar generar políticas públicas de ordenamiento del recurso hídrico que permitan la

regulación y así mismo se protejan el ecosistema en general intentando dañar lo menos posible el ecosistema.

Ya sabemos que el alterar estas coberturas naturales como las de páramo cambia la calidad y cantidad del recurso hídrico que se ofrece, pero también se ve afectado el ecosistema, se pierde fauna y flora del lugar, ya que al modificar su ambiente cambia las características del entorno lo que permite que la vida de ciertas especies, en algunos casos endémicas, se desplacen hacia otro lugar menos seguro o que posteriormente se perdida y esto en conjunto hace que la dinámica del lugar cambie y así mismo cambia los servicios que ofrece el lugar. Pero el daño no solo se evidencia en los nacimientos de las fuentes hídricas, sino también en las partes bajas, donde la frontera agrícola avanza continuamente, ya que es alrededor de una quebrada o río donde se desarrollan dichas actividades y a partir de allí se comienzan a expandir.

Alrededor de Galeras existen muchos cultivos que se sirven de las quebradas o ríos cercanos, esto en función de que se garantice el agua para el desarrollo del cultivo, pero esto acarrea otros inconvenientes para el consumidor final que vendrían siendo poblaciones aledañas o las cabeceras municipales, el uso de agroquímicos en cultivos cercanos a estas fuentes hídricas y con la perdida de vegetación natural, alrededor de ellos que pueda absorber estas sustancias, permite que una parte de estos desechos lleguen directo a las fuentes hídricas, lo que finalmente hace que el proceso de purificar el agua para el consumidor final requiera de mucho más trabajo. En zonas donde se tenga un buen tratamiento del agua como es el caso de las cabeceras municipales.

Otro factor a considerar en la zona rural, es que el sistema de alcantarillado es deficiente y en algunos casos inexistente, donde las familias usan letrinas o pozos sépticos, al cabo de varios años las aguas residuales empiezan a filtrarse, abriendo camino y contaminando no solo aguas

subterráneas, cercanas que puedan existir, sino que también pueden encontrar el camino hacia alguna fuente hídrica cercana, acarreado otra fuente de contaminación

Finalmente que el ecosistema se vea vulnerado o que presente pérdida o cambio de coberturas naturales como las de páramo, o en zonas donde ya se ejerce alguna presión económica sobre el medio, la relación de causa y efecto son directa e inversa, podríamos decir, pues al transformar nuestro entorno natural, sin ningún control, la población que se sirve de él, se ve vulnerada frente a la disminución o aumento del recurso hídrico y esto lo podemos evidenciar frente a dos situaciones.

Cuando se pasa por una temporada seca, la oferta de agua baja, pero aun así se sigue con el suministro del recurso, pero cuando se dan condiciones secas extremas como las de un fenómeno del niño, la oferta de agua disminuye drásticamente y esto se evidencia en el corte del suministro del agua, temporalmente, en las cabeceras municipales. En la zona rural se puede presentar la desaparición temporal del cauce de una quebrada de la que se abastecía un grupo de familias, pero esto va más allá, pues al no haber lluvia, las zonas de pasto se secan, afectando el ganado que se alimenta de él, algunos cultivos se pierden por la falta de un sistema de riego, que garantice el crecimiento óptimo, generando pérdidas económicas a la población rural.

Caso contrario cuando hay un exceso en las lluvias, frente a un fenómeno de la niña, se podría pensar que durante esa época debería haber una sobre oferta del recurso, pero lo que se evidencia es que la calidad del servicio no es la mejor, ya que el suministro puede llegar con algunos residuos, porque este al llegar con fuerza acarrea muchos desechos que no son fáciles de filtrar. En la zona rural donde exista pendientes de moderadas a altas y que sean desprovistas de

cobertura natural, puede generar deslizamientos, tapando vías cercanas de comunicación, o contaminando los afluentes. O en algunos casos muy graves sepultando viviendas, causando pérdidas humanas. En las cabeceras municipales el inconveniente mayor se presenta frente a fenómenos de inundación, donde el cauce del río se desborda, afectando a viviendas y tapando la red de alcantarillado y vías del sector. Todo esto porque la intervención o cambio de cobertura ha dejado sin esas coberturas que sirven de amortiguamiento frente a situaciones extremas como las anteriormente expuestas, pues los desechos pueden viajar libremente hasta que se encuentran con alguna barrera.

En conclusión al vulnerar el ecosistema, se ve afectada la calidad y cantidad de agua que ofrece esta zona en particular y afecta directamente a la población que se abastece de las fuentes hídricas que Galeras ofrece.

11. CONCLUSIONES

- La cobertura de la tierra juega un papel importante en el flujo y regulación del recurso hídrico, especialmente aquellas que son naturales en áreas de páramo y aquellas como las de bosque y arbustal que sirven de zona de transición entre la frontera agrícola, estas últimas además ayudan a absorber todos aquellos efectos producto de las actividades productivas que se dan en la zona.
- Se evidenció que para los dos periodos de estudio la escorrentía disminuye, si la precipitación también lo hace y esto asociado a la deforestación, ha generado que con el pasar de los años en esta área disminuya su oferta hídrica y es una situación que tiende a aumentar, a un ritmo lento, por la condición de protección lo que ha ayudado a fomentar la conservación del ecosistema, pero que también se ve condicionado por el crecimiento de la población y la presión que ella ejerce sobre el ecosistema.
- Teniendo en cuenta los resultados de balance hídrico la tendencia de la evapotranspiración y escorrentía es a disminuir a medida que disminuye la precipitación, a excepción de una estación que es la de Obonuco, donde estos valores tienen un leve aumento, por lo que se podría inferir que hay una autorregulación del caudal, pero esto no quiere decir que no está exenta a ser susceptible a cambios de cobertura y cambios en la oferta hídrica.
- La variación del aumento o disminución de las proyecciones poblacionales tienen que ver directamente con la necesidad de la gente de buscar nuevas opciones de ingresos económicos, lo que lleva a emigrar de un sitio a otro, esto en referencia con la demanda hídrica, se tiene que para algunos municipios la demanda disminuye, pero se ve el aumento en la carga

que existe hacia el municipio de Pasto, donde podríamos inferir que emigro, debido al aumento de la población en este municipio.

- Es necesario que se sigan aplicando actividades de restauración y conservación con la población, principalmente la que se encuentra en inmediaciones de la zona de protección, que permita una regulación especialmente en aquellas zonas donde la presión que la frontera agrícola.

12. BIBLIOGRAFÍA

Universidad de Nariño – Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental para la Identificación y Delimitación a escala 1:100.000 del Complejo de Páramos La Cocha-Patascoy” 2015

UNISDR. Terminología Sobre Reducción del Riesgo de Desastres. 2009

Wilches Chaux G .La vulnerabilidad global. En Maskery A. (Ed). Los desastres nos son naturales. (1993, p 11-44) La Red. Tercer Mundo Editores, Colombia, p 44, 23,37

Laboratorio Unidad Pacífico Sur CIESAS. Recuperado de:

<https://langleruben.wordpress.com/>

DANE. Proyecciones Nacionales y Departamentales de Población 2005. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/conciliacenso/7_Proyecciones_poblacion.pdf. Acceso: Septiembre de 2017.

DANE. Proyecciones Nacionales y Departamentales de Población 2020. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/conciliacenso/7_Proyecciones_poblacion.pdf. Acceso: Septiembre de 2017.

García, M., Vargas, O., Sánchez, F., González, C. y Jaramillo, O. Estado y Dinámica del Agua en Áreas Hidrográficas de Colombia. Análisis integrado e indicadores hídricos. En García, M.,

Vargas O., Sánchez, F., González, C. y Jaramillo, O. Estudio Nacional del Agua 2010. Bogotá, Colombia

IDEAM, 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales. Bogota dcl. Anexo 2.

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA. Capítulo 5. p171. (2010).

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA DE LA TIERRA (LCCS), Versión 2: conceptos de Clasificación y Manual del Usuario. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP), Cooperazione Italiana. 2005

Decreto 1729 de 2002

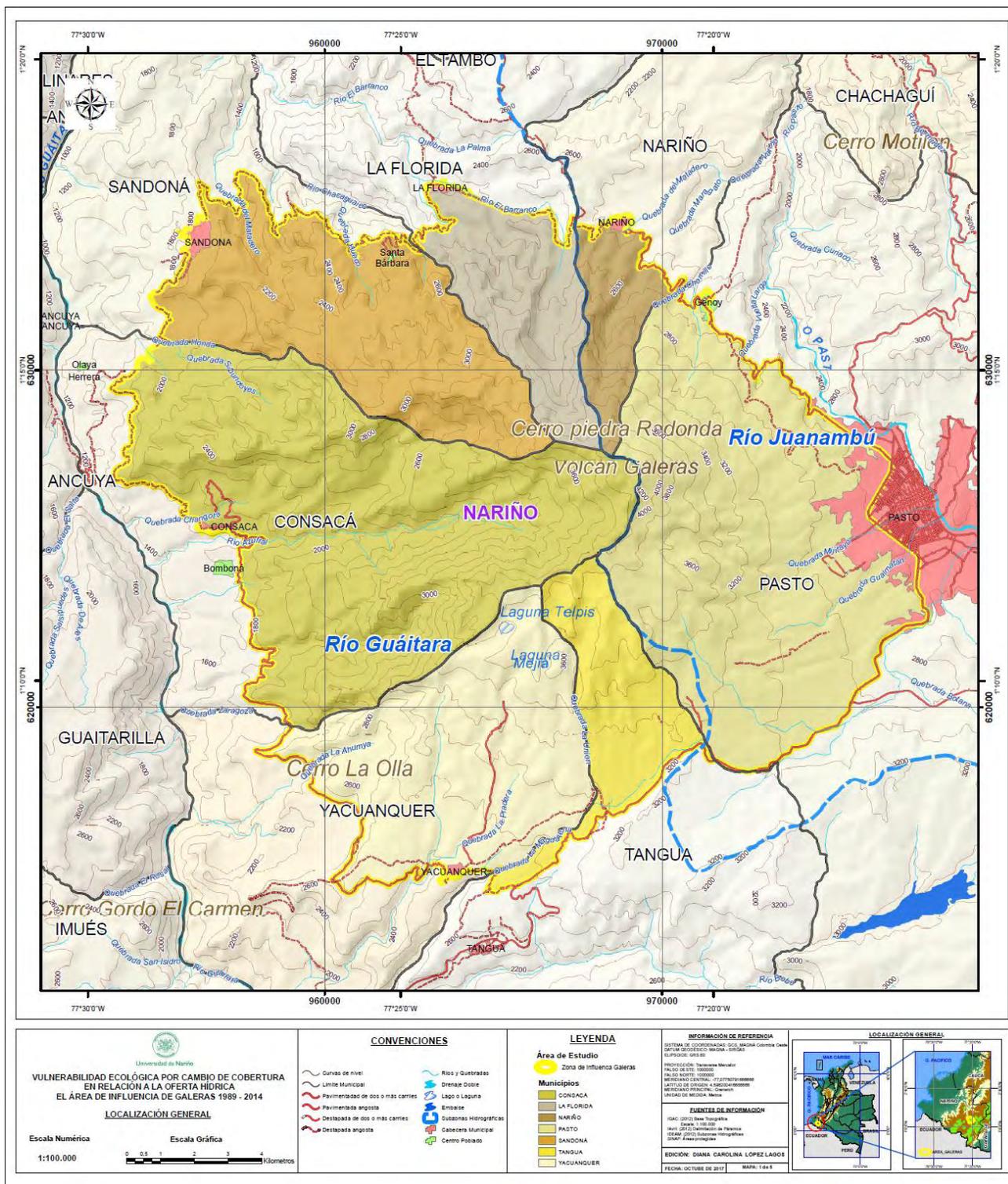
IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

IDEAM), IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000, Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico

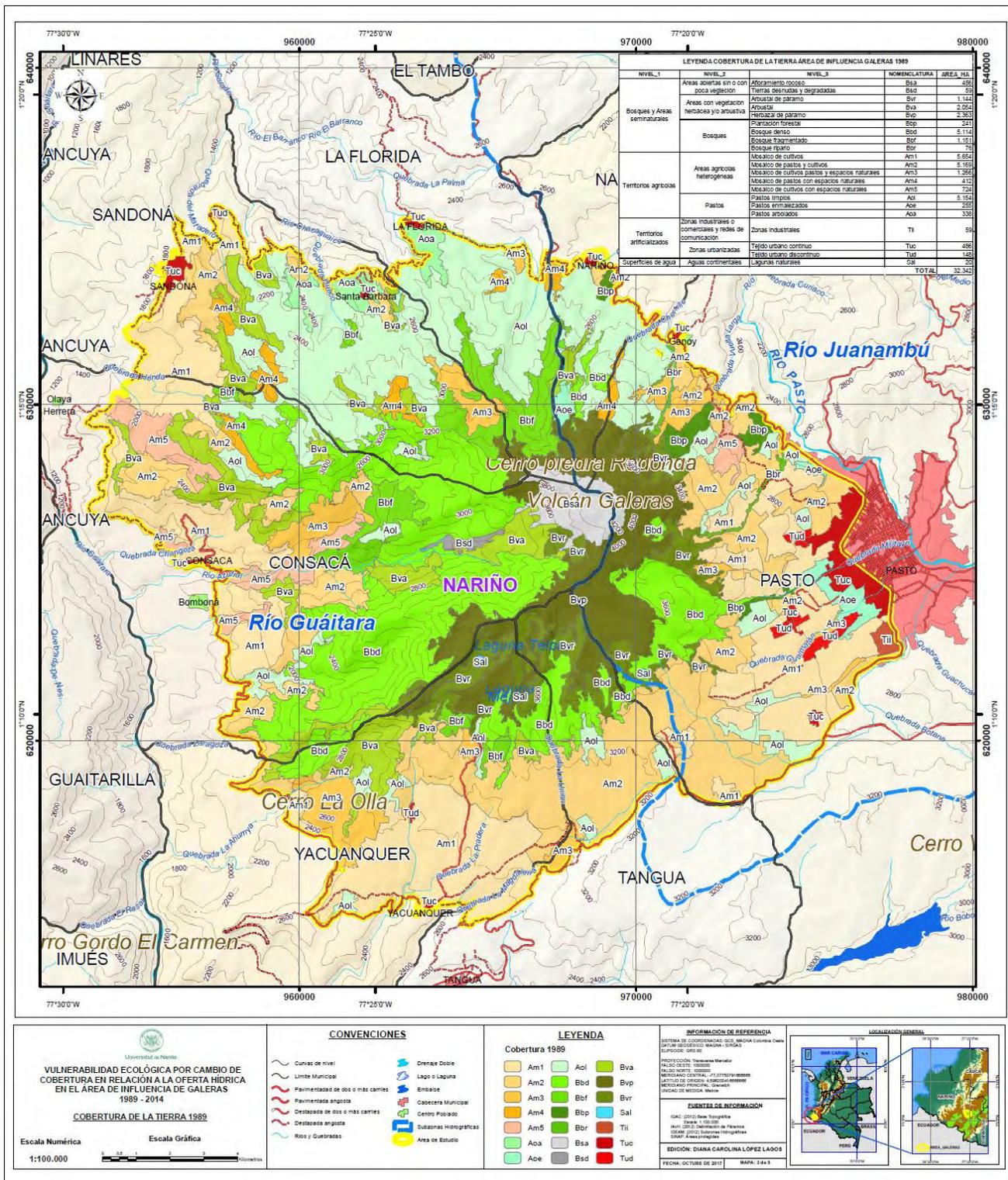
Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena. Bogotá, D.C. p29.

PLAN DE MANEJO SSF GALERAS. Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2015

13. ANEXOS

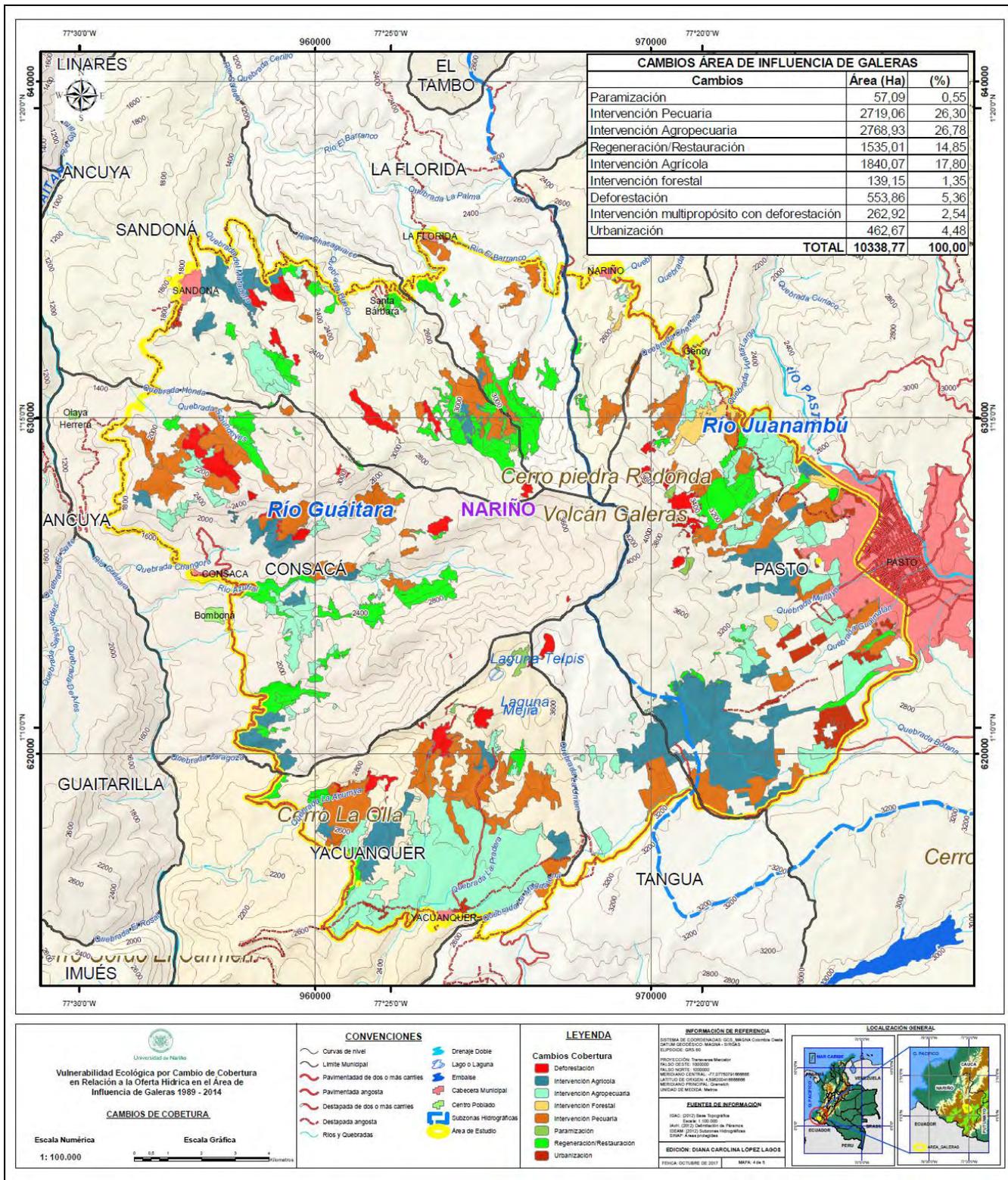


Anexo 1: Localización General Área de Estudio
 Fuente: esta investigación

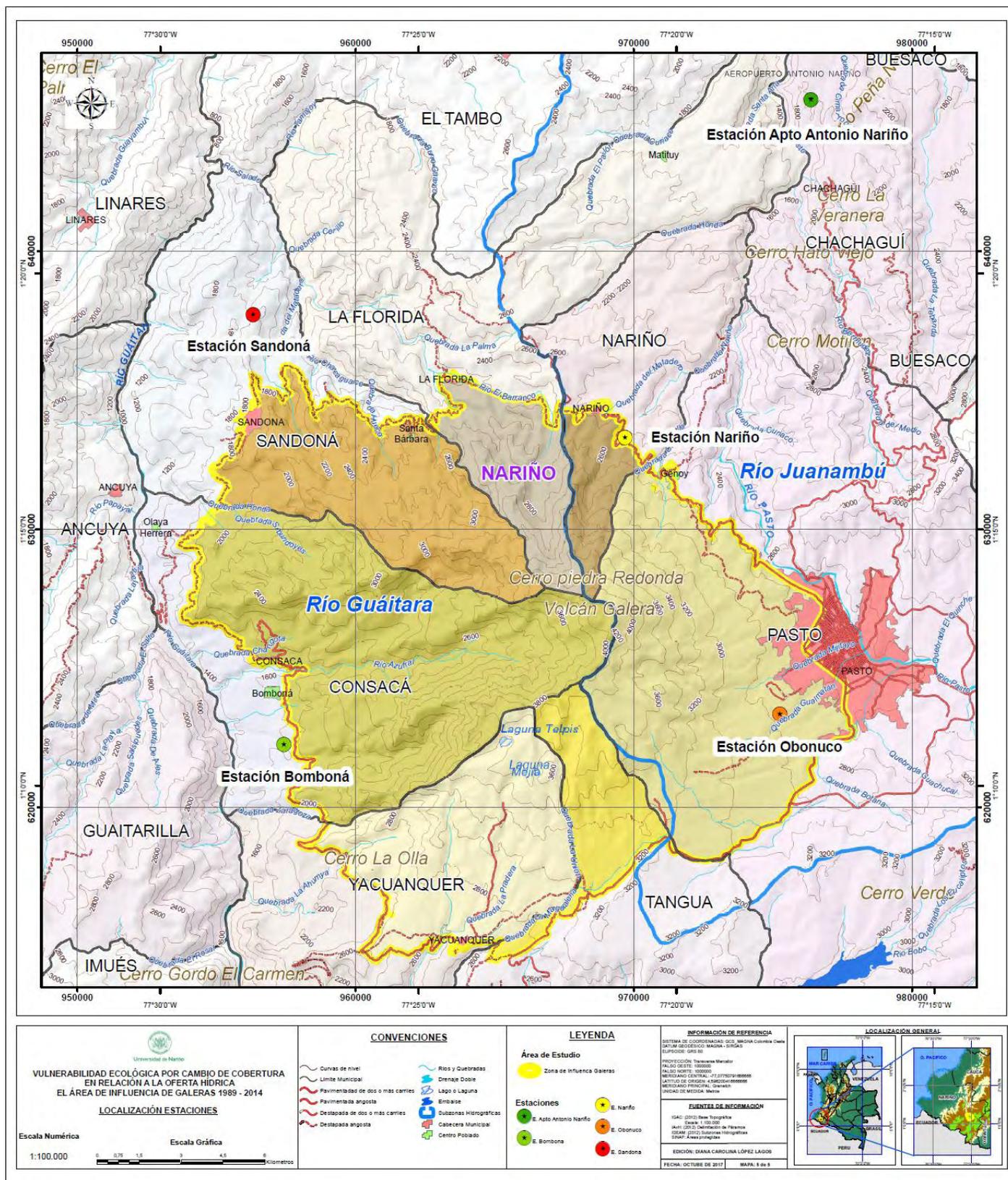


Anexo 3: Cobertura de la Tierra 1989

Fuente: esta investigación



Anexo 4: Cambios de Cobertura
Fuente: esta investigación



Anexo 5: Localización Estaciones

Fuente: esta investigación

MATRIZ DE CAMBIOS

COBERTURA 1989/2014	Nomenclatura
Afloramiento rocoso	Bsa
Arbustal	Bva
Arbustal de páramo	Bvr
Bosque denso	Bbd
Bosque fragmentado	Bbf
Bosque ripario	Bbr
Herbazal de páramo	Bvp
Lagunas naturales	Sal
Mosaico de cultivos	Am1
Mosaico de cultivos con espacios naturales	Am5
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	Am3
Mosaico de pastos con espacios naturales	Am4
Mosaico de pastos y cultivos	Am2
Pastos arbolados	Aoa
Pastos enmalezados	Aoe
Pastos limpios	Aol
Plantación forestal	Bbp
Tejido urbano continuo	Tuc
Tejido urbano discontinuo	Tud
Vegetación secundaria o en transición	Bas
Zonas industriales	Tii
Tierras desnudas y degradadas	Bsd

Nomenclatura	Bsa	Bva	Bvr
Bsa	Sin Cambio	No aplica	No aplica
Bva	No aplica	Sin Cambio	Paramización
Bvr	No aplica	Intervención multipropósito con deforestación	Sin Cambio
Bbd	No aplica	Intervención multipropósito con deforestación	Regeneración/Restauración
Bbf	No aplica	Intervención multipropósito con deforestación	Regeneración/Restauración
Bbr	No aplica	Intervención multipropósito con deforestación	No aplica
Bvp	Erosión	Deforestación	Deforestación
Sal	No aplica	Sedimentación	No aplica
Am1	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am5	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am3	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am4	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am2	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Aoa	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Aoe	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Aol	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Bbp	No aplica	No aplica	No aplica
Tuc	No aplica	No aplica	No aplica
Tud	No aplica	No aplica	No aplica
Bas	No aplica	Regeneración/Restauración	No aplica
Tii	No aplica	No aplica	No aplica
Bsd	Erosión	Regeneración/Restauración	No aplica

Nomenclatura	Bbd	Bbf	Bbr
Bsa	No aplica	No aplica	No aplica
Bva	No aplica	No aplica	No aplica
Bvr	No aplica	No aplica	No aplica
Bbd	Sin Cambio	Deforestación	Intervención multipropósito con deforestación
Bbf	Regeneración/Restauración	Sin Cambio	Regeneración/Restauración
Bbr	No aplica	No aplica	Sin Cambio
Bvp	Deforestación	Deforestación	Deforestación
Sal	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación
Am1	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am5	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am3	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am4	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am2	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Aoa	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Aoe	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Aol	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Bbp	No aplica	No aplica	No aplica
Tuc	No aplica	No aplica	No aplica
Tud	No aplica	No aplica	No aplica
Bas	No aplica	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Tii	No aplica	No aplica	No aplica
Bsd	No aplica	No aplica	No aplica

Nomenclatura	Bvp	Sal	Am1	Am5
Bsa	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Bva	No aplica	No aplica	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Bvr	Paramización	No aplica	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Bbd	Paramización	No aplica	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Bbf	Paramización	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Bbr	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Bvp	Sin Cambio	No aplica	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Sal	Sedimentación	Sin Cambio	Sedimentación	Intervención Agrícola
Am1	Regeneración/Restauración	No aplica	Sin Cambio	Regeneración/Restauración
Am5	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Sin Cambio
Am3	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Regeneración/Restauración
Am4	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Am2	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Regeneración/Restauración
Aoa	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Aoe	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Aol	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Bbp	No aplica	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Tuc	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Tud	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Bas	Regeneración/Restauración	Anegamiento	Intervención Agrícola	Intervención Agrícola
Tii	No aplica	Anegamiento	No aplica	No aplica
Bsd	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Nomenclatura	Am3	Am4	Am2
Bsa	No aplica	No aplica	No aplica
Bva	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Bvr	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Bbd	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Bbf	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Bbr	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Bvp	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Sal	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación
Am1	Intervención Agropecuaria	Regeneración/Restauración	Intervención Agropecuaria
Am5	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Am3	Sin Cambio	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Am4	Intervención Agropecuaria	Sin Cambio	Intervención Agropecuaria
Am2	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Sin Cambio
Aoa	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Aoe	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Aol	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Bbp	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Tuc	No aplica	No aplica	Intervención Agropecuaria
Tud	No aplica	No aplica	Intervención Agropecuaria
Bas	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria
Tii	No aplica	No aplica	No aplica
Bsd	No aplica	No aplica	No aplica

Nomenclatura	Aoa	Aoe
Bsa	No aplica	No aplica
Bva	Intervención multipropósito con deforestación	Intervención multipropósito con deforestación
Bvr	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria
Bbd	Intervención multipropósito con deforestación	Intervención multipropósito con deforestación
Bbf	Intervención multipropósito con deforestación	Intervención multipropósito con deforestación
Bbr	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria
Bvp	Intervención multipropósito con deforestación	Intervención multipropósito con deforestación
Sal	Sedimentación	Sedimentación
Am1	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am5	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am3	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am4	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Am2	Regeneración/Restauración	Regeneración/Restauración
Aoa	Sin Cambio	Regeneración/Restauración
Aoe	Regeneración/Restauración	Sin Cambio
Aol	Regeneración/Restauración	Intervención Pecuaria
Bbp	Intervención Pecuaria	Regeneración/Restauración
Tuc	No aplica	No aplica
Tud	No aplica	No aplica
Bas	Regeneración/Restauración	Intervención Pecuaria
Tii	No aplica	No aplica
Bsd	No aplica	No aplica

Nomenclatura	Aol	Bbp
Bsa	No aplica	No aplica
Bva	Deforestación	Intervención forestal con deforestación
Bvr	Intervención Pecuaria	Deforestación
Bbd	Intervención multipropósito con deforestación	Deforestación
Bbf	Intervención Pecuaria	Intervención forestal con deforestación
Bbr	Intervención Pecuaria	Deforestación
Bvp	Intervención Pecuaria	Deforestación
Sal	Sedimentación	Sedimentación
Am1	Intervención Pecuaria	Intervención forestal
Am5	Intervención Pecuaria	Intervención forestal con deforestación
Am3	Intervención Pecuaria	Intervención forestal con deforestación
Am4	Intervención Pecuaria	Intervención forestal con deforestación
Am2	Intervención Pecuaria	Intervención forestal
Aoa	Intervención Pecuaria	Intervención forestal con deforestación
Aoe	Intervención Pecuaria	Intervención forestal con deforestación
Aol	Sin Cambio	Intervención forestal
Bbp	Intervención Pecuaria	Sin Cambio
Tuc	No aplica	No aplica
Tud	No aplica	No aplica
Bas	Intervención Pecuaria	Intervención forestal con deforestación
Tii	No aplica	No aplica
Bsd	No aplica	No aplica

Nomenclatura	Tuc	Tud	Bas
Bsa	No aplica	No aplica	No aplica
Bva	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Bvr	Urbanización	Urbanización	Intervención multipropósito con deforestación
Bbd	Urbanización	Urbanización	Intervención multipropósito con deforestación
Bbf	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Bbr	Urbanización	Urbanización	Intervención multipropósito con deforestación
Bvp	Urbanización	Urbanización	Intervención multipropósito con deforestación
Sal	No aplica	No aplica	Sedimentación
Am1	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Am5	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Am3	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Am4	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Am2	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Aoa	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Aoe	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Aol	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Bbp	Urbanización	Urbanización	Regeneración/Restauración
Tuc	Sin Cambio	Urbanización	No aplica
Tud	Urbanización	Sin Cambio	No aplica
Bas	Urbanización	Urbanización	Sin Cambio
Tii	Urbanización	Urbanización	No aplica
Bsd	No aplica	No aplica	No aplica

Nomenclatura	Tii	Bsd
Bsa	No aplica	No aplica
Bva	Intervención multipropósito con deforestación	Erosión
Bvr	No aplica	Erosión
Bbd	Intervención multipropósito con deforestación	Erosión
Bbf	Intervención multipropósito con deforestación	Erosión
Bbr	Intervención multipropósito con deforestación	No aplica
Bvp	No aplica	Erosión
Sal	No aplica	Sedimentación
Am1	Urbanización	Erosión
Am5	Urbanización	Erosión
Am3	Urbanización	Erosión
Am4	Urbanización	Erosión
Am2	Urbanización	Erosión
Aoa	Urbanización	Erosión
Aoe	Urbanización	Erosión
Aol	Urbanización	Erosión
Bbp	Urbanización	Erosión
Tuc	No aplica	No aplica
Tud	No aplica	No aplica
Bas	Urbanización	No aplica
Tii	Sin Cambio	Erosión
Bsd	No aplica	Sin Cambio