

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador
Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio
Convocatoria 2014-2016

Tesis para obtener el título de maestría en Economía para el Desarrollo

Estrategias de gestión del recurso hídrico para Quito y su contribución a la disponibilidad:
análisis de los casos Oyacachi y Antisana desde la economía ecológica

Rafael Alberto Osorio Sánchez

Asesora: María Cristina Vallejo

Lectores: María Fernanda López y Bert De Bievre

Quito, septiembre de 2017

Tabla de contenidos

Resumen	VII
Agradecimientos	IX
Introducción	1
Capítulo 1	5
Antecedentes, planteamiento del problema de investigación y marco teórico	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Planteamiento del problema, objetivos e hipótesis de investigación.....	6
1.3 Marco Teórico	10
1.3.1 El debate de la sustentabilidad	11
1.3.2 La economía ambiental y la economía ecológica.....	14
1.3.3 La noción teórica del agua.	18
1.3.4 Fundamentos del análisis multicriterio	20
1.3.5 Estado del arte.	24
Capítulo 2	27
Descripción de los casos de las alternativas de conservación	27
2.1 El manejo privado. El predio Antisana.....	27
2.1.1 Contexto histórico	27
2.1.2 Localización geográfica	28
2.1.3 Aspectos biofísicos.....	29
2.1.4 Aspectos socioeconómicos.....	33
2.2 El manejo cooperado. El caso Oyacachi.	36
2.2.1 Contexto histórico	36
2.2.2 Localización Geográfica	37
Figura 2. 3. Ubicación geográfica comuna Oyacachi.....	38
2.2.3 Aspectos biofísicos.....	38
2.2.4 Aspectos socioeconómicos.....	41
2.3 Análisis de los casos presentados	42
Capítulo 3	44
Análisis multicriterio de las alternativas de conservación del recurso hídrico para el Distrito Metropolitano de Quito	44
3.1 Construcción del análisis multicriterio	45

3.1.1. Alternativas de evaluación	45
3.1.2 Estructura de las dimensiones.....	46
3.1.3. Indicadores de Evaluación	48
3.1.4. Matriz de impacto	76
3.3 Aplicación del análisis multi criterio.....	83
3.3.1 Definición del problema.....	83
3.3.2 Metodología de levantamiento de datos.....	83
3.3.3 Aplicación de matriz de impacto.....	83
3.3.4 Definición de Umbrales	84
3.4 Resultados de la matriz de impacto	85
3.5 Análisis de sensibilidad	89
3.5.1 Análisis asignando el mismo peso a cada dimensión	89
3.5.2 Análisis sin considerar la dimensión social	90
Discusión y conclusiones	92
Anexos	100
Lista de referencias	103

Ilustraciones

Figuras

Figura 1. Crecimiento poblacional y demanda de agua potable del DMQ con capacidad instalada existente en el DMQ	3
Figura 2. Proyección de crecimiento poblacional y demanda de agua potable con proyecto de ríos orientales.....	4
Figura 2. 1. Ubicación geográfica del predio Antisana.....	28
Figura 2. 2. Propiedades colindantes al predio Antisana	29
Figura 2. 3. Ubicación geográfica comuna Oyacachi	38
Figura 3. 1. Inversiones en el predio Antisana.....	50
Figura 3. 2. Microcuencas aportantes a captaciones del sistema Papallacta.....	51
Figura 3. 3. Gastos anuales para conservación del predio Antisana	52
Figura 3. 4. Gastos para conservación de las fuentes de agua para el sistema Papallacta	53
Figura 3. 5. Población servida con agua potable.....	55
Figura 3. 6. Distribución de precipitación en el predio Antisana.....	66
Figura 3. 7. Relación caudal vs precipitación en la captación Antisana.....	67
Figura 3. 8. Cuenca Antisana y punto de aforo en captación.....	68
Figura 3. 9. Índice de regulación hídrica (IRH) expresado en porcentaje en el mes más seco en la cuenca Antisana.....	69
Figura 3. 10. Distribución de precipitación en la zona de Oyacachi.....	70
Figura 3. 11. Relación caudal vs precipitación en la captación Chalpi.....	71
Figura 3. 12. Cuenca Chalpi grande y punto de aforo Chalpi.....	72
Figura 3. 13. Índice de regulación hídrica (IRH) expresado en porcentaje, en el mes más seco en la cuenca Chalpi.....	73
Figura 3. 14. Variación anual de coliformes totales en la captación Antisana.....	75
Figura 3. 15. Variación anual de coliformes totales en la captación Chalpi.....	76
Figura 3. 16. Resultado de la matriz de impacto.....	86
Figura 3. 17. Resultado de la comparación de pares.....	86
Figura 3. 18. Resultado de la matriz de impacto. Primer análisis de sensibilidad.....	90
Figura 3. 19. Resultado de la matriz de impacto. Segundo análisis de sensibilidad.....	90

Tablas

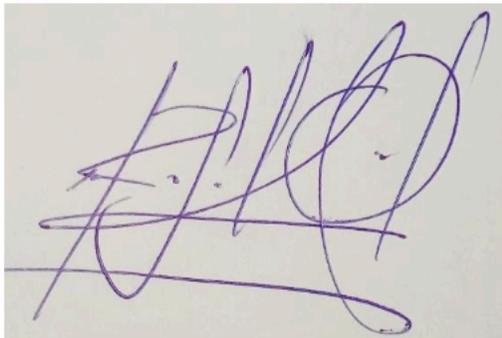
Tabla 2. 1. Parámetros de calidad de agua del predio Antisana.....	32
Tabla 2.2. Flora y fauna en el predio Antisana.	33
Tabla 2.3. Actores que interactúan con el predio Antisana.....	35
Tabla 2.4. Parámetros de calidad de agua en captaciones del sistema Papallacta	40
Tabla 3. 1. Estaciones hidrometeorológicas del área de estudio	66
Tabla 3. 2 Meses de menor precipitación para el período 2010 – 2015 en la cuenca.....	67
Antisana.....	67
Tabla 3.3. Meses de menor precipitación para el período 2010 – 2015 en la cuenca.....	71
Antisana.....	72
Tabla 3.4. Estructura de dimensiones y criterios original.	77
Tabla 3.5. Estructura de dimensiones y criterios utilizados en la investigación.....	79
Tabla 3.6.Matriz de impacto.	84
Tabla 3.7. Definición de umbrales.	85

Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis

Yo, Rafael Alberto Osorio Sánchez, autor de la tesis titulada “Estrategias de gestión del recurso hídrico para Quito y su contribución a la disponibilidad: análisis de los casos Oyacachi y Antisana desde la economía ecológica” declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de maestría en Economía para el Desarrollo concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, septiembre de 2017



Rafael Alberto Osorio Sánchez

Resumen

La presente investigación realiza una evaluación comparativa de dos estrategias para garantizar la conservación del recurso hídrico para el abastecimiento del Distrito Metropolitano de Quito, en el período de análisis del año 2010 al 2015, desde un marco teórico de sustentabilidad ambiental fuerte, economía ecológica y gestión integrada del agua. Las estrategias de conservación se plasman en dos casos de estudio que se circunscriben a una discusión conceptual sobre el acceso y explotación de los recursos naturales. El primer caso, al que se ha denominado “manejo privado”, plantea la restricción al acceso y aprovechamiento de los recursos de un espacio físico, para garantizar la conservación y sustentabilidad (Hardin, 1968, 1243-1248). En este contexto, se analiza el caso del predio Antisana, adquirido en el año 2010 por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), con el único fin de conservación del recurso hídrico.

El segundo caso representa una corriente conceptual que argumenta que para garantizar la conservación ambiental no necesariamente se debe restringir totalmente el acceso, sino que pueden existir acuerdos y/o normas de un conjunto de personas organizadas en un espacio físico que aseguren la sustentabilidad (Ostrom 1999, 525-530). En la línea argumental de esta corriente se plasma el caso Oyacachi, una comuna propietaria de áreas inmersas en un Área de Reserva Estatal, denominada Parque Nacional Cayambe Coca, donde además se encuentra un sistema de agua potable de la EPMAPS para la provisión de agua potable a la ciudad de Quito. Por esta razón, en este caso existen acuerdos entre actores y reglas amparadas en una normativa ambiental. A este caso se lo llama en este estudio “co-manejo”.

Para realizar esta evaluación se utiliza el Análisis Multicriterio, con el objeto de comparar las alternativas de manejo descritas. Para ello, se construye una matriz de impacto, siguiendo el método de agregación NAIADE. Se incorporan en este análisis tres dimensiones: económica, ambiental y social. En cada caso, se incluyen indicadores relevantes para contrastar las alternativas de evaluación, que se cuantifican en sus propias unidades de medida.

Como resultado, se identifica el co-manejo como una mejor estrategia de conservación frente a la estrategia de manejo privado, debido a que presenta mejores resultados en términos económicos, y condiciones de menor conflictividad social. Sin embargo, cabe mencionar que

el co-manejo en cuanto a los criterios propuestos en la dimensión ambiental no son los mejores comparados con el manejo privado es decir, se obtuvo mejores condiciones en cuanto a regulación hídrica y calidad de agua en la estrategia de manejo privado. Este resultado, aparentemente contradictorio muestra que la introducción de ciertas restricciones en el manejo de los recursos, al aplicar el co-manejo, puede contribuir a mejorar la disponibilidad del recurso hídrico, en términos de calidad y cantidad de agua. Finalmente, al aplicar un análisis de sensibilidad, se verifica la robustez de estos resultados, pues al modificar las ponderaciones asignadas a las distintas dimensiones, el ordenamiento de las alternativas evaluadas no se altera. De esta forma, se concluye que este tipo de evaluación es adecuada para el estudio de la sustentabilidad del recurso hídrico, al aplicar diversas estrategias de conservación, y por lo tanto, podría replicarse en otras áreas.

Agradecimientos

A mis profesores de FLACSO, quienes me han guiado por este camino de pensamiento, en especial a mi lectora María Fernanda López y mi asesora de tesis María Cristina Vallejo.

A mis colegas de trabajo tanto de EPMAPS como de FONAG por todo el apoyo en el desarrollo de la investigación, en especial a dos personas que son quienes más conocen de la gestión integrada del agua en el Ecuador, Pablo Lloret y Bert De Bievre, gracias por sus consejos y guía brindada.

A mi familia, mi madre, mis hermanas, mi familia política y en especial a mi esposa Lorena, quién es el pilar de mi vida y me apoyó en los momentos más difíciles del desarrollo de esta investigación, cuando la parte emocional y de salud me jugó una mala pasada.

En general quiero agradecer a Dios y la vida por ponerme en el camino de todos los nombrados y darme la oportunidad de cruzar mis estudios en FLACSO Ecuador.

Introducción

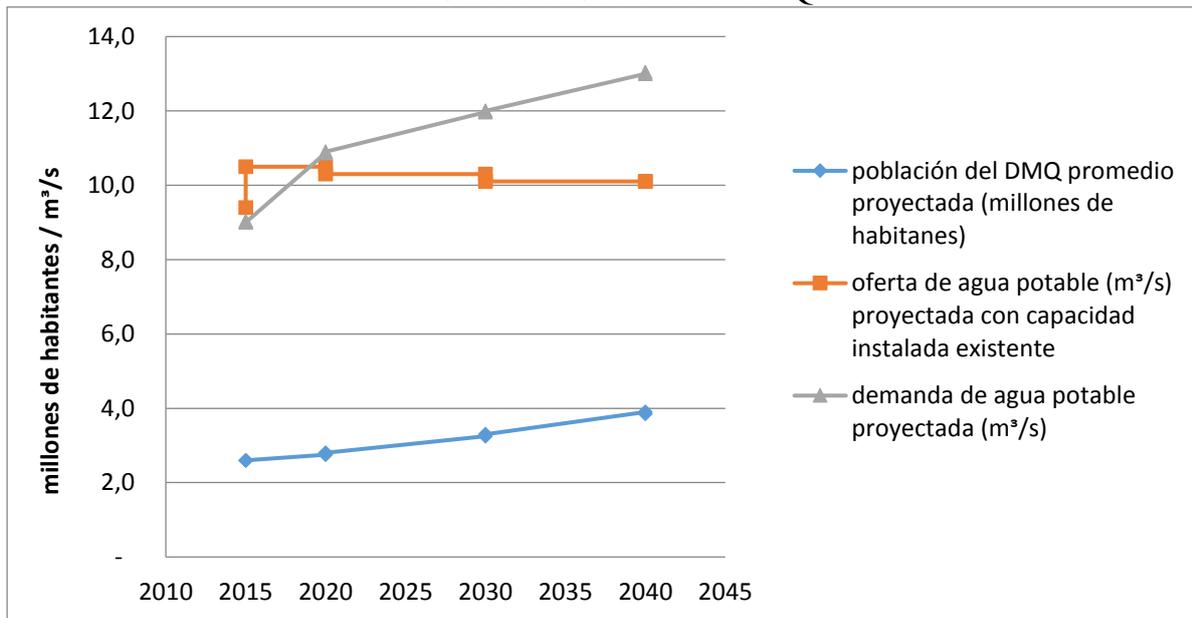
En el caso de Quito, al ser la segunda ciudad más poblada del Ecuador, ubicada en el trópico andino, a una altura de 2.800 msnm, presenta serias limitaciones para dotación de servicios básicos, en especial el suministro de agua potable, por lo que los esfuerzos por conservación del recurso hídrico trasciende el aspecto meramente ambiental para convertirse en un aspecto fundamental de supervivencia.

En cuanto al uso de agua potable, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) en el año 2017, presenta una población de 2.6 millones de habitantes, en el año 2020 se proyecta una población de 2.7 millones (INEC 2016) y según la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), de acuerdo a su plan maestro, se proyecta en los años 2030 y 2040 una población de 3.6 y 4.2 millones de habitantes respectivamente (EPMAPS 2012, 9). Esta población realiza actividades agropecuarias e industriales que dependen de la disponibilidad del recurso hídrico; así como también, se prevé un proceso acelerado de urbanización que demanda diversos servicios básicos como agua potable y saneamiento.

Desde el punto de vista de oferta del recurso hídrico, según datos del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ (2012); la EPMAPS actualmente mantiene y opera varios sistemas de tratamiento de agua con una capacidad instalada de 9.0 m³/s. Las fuentes de agua existentes tienen un caudal de 9.4 m³/s. Para el año 2020 estos caudales podrían aumentar a 10.5 m³/s debido principalmente al uso del acuífero de Quito como un recurso estratégico y al uso de la capacidad máxima operativa del sistema Papallacta. En cambio, para los años 2030 y 2040 se prevé una reducción de caudales a razón de 0,2 m³/s debido al decremento de la disponibilidad del recurso hídrico producto del incremento de presiones antrópicas sobre los ecosistemas (EPMAPS 2012, 11).

Con estos elementos, el análisis oferta-demanda señala que las fuentes de agua y las instalaciones existentes no serán suficientes para abastecer las demandas máximas diarias (DMQ) proyectadas, las mismas que ascenderían a 10.9 m³/s en el año 2020, 11,97 m³/s y a 13,04 m³/s en el año 2040 (ver Figura 1.).

Figura 1. Crecimiento poblacional y demanda de agua potable del DMQ con capacidad instalada existente en el DMQ

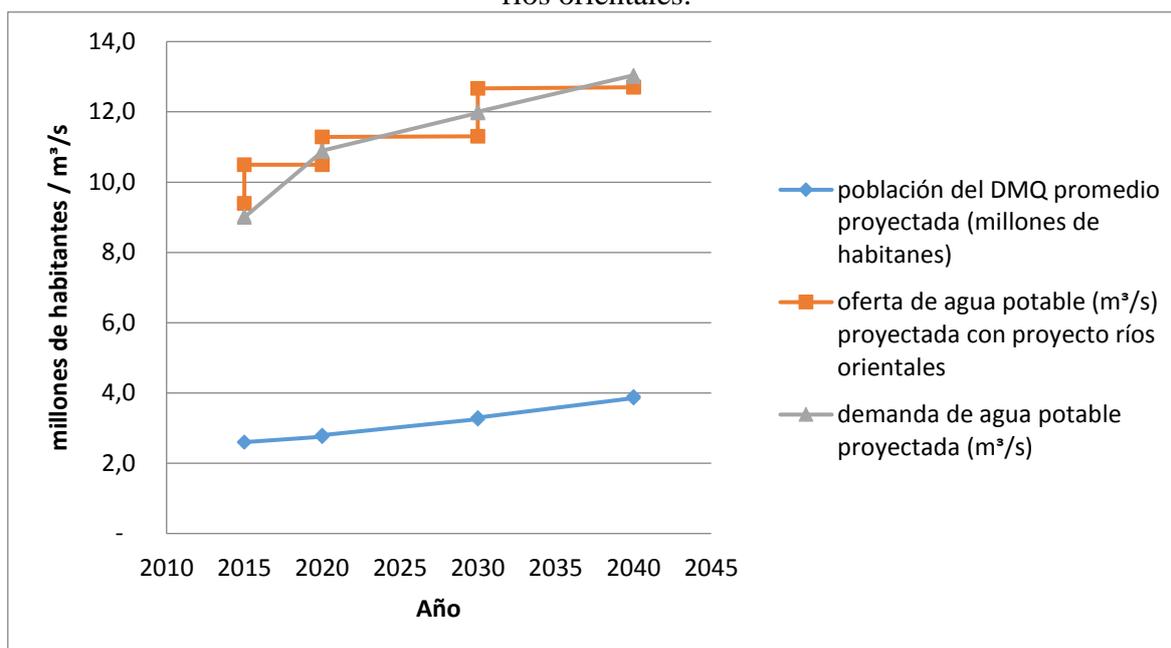


Fuente: EPMAPS 2012, INEC 2014.

Como se puede observar en la figura 1, existe un desequilibrio entre la oferta y la demanda hídrica con la capacidad operativa existente a partir del año 2020; en este marco, las estrategias que ha emprendido la ciudad para abastecer de agua para consumo humano a la población del DMQ son tres: la ejecución de proyectos trasvase para llevar agua desde la vertiente oriental, el co-manejo de áreas de interés hídrico y el manejo privado mediante la adquisición de predios para conservación de ecosistemas.

En cuanto a la primera estrategia, la ciudad cuenta con una planificación para desarrollar dos fases para la construcción y operación del sistema trasvase de ríos orientales, por lo que se prevé aumentar la oferta en 0,99 m³/s para el año 2020 y en 1,53 m³/s para el año 2030. La gráfica de análisis de oferta – demanda al tomar en cuenta esta consideración se expone a continuación (ver Figura 2.).

Figura 2. Proyección de crecimiento poblacional y demanda de agua potable con proyecto de ríos orientales.



Fuente: EPMAPS 2012, INEC 2016.

Como se puede observar en la figura 2, con la construcción y operación del proyecto de Ríos Orientales, se prevé que la oferta hídrica abastezca la demanda hasta aproximadamente el año 2040 (EPMAPS 2012, 28). Esta estrategia se enmarca dentro de la noción teórica del agua en un modelo expansionista (Aguilera 2012, 358), es decir, el principio fundamental es asegurar la dotación del servicio de agua potable a la población de Quito, sin considerar aspectos sociales y ambientales.

Por esta razón, desde el mismo Municipio de Quito, se ha promovido la ejecución de estrategias de conservación del recurso hídrico, como la adquisición de predios y el co-manejo, mediante acuerdos que se enmarcan dentro de la noción teórica del agua en el modelo de gestión integrada, donde se toma en consideración el ciclo natural del recurso, los actores sociales y factores económicos, con el fin de asegurar la disponibilidad del agua en el largo plazo.

En cuanto a la estrategia de co-manejo, la ciudad ha emprendido acuerdos con otros actores estatales, como el Ministerio de Ambiente y privados como comunidades y hacendados en áreas donde se encuentran sistemas de agua potable; es decir, áreas estratégicas para asegurar la disponibilidad del recurso. Este co-manejo se puede plasmar en acuerdos de conservación y convenios que se han suscrito a lo largo del tiempo. En el marco de esta estrategia, la

declaratoria de áreas de conservación y uso sustentable por parte del Municipio, que promueve la conservación de los recursos naturales y en particular, la protección de humedales, es una de las iniciativas que se han aplicado durante los últimos años.

En cuanto a la estrategia de adquisición de predios para conservación del recurso hídrico, la ciudad ha emprendido la consolidación de alrededor de 20.000 ha destinadas para conservación del agua que asegura la dotación del servicio de agua potable para aproximadamente el 10% de la población de Quito (Homero Castanier, Jefe del Dpto. de Gestión Ambiental de la EPMAPS, en conversación con el autor, junio de 2016) mediante el desarrollo de actividades como: control y vigilancia, restauración de la cobertura vegetal y monitoreo permanente de variables biofísicas. Esta adquisición representa altas inversiones que tratan de asegurar la protección de las fuentes de agua en el largo plazo. Entre los predios adquiridos para este fin se puede mencionar: Antisana, Mudadero, Jatunhuaico, Campo Alegre y Paluguillo.

Capítulo 1

Antecedentes, planteamiento del problema de investigación y marco teórico

1.1 Antecedentes

El aporte de esta investigación es profundizar en la discusión sobre la conservación del recurso hídrico, mediante un análisis en forma comparativa de dos estrategias de conservación, la de co-manejo y la de manejo privado mediante la adquisición de predios desde un enfoque multicriterial de evaluación.

La diferencia fundamental entre la estrategia de manejo privado y la de co-manejo, es que en la primera se restringe completamente el acceso y aprovechamiento del recurso natural al interior del predio mediante la adquisición del predio. En la segunda, hay una negociación entre los actores al respecto de las estrategias de conservación y la forma de aprovechamiento de los recursos naturales. Por esta razón, a la adquisición de predios se denomina “manejo privado” en esta tesis; mientras que a la segunda estrategia se denomina “co-manejo” porque se permite un aprovechamiento parcial de los recursos, de acuerdo a las reglas e institucionalidad definidas a nivel comunitario o a partir de la normativa estatal, o la combinación de ambas.

La base conceptual para el desarrollo de esta tesis es la economía ecológica, al considerar los criterios de sustentabilidad fuerte. Desde esta perspectiva, existe sustituibilidad limitada entre las distintas dimensiones de análisis. Es decir, aunque una alternativa resulte favorable en términos económicos, un desempeño adverso en las dimensiones social o ambiental puede resultar en recomendaciones contrarias a su aplicación. Por ello, se aplica como método de análisis la evaluación multicriterial, que permite incorporar en un solo marco las diversas dimensiones que son importantes para la decisión. Este planteamiento conceptual es coherente con el enfoque práctico sobre gestión de recursos hídricos aplicados en territorios en donde los aspectos económicos, ambientales y sociales interactúan entre sí (Martínez 1998).

Por lo tanto la discusión académica en la que se enmarca la presente investigación es sobre la gestión de los recursos naturales, el agua en específico, por un lado un enfoque de propiedad individual, donde las decisiones las toma una persona, institución o una familia y la otra es una propiedad colectiva, donde se insertan diferentes actores en la gestión del agua; por lo

tanto el manejo y gestión de los recursos naturales y en particular el agua, presenta la necesidad de establecer negociaciones y acuerdos.

Este análisis se realiza desde la perspectiva de la economía ecológica y el análisis multicriterio que permite comparar dos alternativas o escenarios, tomando en cuenta criterios y dimensiones que no se superponen entre sí, sino que son analizadas cada una desde su lenguaje pero con la capacidad de diálogo y agregación con las otras dimensiones de análisis. Finalmente, esta investigación se centra en el período 2010 – 2015, debido a que en el año 2010 se empieza con la estrategia de conservación mediante la adquisición de predios por parte del Municipio de Quito, lo que permite comparar la evolución de este esquema con el de co-manejo, que es más antiguo. Además se escogió los casos de Antisana y Oyacachi por la representatividad en cuanto a los conceptos expuestos anteriormente y por la disponibilidad de información.

1.2 Planteamiento del problema, objetivos e hipótesis de investigación

Con estos antecedentes, la pregunta central de investigación que se busca analizar en esta tesis es: ¿Cómo contribuyen el manejo privado y el co-manejo de recursos hídricos en las fuentes que abastecen al Distrito Metropolitano de Quito, a la conservación del recurso en un marco de sustentabilidad?

Objetivo General

El objetivo de la presente investigación es comparar las estrategias de “co-manejo” y manejo privado del recurso hídrico aplicadas por el Municipio del DMQ, para garantizar su disponibilidad para consumo humano, expresadas en los casos Antisana y Oyacachi, en el período 2010 – 2015.

Hipótesis

El co-manejo es la estrategia que promueve la sustentabilidad del recurso hídrico en relación a la estrategia de manejo privado, debido a que plantea negociaciones y acuerdos de conservación entre los actores que interactúan en un territorio, para garantizar la conservación del agua.

Este planteamiento se sustenta en estudios de caso realizados a diferentes investigadores alrededor del mundo, por ejemplo Lam, et al. (1997) realizó un detallado análisis de datos de

150 sistemas de riego gestionados por agricultores y por el gobierno nacional en Nepal, donde los sistemas de riego bajo gestión de los agricultores se desempeñan significativamente mejor que las gestionadas solo desde el gobierno nacional; otro ejemplo son los casos analizados de la gestión de los recursos forestales en América, realizado en diferentes países desarrollado por Ostrom (1998), donde los recursos forestales que son gestionados por pequeñas comunidades locales, con arreglos institucionales propios, son más eficaces en términos de sustentabilidad del recurso. Además Garrido (2011), analizó la gestión del recurso hídrico para riego en el este de España, desde un contexto histórico, tomando en cuenta los principios formulados por Ostrom sobre los bienes de acervo común, donde se concluyó que la propiedad comunal no está condenada a sufrir ninguna inevitable “tragedia”, pero tampoco parece adecuado contemplarla de manera excesivamente idealizada en cuanto a la posibilidad de exclusión y desigualdad al interior de las comunidades.

Objetivos específicos

- Comprender los fundamentos de la economía ecológica para la comparación de dos estrategias de conservación del recurso hídrico cuya diferencia fundamental es la restricción al acceso y uso de los recursos de un área determinada.
- Entender las problemáticas territoriales de cada una de las alternativas de manejo del recurso hídrico desde una perspectiva económica, social y ambiental.
- Determinar mediante una comparación, la estrategia de gestión del agua que garantiza la disponibilidad del recurso hídrico en términos social, ambiental y económico.

La conservación del recurso hídrico y su relación con sus usos, en especial el de agua potable, dada su problemática multidimensional, son analizadas desde una perspectiva descriptiva y empírica, lo que permite tener una visión general respecto a las alternativas de conservación planteadas.

En este contexto, la presente investigación plantea un análisis comparativo de dos estrategias de conservación inmersas dentro del concepto de gestión integrada (Lloret 2008), desde una perspectiva de sustentabilidad fuerte para el recurso hídrico, donde las dimensiones ambiental, social y económica interactúan entre sí, cada una con sus propios criterios y escalas de medición. Se debe reconocer como limitante la carencia de información, en especial en el ámbito ambiental con respecto a la posibilidad de evaluar los servicios

ecosistémicos relacionados con la cantidad de agua generada, para las áreas planteadas en el estudio.

El capítulo 1 de la presente investigación aborda los conceptos de sustentabilidad ambiental, desde la perspectiva económica débil y fuerte al analizar el caso propuesto por Hardin en su paper titulado “La tragedia de los comunes” que abre una discusión conceptual en el ámbito de la economía y su relación con la sustentabilidad ambiental, para luego decantar en la conceptualización de la economía ambiental y la economía ecológica. Se destacan aquí postulados de Georgescu Roegen y Martínez Alier, al considerar el sistema económico como un sistema abierto con límites biofísicos y la imposibilidad de sustituir completamente un bien natural por un bien fabricado. Luego se aborda la noción teórica del agua, donde se diferencia el principio expansionista del principio de gestión integrada y se sustenta que las alternativas de evaluación analizadas se enmarcan en esfuerzos por aplicar la gestión integrada del recurso hídrico. Además, se aborda la necesidad de contar con una metodología económica con un sustento conceptual robusto, como el análisis multicriterio, donde se definen conceptos de conmensurabilidad, ciencia post normal y la necesidad de contar con mecanismos agregados de evaluación que respeten el lenguaje y la métrica de cada disciplina de la ciencia. Finalmente, se muestra un estado del arte de la investigación, donde se muestran trabajos relacionados a la propuesta en el presente documento.

En el capítulo 2 se profundiza los casos de estudio desde una perspectiva descriptiva, a fin de reconocer las áreas de estudio desde sus distintas aristas de análisis, tanto biofísicas, históricas, sociales y económicas. El primer caso de estudio planteado se enmarca en el manejo privado y se refiere a la adquisición de predios para fines exclusivos de conservación del recurso hídrico como es el caso del predio Antisana, que es de importancia para la provisión de agua a los pobladores del Distrito Metropolitano de Quito. El segundo caso de estudio planteado se enmarca en el co-manejo y se analiza el caso de Oyacachi, áreas donde mediante acuerdos con diversos actores y reglamentaciones desde el Estado, se generan acciones enmarcadas en la conservación del recurso hídrico.

En referencia al manejo privado, en la presente investigación se analiza el caso del predio Antisana, ubicado en el cantón Archidona, provincia de Napo, adquirido a un hacendado en el año 2010, con una extensión de alrededor de 7.500 ha, este predio es importante para la disponibilidad de agua para la ciudad de Quito ya que las captaciones asociadas al manejo del

predio, aportan aproximadamente el 40% del caudal que abastece al sistema de agua potable Mica – Quito Sur, que dota de agua a aproximadamente a 600.000 habitantes del sur de Quito. En referencia al co-manejo, en la presente investigación se analiza el caso de Oyacachi, que es una comunidad indígena kichwa localizada entre el páramo y las planicies amazónicas en el cantón El Chaco, provincia de Napo y se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, específicamente el Parque Nacional Cayambe Coca; por lo tanto, está influenciado por las políticas de administración del Parque. La comunidad de Oyacachi maneja 63.000 ha y dentro de su territorio se encuentra el sistema integrado de agua potable Papallacta de la EPMAPS.

Por esta razón, desde el año 2012, se incluye dentro de la auditoría ambiental y plan de manejo ambiental del sistema de agua potable Papallacta, el programa de compensaciones e indemnizaciones, basado en acuerdos entre la comunidad de Oyacachi y la EPMAPS; con el fin de garantizar la disponibilidad del agua en cantidad y calidad tanto para la población del DMQ como para la población de Oyacachi; esto es, un compromiso de conservación de las cuencas aportantes al Sistema de agua Papallacta a cambio de un apoyo para la construcción de obras hidráulicas y apoyo económico para el desarrollo de áreas productivas de la comunidad (Hurtado 2012, 30).

En el capítulo 3 se elabora un análisis multicriterial, al utilizar la metodología descrita por Munda (Munda 2004, 35), para ello se establecen tres dimensiones de trabajo, la económica, la social y la ambiental. Las dimensiones presentan diez criterios seleccionados para dar respuesta al planteamiento del problema; se enfatiza tanto en el análisis de cada criterio con su métrica y lenguaje definido, así como también el método de agregación, donde se explica de manera particular el método NAIADE, que fue seleccionado por su versatilidad al poder agregar información tanto cuantitativa como cualitativa. Finalmente en este capítulo se muestran los resultados de los análisis de cada criterio en comparación con las dos alternativas de conservación y los resultados del análisis agregado.

El último capítulo analiza el cumplimiento de la hipótesis de trabajo, se muestran los resultados más relevantes de la investigación y establecen conclusiones y recomendaciones respecto a los resultados encontrados enmarcados en los objetivos planteados en la presente investigación.

1.3 Marco Teórico

El objetivo de esta revisión teórica es comprender los fundamentos de la economía ecológica para la comparación de dos estrategias de conservación del recurso hídrico cuya diferencia fundamental es la restricción al acceso y uso de los recursos de un área determinada.

Para cumplir con este objetivo se desarrollan cinco secciones: la primera sección contiene una discusión de dos corrientes teóricas sobre el manejo sustentable de los recursos naturales. Para lo cual se parte del estudio de Hardin, titulado la tragedia de los comunes, donde se abre un debate teórico que se aborda en la segunda sección del presente capítulo, aquí se describe los argumentos de varios autores entre los que destaca Gabriela Chichilnisky y Eliener Ostrom; la primera enfocada en temas de privatización y mercantilización de los recursos naturales y la segunda enmarcada en el manejo de los recursos naturales desde acuerdos y reglas no necesariamente mercantilistas, como una herramienta de conservación de los recursos naturales.

La segunda sección contiene los fundamentos teóricos para evaluar la sustentabilidad; donde se describe dos enfoques completamente definidos, por un lado la economía ambiental que postula el principio de sustitución de bienes fabricados por bienes naturales y utiliza todo el aparataje del paradigma neoclásico para la optimización del uso de los recursos naturales y la solución de las externalidades, tomando postulados de Pigou y Coase. Por otro lado, se contraponen el enfoque de economía ecológica que parte del principio de la economía como un sistema abierto que interrelaciona con la naturaleza y cumple las leyes biofísicas de la termodinámica que postula los principios de la entropía y de la irreversibilidad de los procesos, estos postulados los expone Martínez Alier y otros autores. Por lo tanto, este enfoque niega la posibilidad de sustituir completamente bienes naturales por bienes fabricados.

En la tercera sección se describe el análisis multicriterio, desarrollado por Munda, debido a que es la base para poder determinar la mejor alternativa de conservación del recurso hídrico con un enfoque de economía ecológica, tomando en cuenta tres bases conceptuales, la teoría de los sistemas complejos, la ciencia post normal y el principio de inconmensurabilidad.

La cuarta sección contempla un acercamiento conceptual más concreto al recurso hídrico, según los postulados de Federico Aguilera Klink, debido a que es el pilar teórico de la

presente investigación, en ese contexto se describe la noción teórica del agua desde dos enfoques, por un lado el enfoque expansionista que no toma en cuenta las variables biofísicas el ciclo natural del agua y por otro lado el enfoque de nueva economía del agua, que se sustenta en la gestión integrada del recurso hídrico, es decir toma en cuenta las variables biofísicas y el ciclo del agua.

Finalmente en la quinta sección se realiza un repaso del estado del arte de los estudios sobre sustentabilidad, en particular sobre enfoques similares a la evaluación de alternativas de conservación del recurso hídrico, donde se toma en cuenta estudios realizados sobre las dos formas de conservación descritas, tanto la forma de conservación con co-manejo, como el manejo privado.

1.3.1 El debate de la sustentabilidad

La sustentabilidad es un término complejo y tiene varias concepciones, la definición utilizada en el presente documento es la desarrollada por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo en el año 1987, donde se expone que el desarrollo es sustentable cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades. La definición de sustentabilidad implica tener en cuenta tres dimensiones definidas: la económica, la social y la ambiental (Brundtland 1987, 93).

El campo de la economía de los recursos naturales parte del enfoque neoclásico del análisis económico de los problemas ambientales y uno de los textos que aborda esta temática y que ha generado controversia y un debate conceptual es el escrito por Hardin, titulado la Tragedia de los comunes (Hardin 1968). El planteamiento de la tragedia de los comunes de Hardin parte de una perspectiva Malthusiana, que predijo una catástrofe humana porque el crecimiento poblacional se da en forma exponencial, mientras que los recursos disponibles para alimentar a la población crecen solo de forma lineal (Malthus 1826, 110-120). Así, Hardin argumentó que, los individuos tienden a aumentar sus comportamientos egoístas cuando se enfrentan a situaciones de escasez en la explotación cualquier recurso natural o bien común; entendido bien común como sistemas sociales y jurídicos para la administración de los recursos compartidos de una manera justa y sustentable, que presentan además una serie de valores y tradiciones que otorgan identidad y ayudan a auto gobernarse (Lang, Miriam, Mokrani Dunia 2011). Por lo tanto, teóricamente cada individuo desea maximizar los

bienes de los cuales puede apropiarse; sin embargo, los recursos naturales no son infinitos, por esta razón definió como un error el hecho de mantener bienes comunes, ya que en estas condiciones se propicia el uso individual indiscriminado y por ende la sobreexplotación de los recursos, condiciones que desencadenan en un colapso ambiental y poblacional (Hardin, 1968, 1243-1248)

La solución planteada por Hardin a la tragedia de los comunes consiste en asignar derechos de propiedad individual a los recursos naturales; acompañado por leyes y normativas que orienten la forma de explotación de esos recursos. Además, promovió la necesidad de restringir la libertad de procreación de los individuos para mantener los recursos naturales de forma sostenible (Hardin, 1968, 1243-1248).

La controversia se genera porque si bien Hardin demuestra su preocupación por la supervivencia humana, sugiere una privatización de los recursos naturales en detrimento a la acción colectiva de gestionar los recursos naturales (Aguilera 2012, 350-358). Además, la controversia plantea la relación entre dos variables íntimamente relacionadas, por un lado la propiedad y/o control de los recursos naturales y por otro la sustentabilidad de los mismos (Gascón 2001, 28-35).

El razonamiento de Hardin se puede entender desde los trabajos de Gordon referidos a la pesca, donde se plantea que la propiedad común es un problema que dificulta la gestión eficiente del banco de pesca, puesto que la propiedad de todos es propiedad de nadie y como solución se plantea no solo la privatización del banco de peces, sino la existencia de un único propietario que lo gestione de forma eficiente (Gordon 1954, 140).

Antes de profundizar en esta línea argumental, merece la pena explorar brevemente los diferentes regímenes de propiedad en relación a la gestión de los recursos naturales.

Atendiendo al uso de recursos distinguimos cuatro principales regímenes de propiedad: i) Libre acceso, donde no existen derechos de propiedad; ii) Propiedad común, donde los derechos de propiedad sobre el recurso son gestionados por un colectivo que necesariamente deben llegar a acuerdos; iii) Propiedad privada, los individuos o empresas privadas poseen los derechos sobre la explotación del recurso y, además, la capacidad de exclusión de terceros; iv) Propiedad estatal: donde los derechos del recurso son poseídos por el Gobierno quien puede regular y subsidiar su uso (Hinkel 2014, 50). En la presente investigación se denomina

manejo privado a la restricción del acceso y aprovechamiento de los recursos naturales dentro de un área geográfica; es decir pueden ser bienes estatales o privados.

La propiedad común además presenta dos características fundamentales: todos los propietarios poseen el mismo derecho de usar el recurso, derecho que no se pierde si no se usa y los no propietarios, no pertenecientes a la comunidad son excluidos de su uso (Lang, Mokrani 2011).

La corriente de pensamiento que postula el razonamiento de Hardin, expuesta en la tragedia de los comunes, simplifica de manera burda los tipos de bienes históricos que aplican las distintas poblaciones en cuanto a la propiedad de los recursos naturales, además el argumento se centra en identificar la falta de derechos de propiedad individual; por lo que no cabe un régimen de propiedad común (Ostrom 1999, 525-530). Por esta razón, se propone llegar a soluciones alternativas a las planteadas por los teóricos que defienden la propiedad estatal o privada, pues estas soluciones no son las únicas para resolver los problemas del uso de los recursos naturales. Así, se propone establecer contratos vinculantes entre los actores que los obliguen a cumplir de manera infalible con los acuerdos iniciales y con estrategias de manejo generados por ellos mismos (Ostrom 1999, 530-535).

Los argumentos expuestos en el contexto de los recursos naturales y los bienes comunes desencadenan otro debate conceptual; es decir, privatizar o no los recursos naturales en pos de que una persona o institución tome las decisiones contribuyen a la sustentabilidad? La primera corriente conceptual defiende el hecho de privatizar los bienes para poder intercambiar un bien natural por un bien fabricado, generado por los factores de producción definidos por el ser humano; con esta tesis, se puede generar escenarios de sustentabilidad en el tiempo donde el crecimiento económico actual afecta en forma positiva o negativa a las próximas generaciones (Chichilnisky 1997, 490).

Por lo tanto, al describir los argumentos conceptuales de Hardin y Chichilnisky, se puede desprender dos elementos clave, el primero que se enfoca en asignar derechos de propiedad sobre el ambiente para poder mercantilizarlos, esto conlleva a un intercambio de bienes naturales por bienes fabricados, con la pretensión de ser capaces de medir en valor monetario esos bienes ambientales y su deterioro. El segundo contempla implícitamente la tesis de que la riqueza es buena para el ambiente; debido a que proporciona capital financiero para

corregir el deterioro ambiental. En este contexto, las sociedades más ricas son las más sustentables. Estos argumentos precisamente son la base conceptual de la sustentabilidad ambiental débil (Martínez Alier 1998, 96-100).

La otra corriente, que se puede llamar heterodoxa, argumenta que no es posible sustituir completamente un bien natural por un bien fabricado esta tesis es el fundamento de la sustentabilidad fuerte. Es decir, no se pueden generar intercambios entre estos dos bienes, por lo tanto, defienden el hecho de no necesariamente asignar derechos de propiedad a los recursos naturales con un principio crematístico para poder intercambiarlos; Así, en esta corriente se circunscribe los criterios propuestos por Ostrom sobre la forma de administrar los bienes comunes desde una perspectiva de sustentabilidad. Por lo tanto, se debe analizar el recurso natural desde dos contextos; el primero es la noción de una economía vista como un organismo vivo, que consume recursos y elimina desechos; a este concepto se denomina “metabolismo social” y el segundo es tomar en cuenta la denominada capacidad de resiliencia, es decir, la capacidad de un organismo vivo de volver a su estado natural. Estos dos conceptos son los pilares fundamentales de la denominada sustentabilidad fuerte (Falconí 2015, 90).

1.3.2 La economía ambiental y la economía ecológica.

Como se señaló en el punto anterior, el planteamiento de Hardin, sobre la asignación de derechos sobre los recursos naturales; acentúa la discusión entre la sustentabilidad débil y fuerte y éstas, a su vez fundamentan la concepción de distintas formas de tratar los recursos naturales desde la economía (Martínez Alier, 1995, 11-20).

Por un lado, la economía que se fundamenta en la sustentabilidad débil, es decir, en el intercambio y sustitución de bienes naturales por bienes fabricados, es la economía ambiental, esta economía considera que todo recurso o servicio ambiental no incluido en el mercado; se le puede asignar una valoración monetaria convincente; una de estas asignaciones se consigue otorgando derechos de propiedad, como se infiere del texto de Hardin.

Este enfoque fue defendido por grandes economistas, entre los que se destaca Solow, quien afirmó que se puede lograr con facilidad la sustitución de los recursos naturales con otros factores, de modo que su agotamiento es solo un acontecimiento y no una catástrofe, principalmente por los cambios tecnológicos, que lo llamó la tecnología de contención.

Este argumento se explica debido a que en un primer momento la extracción o transformación de los recursos naturales con determinada tecnología puede ser costosa, por eso se necesita mayor stock de recurso natural; sin embargo, el desarrollo tecnológico hace que se vuelva en algún momento competitiva en el mercado en los procesos para extracción y transformación de los recursos naturales; hasta que en un momento incluso puede existir una sustitución de los recursos naturales; por lo tanto, se puede mantener un equilibrio a lo largo del tiempo, que no está exento de ninguna manera de posibles disturbios en el equilibrio (Solow 1974 citado por Aguilera y Alcántara 1994, 88-97). Desde esta lógica, para la economía ambiental no existen los límites biofísicos en el crecimiento económico; por lo que, tanto los ingresos como el consumo de los recursos naturales puede crecer a diferentes ritmos, y lo que se busca es comportamientos óptimos de agotamiento.

Además, siguiendo el enfoque de la economía ambiental, al poder transferir un bien natural por un bien fabricado, se debe realizar una asignación monetaria al recurso natural debido a que en economía ambiental supone que agentes interactúan solo a través del mecanismo de precios y cantidad, pero no siempre es fácil realizar esta asignación monetaria, a este fenómeno se conoce como externalidad. Las externalidades carecen de mercado propio, por lo que implican asignaciones ineficientes.

En relación con las externalidades la economía ambiental propone algunos mecanismos de corrección; por ejemplo, al entender el medio ambiente como un bien común, es decir no le puedo asignar derechos de propiedad; entonces es responsabilidad de un tercero protegerlo, en este caso el Estado; por lo tanto el Estado tiene la posibilidad de asignar impuestos a los actores sociales para mitigar o eliminar los perjuicios que se pueda hacer al medio ambiente; a este mecanismo se conoce en la actualidad como impuestos pigouvianos. Para aclarar el argumento, Pigou propuso, corregir las distorsiones generadas en los sistemas de precios por la presencia de externalidades negativas con el cobro de un impuesto cuyo monto compensaría los daños causados (Pigou 1932).

Otro mecanismo para internalizar una externalidad parte de una clara asignación de derechos de propiedad, incluso mediante la asignación mediante fallos judiciales, de esta manera se pretende eliminar los impedimentos para llegar a acuerdos privados y alcanzar un máximo nivel de bienestar de las partes. Este argumento se condiciona con el hecho de minimizar los costos asociados a los fallos de asignación de derechos de propiedad y además supone que las

partes de la transacción están de acuerdo con el fallo y poseen información suficiente para establecer una negociación, a este mecanismo se conoce como el teorema de Coase (Coase 1960, 30-34).

Finalmente la economía ambiental para lograr la sustentabilidad propone la asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables. En este contexto, Hotelling propuso la senda óptima de agotamiento o extracción de un recurso natural, tanto renovable como no renovable, teniendo en cuenta los tres elementos siguientes: período óptimo de agotamiento; tasa óptima de extracción de un recurso natural; y, demanda, tecnología y reservas. Se debe tener en cuenta la necesidad de obtener los precios óptimos hasta que se extraiga la última unidad del recurso en cuestión (Hotelling 1931, 150-175). Cabe reconocer que no es posible hablar de asignación óptima de un recurso natural sin conocer la demanda mundial futura del mismo, de ahí que los problemas concernientes a los activos agotables están especialmente vinculados al crecimiento económico sin límites biofísicos.

El problema radica además en que para obtener los precios óptimos para las poblaciones actuales y futuras, se debe tener clara la información del uso de los recursos naturales de cada sector, lo cual es imposible; por lo tanto, la economía de los recursos naturales agotables, tal y como se ha planteado, presenta serias limitaciones en cuanto a su capacidad explicativa (Martínez Alier, Schlupmann 1987).

Finalmente, la economía ambiental, al suponer la substitución del bien natural por un bien fabricado, provoca un reduccionismo conceptual unidimensional, es decir una visión simplificada para realizar ejercicios de valoración ambiental, donde por lo general se toma en cuenta solo el valor de uso directo (Martínez Alier 2001).

En este contexto, por las argumentaciones enfocadas en los limitantes de expresar en forma crematística los recursos naturales sin un vínculo de las acciones humanas con el medio biofísico, nace otra corriente, que pretende argumentar mediante otros principios anclados en los preceptos de la sustentabilidad fuerte, otra forma de ver y hacer la economía. A la disciplina que enmarca la incapacidad de substitución completa entre el un bien fabricado y los bienes naturales y que postula interacciones y límites biofísicos con el entorno natural, es decir propone la economía como un sistema abierto, donde existe ingreso de energía y la

producción de desechos y que de alguna manera cuestiona el crecimiento económico sin límites, se conoce como economía ecológica (Martínez Alier, 1995).

Es decir, la economía ecológica es una disciplina que acepta como punto de partida que el sistema económico es un sistema abierto que se interrelaciona con los ecosistemas y con los sistemas sociales, influyéndose mutuamente, de aquí nace la relación de la economía con principios de leyes físicas naturales que se mostrarán en el siguiente párrafo (García 2003, 69). Por lo tanto, se aleja de la constitución de la economía como una ciencia mecanicista, reduccionista y alejada de los valores morales y del contexto físico y natural (Naredo 2004, 86-94).

Al circunscribirse la economía como un sistema abierto, implica que cumple con las leyes biofísicas naturales de la termodinámica, específicamente la primera y segunda ley; la primera ley manifiesta que la masa de materia que tenemos en un sistema tiene que cambiar en la misma proporción a la diferencia entre la materia que entra en el sistema menos la materia que sale; es decir, la energía se transforma, más no se genera. Este principio es fundamental al tomar en cuenta el tema de residuos generados de los procesos productivos y consumo energético en general (Georgescu-Roegen 1996).

Por otro lado, la segunda ley de la termodinámica, o el principio de la entropía, es sin duda el principio biofísico que más ha influido en el pensamiento económico puesto que esta ley implica que existe energía que puede ser utilizada y convertida en trabajo y existe energía que luego de usarse no es útil; es decir, ningún proceso de consumo de energía puede tener una eficiencia del 100% y menos esa energía puede ser reutilizada cuando ya no es útil, este fenómeno se conoce como irreversibilidad; esta explicación es vital para entender la relación que existe entre la naturaleza y la economía y la contradicción de la economía ambiental con el ambiente en general (Georgescu-Roegen 1996).

Además, la imposibilidad de crecimiento al infinito, por el límite natural, pone de manifiesto otra distorsión estructural de la economía ambiental, puesto que la falta de distribución más equitativa de ese crecimiento económico, es decir la apropiación de los factores productivos, en especial de los recursos naturales, genera conflictos, más aún cuando el interés material proporcionado para el sustento humano (supervivencia) es amenazado por intereses netamente mercantilistas, dando origen al llamado ecologismo de los pobres (Martínez Alier 2004).

Finalmente, la economía ecológica postula que la degradación del ambiente y el reconocimiento de que los sistemas económicos son abiertos, obligarían a definir metas macroeconómicas socialmente convenientes, para el mantenimiento de los estados dinámicos de equilibrio ecológico y económico; por lo tanto, la economía ecológica analiza los sistemas económicos y los problemas ambientales en el marco de la teoría de los sistemas complejos y multidisciplinarios que se deben analizar de forma multidimensional (García 2003, 75-80). Por lo expuesto, se puede concluir que la diferencia propuesta sobre la concepción de la importancia de los recursos naturales no nace de las diferencias de “primer y tercer mundo” o países desarrollados y países subdesarrollados, sino de los compromisos morales y las necesidades materiales de los bienes y servicios ambientales para el sustento humano (Martínez Alier 2004).

1.3.3 La noción teórica del agua.

La conservación del recurso hídrico y su sustentabilidad, son elementos fundamentales que se analiza en la presente investigación, por lo que se consideró apropiado presentar la discusión en torno al enfoque teórico del agua; este enfoque sugiere que un recurso hídrico será sustentable si al menos cumple con tres requisitos: que exista disponibilidad del recurso (calidad, cantidad y acceso), que se realice un uso adecuado y que el recurso hídrico, luego de ese uso, sea devuelto al ecosistema en las mejores condiciones posibles; todo esto con el fin de mantener el recurso hídrico a lo largo del tiempo; es decir, la sustentabilidad del recurso hídrico se relaciona tanto con los aspectos biofísicos como con las actividades humanas, a este concepto se conoce como gestión integrada de recursos hídricos (Lloret 2009). Ahora bien, la sustentabilidad del agua está vinculada a la disponibilidad del recurso hídrico y sus estrategias de conservación; en el presente documento se compara dos estrategias de conservación claramente definidas, por un lado el manejo privado mediante la adquisición de predios y por otro el co-manejo de un territorio mediante arreglos institucionales y acuerdos de conservación.

Sin embargo, no siempre la administración del agua se realiza en un enfoque de gestión integrada, por cuanto el interés primordial de los conglomerados humanos es obtener el recurso hídrico e ignora aspectos sociales o biofísicos como por ejemplo el ciclo hidrológico; a este enfoque, que pone énfasis en el desarrollo de obras hidráulicas que en general se desarrolla en un marco conflictivo, se conoce como la visión expansionista del agua.

(Aguilera, 2000). Esta noción ha causado la idea del abastecimiento generalizado a todo nivel por ser un “derecho fundamental”. Por esta razón, se justifica todos los esfuerzos por tratar de solventar las necesidades de consumo de los diferentes usos del agua a lo largo del tiempo, sin tomar en cuenta los límites naturales que expone la economía ecológica.

Por otro lado, la gestión integrada del agua supone una administración que toma en cuenta el ciclo hidrológico, es decir, como un sistema abierto he insertado en las leyes naturales biofísicas, este enfoque hace que la gestión del agua no se limite a aumentar o asegurar la provisión del recurso, sino que se orienta a un uso responsable y tratamiento del mismo, (Naredo 1997), por lo tanto, este concepto ambiental, guarda relación con los conceptos económicos de sustentabilidad fuerte y de economía ecológica.

Dentro de este contexto teórico, se debe enfocar al agua no solo como un bien físico sino como un recurso ligado a servicios que provee un ecosistema vivo e incluso se la puede definir como un activo ecosocial, es decir; un recurso que tiene la capacidad para satisfacer un conjunto de funciones económicas, sociales y ambientales (Aguilera Klink 2000), de ahí la necesidad de establecer la evaluación de la presente investigación desde una perspectiva multidimensional.

En función de estas conceptualizaciones se pueden definir tres factores que atentan contra la sustentabilidad fuerte del agua; un factor económico, donde las barreras económicas permiten o no acceder al recurso hídrico, otro factor es el social, que puede decantar en conflictos por el acceso y un uso responsable o irresponsable del recurso y finalmente un factor ambiental donde limitaciones biofísicas permiten o no el acceso en cantidad y calidad del recurso hídrico.

Estos elementos presionan para que el tema del agua sea tratado en un ámbito sistémico, multidimensional y evolutivo, para que las políticas se trasladen desde un expansionismo social, económica y ambientalmente injustificado hacia una gestión integrada del agua y territorio (Aguilera Klink 2006). Por estas consideraciones, para analizar la conservación del agua, se debe tomar en cuenta los principios de gestión integrada del agua y la economía ecológica; es decir, visualizar la economía en el contexto de un sistema abierto, multidimensional y con la característica de la imposibilidad de sustitución del agua con bienes fabricados por el ser humano.

1.3.4 Fundamentos del análisis multicriterio

Al tomar en cuenta el enfoque conceptual de la economía ecológica, donde se expresa la relación ser humano con el ambiente, enmarcado en dos disciplinas, la economía y la ecología; la economía requiere una métrica distinta, más holística, al extender el análisis más allá de un enfoque crematístico, donde se muestra que la noción de que valor no necesariamente es equivalente a ingresos monetarios (Constanza 1989).

Esta reflexión nos lleva a una segunda consideración importante, la economía ecológica necesita métodos de análisis que permitan el diálogo entre diferentes disciplinas y actores; sin embargo, la comunidad científica se enfocó históricamente en interpretar la realidad para explicar fenómenos específicos a una disciplina de la ciencia que no eran comprendidos hasta ese momento, generando modelos y soluciones aceptadas universalmente por la comunidad científica por un determinado tiempo, a esto se conoce como paradigma científico y a esta actividad científica se conoce como ciencia normal, establecida por Tomas Khun en su libro: la estructura de las revoluciones científicas (Funtowicz y Ravetz 1993).

La contribución de Khun en la ciencia se basa en la necesidad de derribar paradigmas y generar nuevos, en pos del avance científico; sin embargo, esta perspectiva no es suficiente para la economía ecológica, ya que se interactúa con varias disciplinas y actores que convergen en una realidad que tiene alta incertidumbre, carga de valor, pluralidad de las perspectivas legítimas y la necesidad de dar respuestas rápidas a problemas actuales, el objetivo ya no es derribar paradigmas; por lo tanto, se propone arribar a un estadio post paradigmático, que trascienda el concepto de ciencia normal en el sentido de Khun; a esto se conoce como ciencia “post normal” que es uno de los pilares fundamentales para establecer análisis multicriteriales, donde los actores sociales (no solo científicos) de forma abierta, tienen algo importante que decir sobre el objeto y producto de la ciencia (Funtowicz y Ravetz 1993).

Ahora bien, desde una perspectiva de sustentabilidad fuerte y de economía ecológica, que se apalancan en la ciencia post normal descrita anteriormente, existen diferentes disciplinas y actores que dialogan, por lo que es muy difícil establecer una medida común en la cual se puedan comparar. Cuando existe una medida común se llama situaciones conmensurables y lo contrario se conoce como medidas inconmensurables. Por lo tanto, se puede afirmar que la idea de inconmensurabilidad radica en la discusión de comparabilidad de valores.

Existe una conmensurabilidad de valores cuando es posible comparar, medir o evaluar objetos o situaciones con un solo tipo de valor. A su vez, la conmensurabilidad, implica dos tipos, la fuerte y la débil; la conmensurabilidad fuerte significa que existe una medida común de diferentes consecuencias de una acción basada en una escala cardinal de medida, mientras que la conmensurabilidad débil significa una medida común basada en una escala ordinal. (Martinez Alier 1998).

Por otro lado, existe la inconmensurabilidad, que implica la existencia de un conflicto de valores que son irreducibles a una sola dimensión, pero son compatibles con el empleo de elecciones racionales. Es entonces a través de la comparabilidad débil donde pueden encajar evaluaciones que tomen en cuenta multidimensionalidad, debido a que dan cabido a la sustentabilidad evaluada con distintos tipos de medida (Martinez Alier 1998).

Además, la comparabilidad también se divide en fuerte y débil; la comparabilidad fuerte se da cuando existe un término único de comparación; por eso la conmensurabilidad fuerte, está relacionada con la comparabilidad fuerte y ambas están relacionadas con la sustentabilidad débil y la economía ambiental. Por esta razón, criterios, como el costo - beneficio, utilizan una comparabilidad fuerte de valores puesto que la evaluación se reduce a una escala monetaria.

Por otro lado, la comparabilidad débil se da cuando existe una elección sin un orden y con pluralidad de valores; es decir, además de que los valores sean irreducibles a una sola dimensión, no son compatibles con el empleo de las elecciones racionales; por lo que, los criterios de comparación son variados, con escalas de valor diferentes. Al apelar a distintos criterios, el resultado frecuentemente es que hay evaluaciones conflictivas de un mismo objeto. Esto es parte esencial de la filosofía del análisis multicriterio. Además, este tipo de comparabilidad está relacionado con la conmensurabilidad débil y la inconmensurabilidad y éstas, por su naturaleza están relacionadas a la economía ecológica y a la sustentabilidad ambiental fuerte (Munda 1997).

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que en general en los problemas multicriteriales, no existen soluciones que optimicen todos los criterios, por lo tanto, el decisor debe encontrar las denominadas “soluciones compromiso”, es decir soluciones que representan un equilibrio

entre los diferentes criterios. Por lo tanto, la principal fortaleza de los métodos multicriterios es su capacidad de abordar problemas marcados por evaluaciones contradictorias.

Además, los métodos multicriterio son, en general, una herramienta valiosa para abordar el estudio de la sustentabilidad. Existen un buen número de argumentos y experiencias, razones teóricas y prácticas, sobre las que se sustenta esta afirmación. Por definición, los métodos multicriterio permiten realizar evaluaciones basadas en múltiples criterios asociados con la valoración de problemas complejos que se aproximan a la realidad, por lo tanto presentan una dinámica de diferentes tipos de datos, cada uno con su lenguaje de medición que pueden ser agregados para el análisis (Martínez Alier, Giuseppe Munda y John O'Neill 1998).

Por otro lado, en la descripción fundamental del análisis multi criterio no se puede decir que una decisión es buena o mala con un modelo matemático ya que interactúan aspectos organizativos, pedagógicos y culturales en todo el proceso de decisión que contribuyen con su calidad y éxito. Por lo tanto, no se puede encontrar la validez de un procedimiento sobre una propiedad matemática de convergencia a una decisión. La solución a esta limitación es la construcción de una aproximación a la realidad compleja para ayudar a un actor a para argumentar y/o transformar sus preferencias para finalmente tomar una decisión de conformidad con sus objetivos. Cabe reconocer que esta aproximación creadora es menos ambiciosas en sus objetivos al racionalismo; pero si se desea que una aplicación matemática a los problemas complejos de la sustentabilidad ambiental sea significativa; el análisis multicriterio es la mejor opción a escoger (Martínez Alier, Munda y Neill 1998).

En este contexto, al hablar de aproximaciones mediante modelos matemáticos, se puede mencionar y describir el análisis multicriterio discreto; donde existe un número de alternativas n , que puede variar desde uno hasta un número infinito discreto, dentro de un conjunto de alternativas A (a, b, \dots, n); además existe un número m de criterios de evaluación representado por g , donde $g(i) \ i=1, 2, \dots, m$; por lo tanto, $g_i \ A \rightarrow \mathbb{R}$ para todo $i=1, 2, \dots, m$ es una función real que representa el criterio i ésimo, de acuerdo a la preferencia; por lo tanto la alternativa a es evaluada mejor que la alternativa b ($a, b, \in A$), según el punto de vista i ésimo si y solo si $g_i(a) > g_i(b)$ (Munda 2004, 34-37).

De esta forma, un problema de decisión puede ser representado por una matriz $P \ n \times \ m$, que contiene los conjuntos de alternativas A y de criterios G ; asumiendo la existencia de n

alternativas y m criterios; esta matriz se denominada matriz de evaluación o matriz de impacto; que puede incluir información cualitativa, cuantitativa o de ambos tipos. En este contexto, existen algunos modelos de agregación de los criterios para la matriz de impacto, el modelo lexocigráfico; en el que el tomador de decisiones le asigna a cada criterio una letra del alfabeto y le asigna además un orden estricto, conocido como “criterio dictador”, este modelos presenta una limitante en cuanto al análisis ya que precisamente lo que se necesita determinar es cuáles criterios presentan mayor relevancia. Otro método agregador se conoce como teoría de “utilidad multiatributo”, donde en cualquier problema de decisión existe definido un conjunto de alternativas o acciones que se desea evaluar y se los agrega en una función de utilidad, de forma que se reemplaza el análisis multicriterio por un análisis monocriterio crematístico, es decir, este método permite una total compensación entre los bienes naturales y los bienes fabricados, lo que corresponde a limitaciones tanto conceptuales como empíricas (Munda 2004).

El método agregador de superación se basa en el axioma de “comparabilidad parcial”, según éste, se puede modelar las preferencias mediante el uso de relaciones binarias: indiferencia, preferencia estricta, gran preferencia y incomparabilidad; donde se introduce umbrales de indiferencia y preferencia. La limitante de este modelo es su estabilidad en los resultados, puesto que variaciones pequeñas de los puntajes, pueden ocasionar serias distorsiones; por lo que es fundamental realizar un análisis adicional de sensibilidad. Otro método es el modelo multicriterio cualitativo, donde la información cualitativa se transforma en información cardinal, de esta forma puede interactuar con la información cuantitativa, dentro de este modelo se ha desarrollado métodos de agregación con posibilidad de tratar información mixta como el REGIME y el EVAMIX. La limitante con estos métodos es el problema de la equivalencia de los procedimientos usados para estandarizar las diferentes evaluaciones de comportamientos de las alternativas según distintos criterios; por eso se ha desarrollado un método que representa la información cualitativa mediante conjuntos difusos y no mediante información cardinal (Munda 2004).

Con todos los antecedentes expuestos, el uso de un método que permita la agregación de criterios tanto cualitativos o cuantitativos que representen resultados robustos, dentro del análisis multicriterio es la método NAIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments), desarrollado por el Profesor Munda que permite la introducción de

datos cualitativos, cuantitativos difusos, determinísticos y estocásticos, flexibilidad clave para este tipo de análisis (Munda 2004, 670-677).

Por lo tanto, para analizar la sustentabilidad del recurso hídrico, desde una perspectiva de ciencia pos normal planteada por Funtowicz y Ravetz; es necesario anclarse a los conceptos económicos de comparabilidad débil e inconmensurabilidad; donde existe una pluralidad de valores, por esta razón, para la prueba de hipótesis del presente estudio, se ha decidido utilizar el Análisis Multicriterio cualitativo NAIADE, como un método de análisis, a fin de facilitar la interacción de lenguajes múltiples, con una escala determinada y de naturaleza multidimensional, en este caso dimensiones económica, social y ambiental; para con ello contribuir a la toma de decisiones y reflexión de políticas públicas.

1.3.5 Estado del arte.

Existen varias formas de abordar la relación entre la economía y la conservación de los recursos naturales; por un lado, las investigaciones que toman como base la sustentabilidad débil y la economía ambiental, mediante métodos monocriteriales, que en general utilizan indicadores económicos que mercantilizan los recursos naturales y por otro lado, las investigaciones en base a la sustentabilidad fuerte y la economía ecológica, donde se aplican métodos multicriteriales; es decir de distintos enfoques y disciplinas de la ciencia que interactúan entre sí.

En el primer enfoque se enmarcan investigaciones que se relacionan con la sustentabilidad débil y la economía ambiental, donde se aborda el tema de la conservación desde una perspectiva de sustitución de capital natural por capital fabricado.

Bajo estas premisas conceptuales, las investigaciones demuestran que el cálculo de indicadores económicos como el costo beneficio o el retorno de la inversión, son suficientes para garantizar la conservación de áreas donde se encuentran fuentes de agua, para esto se debe definir el servicio ecosistémico hídrico que se dese evaluar, como por ejemplo control de sedimentos, regulación hídrica o rendimiento hídrico; este servicio ecosistémico hídrico identificado y cuantificado interactúa y hace parte integrante de indicadores económicos de costos, beneficio, rentabilidad y retorno a la inversión; por lo tanto al integrar en el mismo cálculo indicadores ambientales y económicos y al tener resultados positivos, los beneficios

cuantificados crematísticamente son suficientes para la toma de decisiones en el ámbito de gestión de recursos hídricos (Messer 2005; Froeger et al. 2017; Aguirre 2009).

Si bien la presente investigación no realiza una interacción entre el servicio ecosistémico hídrico y los indicadores ambientales, plantea un diálogo de las diferentes disciplinas que se enmarcan en las dimensiones ambientales sociales y económicas, sin dejar de lado ninguno de los indicadores evaluados; el aporte de estas investigaciones subyace en el hecho de revelar las interacciones entre los servicios ecosistémicos hídricos e indicadores económicos, sin embargo se ve limitado su análisis al no identificar que existen diferentes mecanismos de conservación que dependen a su vez de las realidades e interacciones sociales y políticas de toma de decisión para gestionar las áreas y los recursos naturales donde se generan los servicios ecosistémicos hídricos.

En el contexto de la economía ambiental, para superar la limitación en cuanto a la forma de gestión de los recursos naturales y el agua en forma específica y la limitación en cuanto a que no existe un mercado consolidado por vía de precio para garantizar la conservación de áreas de interés hídrico, se ha creado mecanismos que en esencia tratan de corregir externalidades del mercado mediante el teorema de Coase que se revisó en el acápite anterior; este mecanismo es el Pago por Servicios Ambientales (PSA) que es una forma de mercantilizar la disposición de pago por conservación de los ecosistemas para garantizar los servicios que éstos prestan.

Bajo esta línea conceptual se ha aportado a la discusión sobre el grado de efectividad del mecanismo de PSA para asegurar la conservación de los recursos naturales desde una perspectiva de las interacciones sociales vinculadas a los procesos de toma de decisiones, es interesante rescatar que en el ámbito comunitario donde los actores presentan bajos recursos es poco probable que exista un cambio de uso de suelo que atente contra la conservación del área pactada para conservación, lo que repercute en mejoras sustanciales de indicadores ambientales como la calidad de agua; sin embargo también se muestra en otras investigaciones que en el mediano plazo estas comunidades y pequeños productores pueden caer a quintiles más bajos de ingreso y decantar en agudización de la pobreza, lo cual pone en riesgo el mecanismo de PSA, otro factor que puede poner en riesgo es el mecanismo de la toma de decisiones para comunidades, debido a que se constató en varias investigaciones un grado de disociación entre las opiniones de los líderes comunitarios con sus bases (Hayes et

al. 2015; Kolinjivadi et al. 2015; Tapasco et al. 1997). Además cabe destacar que este mecanismo en una comparación entre el arreglo comunitario y un arreglo individual, determinó que el PSA es más efectivo si es realizado en forma individual, debido a que las recompensas colectivas son más vulnerables en cuanto a asegurar el compromiso de conservación de todos los miembros de un colectivo (Midler et al. 2015).

Dentro del segundo enfoque conceptual se enmarcan investigaciones multicriteriales que se relacionan con la sustentabilidad fuerte y la economía ecológica, donde se aborda el tema de la conservación desde una perspectiva de imposibilidad de sustitución de un capital natural por un capital fabricado y aborda el tema desde una perspectiva ambiental y social. Los estudios demuestran que existe diferencia sustancial entre abordar la problemática de conservación de los recursos hídricos basado en enfoques monocriteriales y multicriteriales; basados en la capacidad de la toma de decisiones de los actores que interactúan en un área específica para conservación; así se demuestra que si bien puede existir avances en indicadores sociales como participación y democracia, existen indicadores ambientales que pueden tener estancamiento o incluso retroceso, por eso la importancia de evaluar en forma integral y sistémica este tipo de problemática (Joubert et al. 1997; Paneque et al. 2009).

En el caso de Quito específicamente existe un estudio multicriterial para identificar la sustentabilidad del agua en el período del año 1990 al 2000 captando varias dimensiones de análisis, donde se demuestra que existe una mejora de la sustentabilidad entre la década analizada, en especial en variables que se relacionan con la cobertura, el crecimiento de la oferta de agua y la calidad de servicio que la gente percibe; sin embargo existe retrocesos en la sustentabilidad en cuanto a una política de tratamiento integral del agua residual y la protección efectiva de fuentes (Villacís Byron 2005).

Con los antecedentes expuestos se identifica la necesidad de desarrollar la presente investigación desde el ámbito de la economía ecológica, donde interactúen criterios ambientales, sociales y económicos, analizados cada uno en su lenguaje, pero que exista la capacidad de análisis agregado dentro de esta corriente de pensamiento. Además se define la necesidad de contar con indicadores sociales que permita discernir y comparar las posturas de los líderes comunitarios y sus bases.

Capítulo 2

Descripción de los casos de las alternativas de conservación

El objetivo de este capítulo es describir las problemáticas territoriales de cada una de las alternativas de conservación del recurso hídrico desde una perspectiva social y biofísica, para establecer comparaciones he iniciar un proceso de reflexión y búsqueda de los criterios he indicadores claves que ayudarán a responder a la pregunta de investigación del presente estudio.

La descripción de cada una de las alternativas de conservación inician con un breve contexto histórico, localización, descripción de componentes biofísicos naturales, tales como clima, suelo, vegetación; luego se describe el componente hídrico, desde una perspectiva de cuenca, donde se muestran los caudales captados, la calidad del agua y los usos del agua generada de cada ecosistema. Al final se describe la problemática socio ambiental de los territorios donde se practica cada una de las alternativas de conservación.

Finalmente se realiza una breve comparación de las alternativas descritas, donde el criterio económico que se incurre para garantizar la conservación del recurso hídrico, así como también criterios biofísicos de disponibilidad del agua y criterios sociales son claves para realizar un análisis multicriterio que se pretende desarrollar en el siguiente capítulo.

2.1 El manejo privado. El predio Antisana

2.1.1 Contexto histórico

Los sitios aledaños al volcán Antisana históricamente han estado en manos de cooperativas comunitarias y de haciendas; una de ellas, la hacienda Antisana, que cubría más de la mitad de la actual Reserva Ecológica Antisana y estuvo en manos de la familia Delgado que dedicaron el predio a la actividad de ganadería intensiva, desde aproximadamente el año 1940; sin embargo, por su importancia en cuanto a biodiversidad y con el apoyo de algunas organizaciones nacionales e internacionales, en el año 1993 se crea la Reserva Ecológica Antisana, cabe mencionar que esta declaratoria se realiza al afectar la propiedad individual de la familia Delgado; es decir sin derecho de propiedad por parte del Estado (Roger 2007).

Posteriormente desde el año 1995 inician los estudios para construir el sistema Mica Quito Sur, sistema que inicia sus operaciones en el año 2000; por ese motivo, se firman convenios

de cooperación entre la EPMAPS y en ese tiempo el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales (INEFAN). Luego, en el año de 1996 se crea el Ministerio de Ambiente, que sustituye al INEFAN para el manejo de áreas protegidas.

Es importante señalar que luego de la Declaratoria de Reserva Ecológica por parte del Estado, la administración fue entregada a la Fundación Antisana mediante un contrato hasta el año 2007, cuando el Ministerio de Ambiente asumió el manejo del área (Roger 2007). En el año 2010 el Ministerio de Ambiente adquiere la hacienda Antisana, en el segmento ubicado a la interna de la Reserva Ecológica, mientras que la EPMAPS adquiere la zona de amortiguamiento en el flanco occidental de la Reserva Ecológica, al considerar la importancia de las cuencas que abastecen a las captaciones del sistema de agua potable Mica Quito Sur. A partir del 2010, FONAG asume un rol protagónico en el manejo del predio Antisana al efectuar acciones de conservación del recurso hídrico.

2.1.2 Localización geográfica

El predio Antisana-Contadero, llamado en la presente investigación predio Antisana, está localizado a 70 km de la ciudad de Quito, se ubica en las provincias de Pichincha y Napo (ver Figura 2.1.). En Pichincha ocupa el 24,14% del territorio perteneciente a la parroquia de Pintag (cantón de Quito). En Napo ocupa el 75,86% del territorio que corresponde a las parroquias de Papallacta (cantón Quijos), Archidona y Cotundo (cantón Archidona) (Zury, 2014).

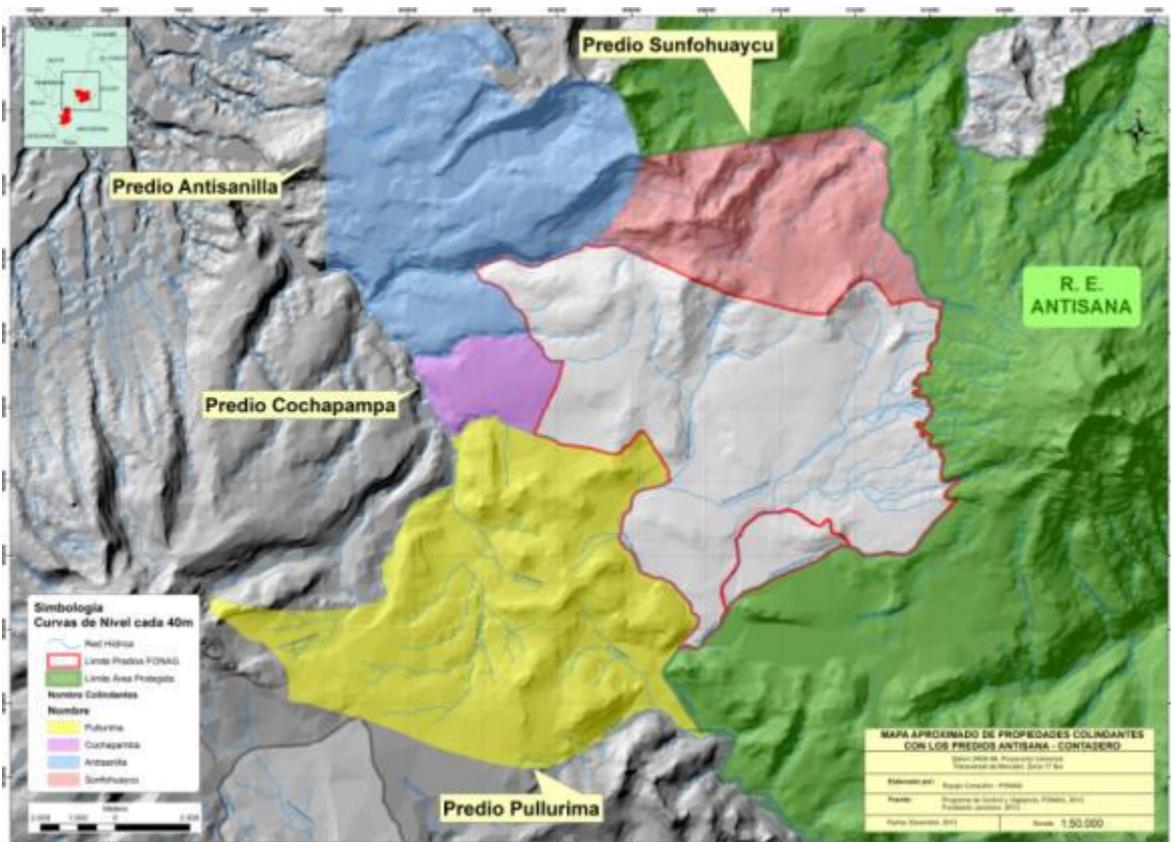
Figura 2. 1. Ubicación geográfica del predio Antisana



Fuente: FONAG, 2014.

El área específica de las dos propiedades que integran el predio Antisana es de 7.549,56 hectáreas (EPMAPS 2014). Además el predio colinda con las siguientes propiedades: en la parte norte con la Hacienda Sunfohuaycu y al noroeste con la Hacienda Antisanilla, ambas haciendas de propiedad de la Fundación Jocotoco; en la parte oeste con la Hacienda Cochapamba de propiedad del Señor Marco Vallejo y suroeste con la Hacienda Pullurima de propiedad del señor Víctor Elejalde y en la parte este con la Reserva Ecológica Antisana del Ministerio del Ambiente (ver Figura 2.2.); es decir el predio Antisana se encuentra en un área de amortiguamiento de la Reserva Ecológica (Zury, 2014).

Figura 2. 2. Propiedades colindantes al predio Antisana



Fuente: FONAG 2014.

2.1.3 Aspectos biofísicos

La precipitación dentro del predio varía entre los 1300 a los 1500 mm por año, aunque su distribución no es homogénea durante el mismo. El mes más lluvioso es abril, donde la media de los valores mínimos y máximos se acerca mucho al valor promedio del mes. La temperatura promedio es de 4°C y mantiene un patrón durante todo el año; la mayor variación

entre valores mensuales no supera los 1,5°C. El mes más frío es agosto y el más caliente, octubre (Hofstede Robert, Johanna Lips y Johanna Wibold 1998).

En cuanto a los aspectos geológicos, el sector yace sobre formaciones geológicas: la Pisayambo que cubre 2257 ha (29,9%) y está conformada principalmente por andesitas y basaltos, que se explican por presencia de volcanes activos e inactivos en el entorno. Adicionalmente, se encuentra la formación Antisana con una superficie de 4020 ha (54,44%) y que está conformada por andesitas y dacitas. Estas rocas, de dureza media, no infiltran agua con facilidad, generando los cauces superficiales que se observan en las laderas del volcán Antisana. En cuanto a los suelos de toda el área, están formados por la deposición de cenizas y la meteorización del material parental, es decir, tienen características ándicas. También, predominan los órdenes inceptisol (17,72%), molisol (17,99%) y una mezcla de ambos (50,73%), aunque existen pequeñas pero importantes áreas de histosoles (6,15%) (Castro Rafael, Mónica Romero, Gabriela Loarte y Raúl Galeas 2013).

Hidrológicamente el predio forma parte de la divisoria continental; el 21,21% de sus aguas drenan al Pacífico (Demarcación Hidrográfica Esmeraldas) y el 78,79% a la Amazonía (Demarcación Hidrográfica Napo), para desembocar eventualmente en el océano Atlántico. En el marco del enfoque de cuencas el predio Antisana cuenta con cinco unidades hídricas menores, que son: Jatunhuico, Santa Lucía, Antisana, Micahuaicu y una afluentes del Pita (Lahuatte Braulio, Mery Recalde, 2015). Estas cuencas aportan un caudal que cubre alrededor del 40,5% del caudal total del sistema la mica quito sur.

En cuanto a la cuenca de Jatunhuaico, de acuerdo a información obtenida en el plan de manejo del predio Antisana, en su nacimiento, presenta valores de caudal de 44.96 l/s, pasando por el sector donde la pendiente se reduce en el puente que cruza la carretera de acceso, cuyo valor es de 79,22 l/s, es decir, que el caudal aumenta en un 75% en un tramo de 3.5 kilómetros (Zury 2014).

Además, en el punto de cierre de esta cuenca, en la confluencia con el río Yacupamba, el valor de caudal promedio anual es de 325,81 l/s, medido con aforos puntuales. Se demuestra, así, la influencia del agua de almohadillas y aportes subterráneos. En cuanto a la cuenca Santa Lucía, en la zona baja, antes de unirse con la quebrada Humboldt presenta un caudal

promedio de 180.83 l/s. Luego de esta unión en cambio, el caudal promedio aumenta hasta los 478.21 l/s (Zury 2014).

En la cuenca Antisana, en la parte alta, registra un caudal de 355.12 l/s. La influencia, sobretodo del sector occidental se evidencia en la confluencia con una pequeña quebrada. Luego de la confluencia con la quebrada Santa Lucía, el caudal registra 1152 l/s. Además, se empieza a observar un caudal más torrencial y mayor presencia de rocas grandes. En la parte baja, la medición promedio de caudal registra aproximadamente 1286 l/s, casi lo mismo que lo medido luego de la confluencia Antisana-Santa Lucía. Al parecer existiría alguna razón natural para que se pierda cantidad de agua en este tramo (Zury 2014).

En cuanto a la cuenca Micahuaycu, presenta un área de drenes naturales que descienden del nevado Antisana y se caracteriza por ser un ecosistema de humedales con predominancia de almohadillas. El aporte referencial de esta quebrada es de 646,59 l/s, constituyéndose en el segundo aportante principal de la microcuenca del río Antisana. Finalmente, para tener una referencia de la cantidad de agua que se vierte a la subcuenca Pita que está fuera del predio, los caudales promedio de los tres aportantes son los siguientes: quebrada Chicana 472,22 l/s, quebrada Huanguil 344,26 l/s y quebrada Totorá Chupa 72,56 l/s. El valor de la quebrada Chicana representa el total aportante de estos afluentes a la subcuenca del río Pita (Zury 2014).

Es importante señalar que dentro del predio Antisana, el páramo presenta un estado de degradación producto de actividades productivas como el pastoreo que se extendieron por más de 200 años en el lugar, a pesar de este disturbio antrópico extendido, el ecosistema páramo y el glaciar aun forman riachuelos que nacen y recorre hacia las partes bajas, formando humedales, lagos y lagunas. De los aportes importantes de agua que nacen en los páramos, gran parte del volumen es captado por la EPMAPS por medio del establecimiento de la represa La Mica, con el único propósito de transportar el agua para el consumo humano destinado para el DMQ. Dentro del predio y en la Reserva Ecológica Antisana, se encuentra el sistema La Mica-Quito Sur, que aporta al abastecimiento de agua al DMQ en un 18% aproximadamente, el sistema cuenta con el embalse La Mica, y una serie de captaciones interconectadas como: Capatación Antisana, Diguiche y Jatunhuaico (Lahuatte Braulio, Mery Recalde 2015).

De acuerdo a la información que mantiene la EPMAPS del año 2012 de los sitios de muestreo para calidad del agua en las captaciones de los ríos Antisana y Jatunhuaycu (ver Tabla 2.1.), podemos ver los resultados de algunos parámetros establecidos por TULSMA.

Tabla 2. 1. Parámetros de calidad de agua del predio Antisana.

Principales parámetros de calidad del agua en el predio Antisana-Contadero.	Medida
Temperatura del agua	Entre 8 °C y 12 °C
Sólidos totales disueltos	Entre 25 mg/l y 199 mg/l
Oxígeno Disuelto	< 6 mg/l
Sólidos Totales	151 y 329 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Entre 0,7 a 3, 5 mg/l
Hierro Total	Entre 0,365 a 3,278 mg/l
Coliformes totales	>2420NMP/100ml
Escherichia Coli	Entre 3 a 579 NMP/100 ml

Fuente: FONAG 2014 y Zuri 2014.

Los principales servicios que presenta el predio son: a) el aprovisionamiento de agua para una importante cantidad de personas del DMQ (aprox. 600.000 habitantes); b) la regulación climática y fijación de carbono, pudiendo llegar a capturar hasta 1.700 Ton/Ha de carbono que de ser liberado aceleraría los procesos de efecto invernadero y calentamiento global y; c) los culturales que comprende la belleza escénica, la herencia cultural, la identidad con estos sitios, así como la importancia recreacional y espiritual que tienen estos páramos (Zury 2014).

En cuanto a la vegetación, se puede mencionar que existen tres ecosistemas: Herbazal del Páramo (HsSn02), Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo (HsNn03) y Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo (HsNn02). De ellos, la mayoría de la extensión la posee el Herbazal del Páramo (90,38%), mientras que los otros dos únicamente pertenecen a sectores muy puntuales. Casi el 70% de la superficie está cubierta por vegetación natural de páramo, dividido en páramo de pajonal en los sectores más bajos y superpáramo en los sectores altos y de pendientes. Siguen los pastos, que abarcan poco menos de un tercio del

área y se ubican al norte, siguiendo el cauce alto del río Santa Lucía y sus afluentes y, al oeste, limitando con propiedades privadas (Lahuatte Braulio, Mery Recalde, 2015).

El predio Antisana, presenta entre las principales especies de flora al romerillo amarillo, almohadilla, pajonal, valeriana y entre fauna a la trucha, lagartija de páramo, venado, cóndor, ratón de páramo, entre otros (ver Tabla 2.2.).

Tabla 2.2. Flora y fauna en el predio Antisana.

. Tipo	Nombre científico		Nombre común
FLORA	<i>Diplostephium lavandulaefolium</i>		Romerillo amarillo
	<i>Azorella pedunculata</i>		Almohadilla
	<i>Lachemilla orbiculata</i>		Almohadilla
	<i>Calamagrostis intermedia</i>		Pajonal
	<i>Hypochaeris sp.</i>		Hierbas
	<i>Chuquiragua jissueui</i>		Chuquirahua
	<i>Valeriana microphylla</i>		Valeriana
FAUNA	Peces	<i>Salmo Trutta</i>	Trucha
	Reptiles	<i>Stenocercus guentheri</i>	Lagartija de páramo
	Anfibios	<i>Osornophryne Antisana</i>	Ranita de páramo
	Aves	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor Andino
		<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	Curiquingue
		<i>Buteo polyosoma</i>	Gavilán
		<i>Theristicus melanopis</i>	Bandurria
		<i>Anas Andium</i>	Pato Andino
		<i>Larus serranus</i>	Gaviota de altura
	Mamíferos	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso de anteojos
		<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
		<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Lobo andino
		<i>Puma concolor</i>	Puma
<i>Thomasomys páramorum</i>		Ratón de páramo	

Fuente: FONAG, 2014

2.1.4 Aspectos socioeconómicos

Dentro del área del predio Antisana no se encuentran asentamientos humanos y, por consiguiente, no se desarrollan de manera planificada actividades productivas económicas.

Esto se refleja en el proceso de conservación y recuperación de los recursos vegetales e hídricos que está experimentando el predio actualmente. No obstante, en la zona colindante del predio, se identifican estructuras sociales, familiares y comunitarias que practican actividades productivas (ganadería intensiva y extensiva, monocultivos, utilización de químicos, cacería comercial, pesca, entre otras) que influyen en la conservación de los recursos ambientales del predio (Lahuatte Braulio, Mery Recalde, 2015).

Las actividades socio ambientales se basan en actividades productivas de las comunidades y haciendas de forma legal e ilegal que se realizan en los alrededores del predio Antisana, donde los actores responsables de la conservación del recurso hídrico son: la EPMAPS, como propietaria del predio y responsable del Sistema La Mica; el FONAG que gestiona actividades de conservación en el predio y el MAE a través de la administración de la Reserva Ecológica Antisana. De manera general, dentro del predio se desempeñan acciones destinadas a conservación del recurso hídrico como la investigación, sensibilización ambiental, restauración de cobertura vegetal, retiro de disturbios antrópicos y control y vigilancia del área. Sin embargo, de acuerdo a conversaciones mantenidas con los responsables del manejo del área, a partir de la compra hasta el año 2014 existió actividades de ganadería furtiva dentro del predio; acciones que se fueron extinguiendo desde el año 2015, mediante políticas institucionales de la EPMAPS y FONAG (Ximena Fuentes, Funcionaria responsable de los predios de la EPMAPS, en conversación con el autor, septiembre de 2016).

Por otro lado, existen actividades que se desarrollan en los sectores colindantes que interactúan con el predio Antisana-Contadero, como son la conservación de la biodiversidad de fauna, la investigación de hábitats de aves, la ganadería, turismo controlado (ver Tabla 2.3.).

Tabla 2.3. Actores que interactúan con el predio Antisana.

Límites Predio	Actores sociales e institucionales	Actividades principales	Interactuación
Norte Nor Oeste	Hacienda Sunfohuaycu y Antisanilla, propiedad de Fundación Jocotoco	Actividades de conservación de la biodiversidad de fauna Investigación de hábitats de aves. Ganadería.	Fundación Jocotoco compró estas áreas para conservar las áreas degradadas para la recuperación de ecosistemas de altura, como hábitat para el cóndor. En la actualidad, aún mantienen alrededor de 400 cabezas de ganado en la Reserva Antisanilla para alimento de los carroñeros. En la actualidad existen intentos por realizar estrategias coordinadas con la EPMAPS y FONAG para el manejo y control del ganado de esta propiedad.
Oeste	Hacienda Cochabamba, propiedad del señor Marco Vallejo; y Hacienda Pullurima, propiedad del Señor Víctor Elejalde	Actividades de ganadería	En este límite del predio está el mayor problema relacionado al pastoreo libre del ganado proveniente de la Hacienda Pullurima, y que ha desembocado en un litigio entre la EPMAPS y el señor Elejalde. En noviembre del 2016 FONAG adquiere una parte de la hacienda Pullurima, por lo que está en proceso el retiro del ganado.
Este	Reserva Ecológica Antisana del Ministerio del Ambiente	Turismo controlado Actividades de conservación Ganadería.	Una parte del recurso hídrico que se produce en el predio alimenta de manera subterránea al embalse de la Laguna La Mica.

Fuente: FONAG 2014.

A través del tiempo, las actividades productivas se han extinguido dentro del predio Antisana desde la compra del predio por parte de la EPMAPS. Sin embargo, se han mantenido las actividades productivas, en especial ganaderas en las propiedades privadas aledañas al predio y se ha impulsado otro tipo de actividades desde la Reserva Ecológica Antisana, como: la recreación, el turismo y deportes como el trekking, principalmente desde el año 2012, cuando se decretó la entrada gratuita y libre a las áreas protegidas del Estado. Entre las principales actividades que se desarrollan en áreas aledañas al predio Antisana y que causan afectaciones

a la conservación del recurso hídrico se puede mencionar: ganadería extensiva.- es una actividad realizada tanto por las haciendas circundantes, como por las áreas comunitarias como las de El Carmen, Ubillus y San Agustín. La ganadería extensiva en el predio genera: degradación de la cubierta vegetal, atracción de especies invasoras, compactación del suelo y disminución de la calidad y de la regulación hidrológica de las microcuencas aportantes. El predio no mantiene ganado vacuno, es una actividad a la que está sometido desde las haciendas colindantes y de la REA en la zona de Patouglana, Laguna de Santa Lucía, los Chosalongos y las partes medias y bajas del río Jatunhuaycu. La caza.- la caza furtiva de la fauna silvestre, es otra de las actividades ejercida por las comunidades cercanas al predio (El Carmen y San Agustín), tanto para fines alimenticios como para fines comerciales, de ahí la importancia de actividades de vigilancia y control del regular el acceso de foráneos al predio. Turismo.- La Reserva Ecológica Antisana mantiene relación con operadoras turísticas, las cuales ingresan a la Reserva tanto al Embalse como al Antisana, la particularidad con el ingreso al Nevado, es que éste se realiza por el predio Antisana, mediante una vía lastrada hasta cierto tramo, por lo que el predio se convierte en una vía de paso para el turismo a la Reserva Ecológica (Ximena Fuentes, Funcionaria responsable de los predios de la EPMAPS, en conversación con el autor, septiembre de 2016).

La expansión turística en el sector constituye la actividad más compleja de lidiar por los guardapáramos de las diversas instituciones vinculadas al manejo de las áreas ya que, según información proporcionada por la EPMAPS, por semana ingresa un promedio de 79 carros y 429 personas, cantidad que puede llegar a triplicarse en días feriados (EPMAPS 2015).

2.2 El manejo cooperado. El caso Oyacachi.

2.2.1 Contexto histórico

El primer asentamiento de la comunidad de Oyacachi data del año 1580, mientras que en el año 1906 se forma la comuna y recibe por parte del Estado la propiedad de las tierras la comuna fue reconocida legalmente en 1939 (63.000 ha); en 1958 se establece la parroquia de Oayachi como jurisdicción política. En el año 1970, mediante Acuerdo Ministerial No. 322, el 26 de Julio de 1970, se crea la Reserva Ecológica Cayambe Coca (403.103 ha); en 1980 se construye el sistema de agua entubada de la comunidad y apenas en el año 1982 la comunidad de Oyacachi es socializada sobre la creación de la Reserva Ecológica, donde ellos se encuentran inmersos (Meza 2016).

En 1990 se construye el sistema Papallacta con capacidad para 3000 litros por segundo que cuenta con tres embalses, en 1998 se construye el denominado “optimización del sistema Papallacta” (Hurtado 2012). Mediante Registro oficial No.283 del 21 de septiembre de 2010 la Reserva Ecológica cambió su categoría a Parque Nacional, la razón que sustentó el cambio de categoría fue la necesidad de generar disminuir los conflictos generados con la población, mediante la posibilidad de desarrollo económico de la comuna de Oyacachi, inmersa en el Área Protegida, lo que implica mayor flexibilidad en cuanto a las actividades productivas que se pueden desempeñar en el área (Meza 2016).

En el año 2000 se produce una primera negociación entre la comuna de Oyacachi y la EPMAPS exigiendo compensaciones por llevarse recursos naturales de su territorio; en el año 2001 se suscribe un acuerdo transaccional entre EPMAPS y Oyacachi, donde la EPMAPS se compromete a pagar por concepto de compensación una suma anual que varía de 6000 hasta los 9000 dólares, además de permitir el uso de la vía construida y ayudar en potenciar actividades productiva, siempre y cuando respeten las obligaciones por estar dentro de un área protegida, más aún en sitios cercanos a captaciones de agua (Homero Castanier, Jefe del Dpto. de Gestión Ambiental de la EPMAPS, en conversación con el autor, junio de 2016).

En el año 2010 se produce una segunda negociación por ese motivo, producto de ese acuerdo se establece la construcción de un sistema de agua potable, líneas de alcantarillado y la construcción de una planta de tratamiento de agua residual. En el año 2015 concluye la construcción del sistema de agua potable y a la fecha se encuentra en etapa de estudios, tanto el alcantarillado como la planta de tratamiento de agua residual (Homero Castanier, Jefe del Dpto. de Gestión Ambiental de la EPMAPS, en conversación con el autor, junio de 2016). Finalmente, en el año 2016 se constituye la junta de agua potable, mediante resolución de la SENAGUA.

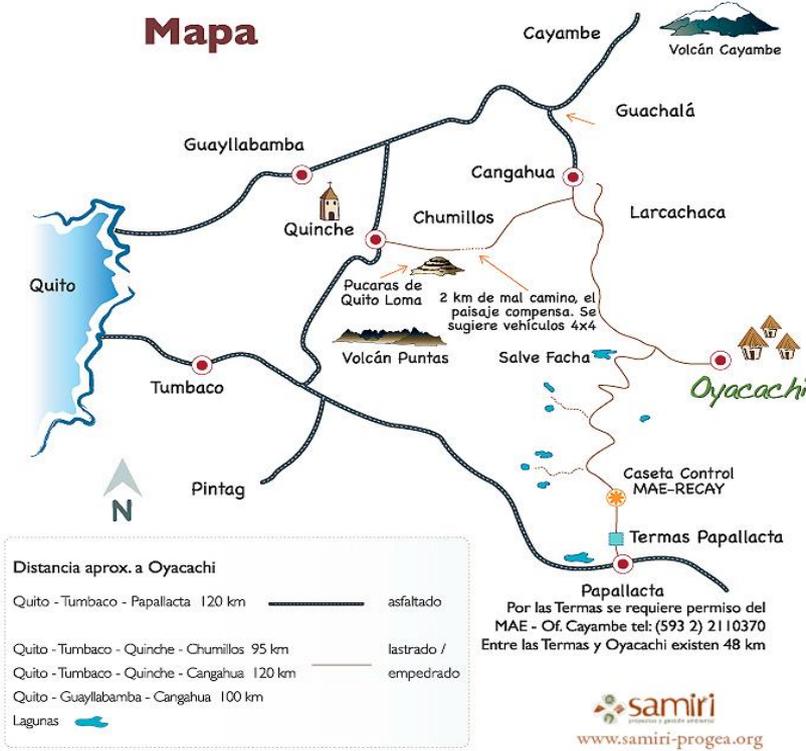
2.2.2 Localización Geográfica

La comuna kichwa de Oyacachi está ubicada a 45 Km de la Ciudad de Quito, en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes, en el cantón el Chaco de la Provincia de Napo, en el límite occidental de la Provincia de Napo con la Provincia de Pichincha (ver Figura 2.3.).

Geográficamente se encuentra ubicada en el sector Noreste de la provincia de Napo y al sur del cantón El Chaco posee un área de 81.550, 98 hectáreas con una altitud respecto al mar que va desde los 1600 msnm hasta llegar a los 4800 msnm (Hurtado 2012).

Los límites de la parroquia Oyacachi se encuentran determinados al Norte con las parroquias Cangagua y Olmedo pertenecientes al cantón Cayambe; al Sur con la parroquia de El Chaco y el cantón Quijos con las parroquias Papallacta y Cuyuja; al Este con la Parroquia Santa Rosa y al Oeste con las parroquias de Pifo y Checa (Lasso 2012).

Figura 2. 3. Ubicación geográfica comuna Oyacachi



Fuente: Samiri Pro Gea 2010

2.2.3 Aspectos biofísicos

Para el detalle de la información climática del área de la comunidad se debe considerar la disponibilidad de tres estaciones meteorológicas como son: San Marcos, Salve - Faccha y Oyacachi las mismas que proporcionan datos reales y relevantes del comportamiento del clima dentro de la zona. De acuerdo a estos registros se puede mencionar que en Oyacachi predominan dos estaciones, invierno durante los meses de Noviembre a Febrero y verano en

los meses de Marzo a Octubre. Se caracteriza por ser húmedo, con precipitaciones que van desde los 1200 mm hasta 3000 mm (Hurtado 2012).

Cabe destacar que debido a gran parte del sistema orográfico existente, así como la influencia del clima oceánico caracterizado principalmente por la presencia de la corriente cálida del niño, la parroquia presenta un clima muy complejo y constantemente cambiante. De acuerdo a los datos obtenidos por las estaciones, la temperatura está determinada por la altitud con respecto al mar pues así en las zonas más elevadas se tiene temperaturas que bordean los 0° C y en las parte más bajas de la se registran temperaturas de 17° C dando como resultado una variabilidad absoluta de las temperaturas. En cuanto a la humedad relativa la parroquia presenta el 89% de humedad (Hurtado 2012).

Los vientos de la parroquia presentan una dirección Noreste con una velocidad de 26 Km/h. Geológicamente la parroquia Oyacachi se encuentra dentro de las Formaciones: Cuyuja – Grupo Llanganates, representado por rocas metamórficas constituidas principalmente de esquistos, cuarcitas y gneises, se presenta en la zona cordillerana hacia el sur del nevado Antisana, esta formación abarca un área del 67,42% del territorio (Lasso 2012).

El sistema hidrográfico está determinada por la cuenca del Rio Oyacachi, conforme discurren las aguas en sentido Noroeste hacia el sureste de la parroquia, el rio Oyacachi recibe aportes de Salve Faccha, Cachucha, Quinchitambo, Yamuyacu, Guatsuja, Sarañan, Kariyacu (Iguinto, Sarayacu), Chalpi, Mangahuaico (grande y chico) Guagrayacu, Cedro (Grande y chico), Muerto y Santa María, y existen un sin número de quebradas que alimenta el rio y van formando cuencas que confluyen directamente al rio Oyacachi. La cuenca del río Oyacachi, pertenece al cantón El Chaco, provincia de Napo. Corresponde al 11,04% de la superficie de la Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC), cubre desde los páramos donde nace el río Oyacachi (4.440 m.s.n.m.) hasta la parte baja del río y su unión con el río Quijos (1.630 m.s.n.m.), a pocos kilómetros de la población de El Chaco. Al sur occidente, el embalse Salve Faccha, las lagunas de Guambicocha, Oyacachi, Boquerón; las cuencas de los ríos Oyacachi, Salve Faccha, Guambicocha; y hacia el oriente el límite parroquial. Hacia el norte y sur la línea cumbre que conforman la Microcuenca del río Oyacachi (Hurtado 2012).

Dentro del territorio de la parroquia de Oyacachi, el páramo se destaca sobre las demás áreas por la gran cantidad de agua que nacen y recorre hacia las partes bajas, formando ríos,

arroyos, riachuelos, esteros, quebradas, lagos y lagunas. De los aportes importantes de agua que nacen en los páramos, una parte es captada por la EPMAPS por medio del establecimiento de represas como Salve Faccha, con el único propósito de transportar el agua para el consumo humano destinado para el DMQ. Dentro de las unidades geográficas existe el sistema de agua potable Papallacta, que aporta al abastecimiento de agua al DMQ en un 16% aproximadamente, el sistema cuenta con tres embalses, Salve Faccha, Mogotes y Sucus y entre ellos una serie de captaciones interconectadas como Capatación Gonzalito, Gauyataloma, Quillugsha 1 y 2, Vikingos y captación Mogotes (Hurtado 2012).

Para el abastecimiento del agua para consumo de la comunidad, los pobladores toman el líquido vital de uno de sus afluentes y la transportan mediante tuberías de PVC al centro poblado para seguidamente ser distribuido a las familias que hacen uso de ella. Este sistema fue construido por la EPMAPS como una medida de compensación. Para un mantenimiento preventivo y/o correctivo del sistema de aprovechamiento local del recurso hídrico, la comunidad ha conformado la junta de agua comunitaria, que entre otras funciones se encuentra velar por el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua local. Otro de los usos importantes que se le da al agua, es la piscicultura como actividad comercial y además el uso medicinal y turístico con el aprovechamiento de las aguas termales y minerales que se encuentran dentro de la localidad (Lasso 2012).

De acuerdo a la información que mantiene la EPMAPS del año 2012 de los sitios de muestreo para calidad del agua en las captaciones-bocatomas de las captaciones Gonzalito, Quillugsha, Guaytaloma y Mogotes (ver Tabla 2.4.), se puede observar algunos parámetros de TULSMA.

Tabla 2.4. Parámetros de calidad de agua en captaciones del sistema Papallacta

Principales parámetros de calidad del agua en el predio Antisana-Contadero.	Medida
Temperatura del agua	7 °C y 10 °C
Oxígeno Disuelto	< 7 mg/l
Sólidos Totales	80 y 215 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,7 a 3, 5 mg/l
Coliformes	>290NMP/100ml
Escherichia Coli	>1,1 NMP/100 ml

Fuente: EPMAPS 2012

Los ecosistemas predominantes de la parroquia Oyacachi, son: Bosque siempre verde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Arbustal siempre verde y Herbazal del Páramo, Bosque siempre verde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Herbazal ultra húmedo subnival del Páramo o llamado “super páramo” (Lasso 2012).

El conocimiento de los ecosistemas es importante para identificar los servicios ecosistémicos que poseen y llegar a determinar posibles conflictos socioambientales y alteraciones de los ecosistemas.

2.2.4 Aspectos socioeconómicos

El centro poblado de la comunidad de Oyacachi está totalmente inmersa en el Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC), lo que implica ciertas restricciones a su accionar productivo y acoplarse al Plan de Manejo del PNCC, es por eso que según el Plan de Ordenamiento Territorial de Oyacachi del año 2015, el turismo ha tomado forma e incluso ha impulsado los sectores económicos existentes. Sin embargo, en la actualidad, Oyacachi es un territorio donde predominan las actividades agrícolas. Es por ello que su población tiende a laborar en esta actividad que es donde existe la mayor cantidad de oportunidades, ocupando el 58% de la población económicamente activa en esta actividad, a las que le siguen las actividades de manufactura, construcción, enseñanza y administración pública (Enríquez 2015).

Dentro de las actividades más importantes se puede mencionar la ganadería, seguida de la producción de trucha. Aunque no se tienen datos del turismo, se estima que si tenga un aporte importante, dado a la cantidad de visitantes que llegan al PNCC. Así también la elaboración de artesanías y muebles es un elemento importante de ingresos, pero existe registros al respecto. En el caso del rubro de hortalizas, pollos y cerdos, se tiene en cuenta que ahora al existir mayor número de establecimientos que ofertan servicios de alimentación, éstos demandan de materia prima para generar esos servicios a los visitantes (Enríquez 2015).

De acuerdo al análisis de cadenas, basados en los ejes de economía de mercado, criterios ambientales, aspectos socioeconómicos y sociotecnológicos realmente la cadena más fuerte resulta ser la de Turismo por el potencial y la situación actual que atraviesa, seguido de la

producción de artesanías y muebles con madera local, la trucha, ganadería de carne y leche, pollos de engorde y hortalizas (Lasso 2012).

Todas las actividades productivas descritas traen consigo conflictos con la preservación y uso de los recursos, en el tema turístico existe el riesgo de la generación de desechos que sobrepasen la capacidad de resiliencia del ecosistema, en el caso de la ganadería existen impactos fuertes como la compactación de suelo, el sobrepastoreo y el uso de tramos de ríos como abrevaderos antes de una captación o en los embalses mismos, produciendo una disminución en la calidad y cantidad del agua.

2.3 Análisis de los casos presentados

La primera comparación que se plantea es referente al componente biofísico natural, donde en ambos casos existen ecosistemas que son vitales para la provisión y almacenamiento de agua, cada caso con características claramente definidas puesto que en el predio Antisana las condiciones climáticas son más secas que las condiciones presentadas en el área de Oyacachi; esto tiene una incidencia con las características de la cobertura vegetal en cada área.

En el ámbito socio productivo, el primer caso se muestra una restricción total de actividades productivas dentro del predio y las amenazas se dan por disturbios ocasionados en las áreas circundantes y visitantes furtivos; por otro lado, el área de Oyacachi, muestra una restricción parcial del aprovechamiento de los recursos naturales, debido a que la comunidad de Oyacachi mantiene arreglos internos para conservación y se encuentra dentro de un área protegida del Ecuador y en ese territorio también se encuentra un sistema de agua potable.

Esta diferencia se muestra en las relaciones que mantienen los diferentes actores en cada uno de los territorios, por eso es importante considerar el grado de conflictos socioambientales para cada una de las estrategias de conservación.

Otro aspecto importante que se debe mencionar es el contexto histórico de las áreas, como se describe en el presente capítulo, Antisana es un predio adquirido a un hacendado que mantenía una actividad ganadera, donde no existía uso de mano de obra en forma intensiva y cuyo acceso y aprovechamiento de los recursos naturales era totalmente restringido, a merced del dueño. Mientras en el caso de Oyacachi, es una comunidad con un derecho de propiedad ancestral; donde los demás actores se han establecido luego por diversos intereses.

El sentido de restricción de acceso y aprovechamiento de los recursos naturales es el pilar fundamental para diferenciar la forma de manejo en cada caso para garantizar la conservación del recurso hídrico. Por ejemplo, en el aspecto de la actividad productiva de ganadería, en el caso de Antisana, luego de la adquisición del predio, se restringe totalmente la actividad y existe una política clara de eliminación progresiva de ganado “salvaje” que se encuentra dentro y circundante al predio. En el caso de Oyacachi esta actividad es fundamental para la comunidad; por lo tanto, a pesar de estar en un área protegida, existen reglas de manejo de ganadería principalmente que tratan de no afectar las fuentes hídricas del sistema de agua potable Papallacta.

En el caso de turismo ocurre algo parecido en el primer caso el turismo es restringido a dar permisos de paso por el predio hacia el volcán Antisana, más no se permite actividades para acampar o visita a sitios dentro del predio; en cambio en el caso de Oyacachi, el turismo es una actividad importante que poco a poco se va incrementando y es una actividad permitida y promocionada al interior del Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC).

Las actividades productivas vinculadas a la agroforestería, como producción de vegetales, cultivos de ciclo corto, aprovechamiento de madera; no se realiza en el predio Antisana, pero al igual que la actividad ganadera, es una actividad permitida y regulada dentro del PNCC. Todas estas comparaciones pueden reflejarse en términos de calidad y cantidad de agua generada en un período de tiempo determinado por los ecosistemas; por lo tanto, indicadores ambientales que reflejen la disponibilidad de agua en cada uno de los casos son componentes claves para tomar en cuenta en la presente investigación.

Finalmente, el componente económico también juega un rol clave en los procesos de conservación, puesto que precisamente las acciones de conservación son las que aseguran los servicios ecosistémicos y obviamente representan erogaciones económicas; la intensidad en cuanto a las erogaciones depende de cada caso de comparación; de ahí la importancia de analizarlo a profundidad en el siguiente capítulo.

Capítulo 3

Análisis multicriterio de las alternativas de conservación del recurso hídrico para el Distrito Metropolitano de Quito

Como se ha expresado en anteriores puntos la presente investigación se sustenta en los principios de economía ecológica, donde se precisa la imposibilidad de convertir totalmente un bien natural por un bien fabricado por el ser humano; es decir, abre la posibilidad de que existan ámbitos culturales, ambientales, sociales, entre otros, que al no poder ser expresados en términos crematísticos, deben ser considerados en el análisis económico con su propio lenguaje y escala de evaluación, esta forma de análisis se conoce como evaluación multicriterio.

Por este motivo, en este capítulo se describe las dimensiones, criterios e indicadores a utilizar para realizar la evaluación multicriterio. El primer elemento para este análisis es la estructuración de la matriz de impacto; para ello, se necesita definir las alternativas y los indicadores de evaluación. Los indicadores deben pasar por un proceso de normalización a fin de hacer comparables las alternativas evaluadas. El proceso multicriterial propiamente dicho, supone dos etapas. Una primera fase, en la cual se analizan pares de alternativas de acuerdo a cada criterio considerado en forma unicriterial o desagregada. Una segunda etapa comprende, en cambio, el procedimiento de agregación multicriterial, que permite evaluar en conjunto todos los criterios para definir el ordenamiento de las alternativas. Finalmente, un elemento importante en este proceso es la selección del método de agregación multicriterial.

Al final, este método de análisis comparativo va a permitir a tomadores de decisión sobre temas de gestión del recurso hídrico, colocar en la base de discusión dos alternativas de conservación desde la perspectiva de economía ecológica, en los ámbitos de política pública, inversiones y formas de gestión, al conocer la comparación de dos formas de conservación, la primera llamada “manejo privado” que se fundamenta en la posibilidad de restringir el acceso a un área determinada para dedicarla a conservación del recurso hídrico y la segunda llamada “co-manejo”, que se fundamenta en la imposibilidad de establecer una restricción total a un área determinada, por varios motivos, por lo cual se obliga a llevar a cabo mecanismos de negociación para llevar a cabo la conservación del recurso hídrico. Cabe mencionar que esta tipo de análisis presenta una limitación y una potencialidad; limitación en cuanto al hecho que se analizan dos casos muy específicos para la conservación del recurso hídrico del Distrito

Metropolitano de Quito, con sus respectivas particularidades, lo que debe ser considerado en su justa dimensión al tratar de extrapolar o escalar el nivel de análisis. Esta limitación conlleva la posibilidad de establecer una línea de investigación desde el enfoque de economía ecológica, que establezca análisis comparativos en el Ecuador en áreas destinadas a conservación del recurso hídrico con diferente nivel de acceso a las áreas y a aprovechamiento de los recursos naturales existentes en esas áreas, como por ejemplo el caso del Parque Nacional Cajas y diferentes áreas que están siendo adquiridas tanto por el Estado ecuatoriano, incluido Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), comunas o actores privados.

El objetivo es profundizar en la discusión teórica mediante casos empíricos a fin de tener mayores argumentos a fin de construir políticas públicas y formas de gestión para la conservación del recurso hídrico.

3.1 Construcción del análisis multicriterio

3.1.1. Alternativas de evaluación

Las alternativas de evaluación corresponden a dos formas de conservación del recurso hídrico, por un lado la conservación mediante un manejo privado (entendido desde el enfoque económico con la restricción al acceso y uso del recurso natural que se encuentra en esa área), donde el Municipio de Quito, a través de la EPMAPS realiza una adquisición de predios para dedicarlo al único fin de conservación del recurso ejerciendo control absoluto del predio con el fin de garantizar los servicios eco sistémicos hídricos asociados a la calidad y cantidad de agua ; este es el caso del predio Antisana – Contadero (en adelante llamado predio Antisana), adquirido en el año 2010 a un único propietario (hacendado), con esta compra se modificó el uso de suelo de ganadería ovina intensiva a conservación hídrica, mediante estrategias como: control y vigilancia, restauración de cobertura vegetal, evacuación de ganado, investigación, entre otras.

Por otro lado, la conservación del recurso hídrico mediante un co-manejo, que se manifiesta cuando el Municipio de Quito, a través de la EPMAPS, construye obras de infraestructura hidráulica en espacios de territorio donde no puede ejercer restricciones de acceso, debido a que se encuentra dentro de propiedades comunitarias, privadas o dentro de las áreas protegidas del Estado; en este caso el Sistema Integrado Papallacta se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), específicamente dentro del

Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC) y se encuentra dentro también del territorio comunitario de Oyacachi; por esta razón, la EPMAPS debe buscar un co-manejo con los actores para lograr la conservación del recurso hídrico.

El objetivo del presente análisis es comparar las dos estrategias de conservación del recurso hídrico en términos ambientales, sociales y económicos con un enfoque multicriterial donde se encuentran diferentes dimensiones e indicadores de evaluación acoplados en una matriz de impacto.

3.1.2 Estructura de las dimensiones

Las categorías escogidas en el presente estudio representa la integralidad del debate de la sustentabilidad, mediante criterios ambientales, económicos y sociales, cada uno de éstos incluyen criterios de evaluación; la descripción de cada categoría se describe a continuación:

Dimensión económica

Tiene como objetivo establecer la alternativa más efectiva en términos de inversión y gastos requeridos para la conservación del recurso hídrico en cada una de las alternativas analizadas. En la primera alternativa, denominada de manejo privado, las inversiones y gastos de conservación en términos generales son altos, en el primer caso debido a la adquisición misma del predio y los arreglos de las instalaciones y complementado con la intensidad de las acciones de conservación como control y vigilancia, restauración, monitoreo hidrológico, entre otros. En la segunda alternativa, que corresponde a co-manejo, las inversiones y los costos de mantenimiento son más bajos en el período analizado, las inversiones corresponden a construcción de obras hidráulicas y proyectos productivos para la comunidad de Oyacachi complementado con acciones de conservación como control y vigilancia, monitoreo hidrológico, monitoreo limnológico, entre otros; tanto las inversiones como los gastos son amparados en acuerdos de conservación.

Dimensión social

Tiene como objetivo establecer la alternativa con menor conflictividad, en las poblaciones que interactúan en cada una de las estrategias de conservación planteadas mediante percepciones tanto de los dirigentes como de los pobladores en general. En el caso de la primera alternativa, es decir, la de manejo privado, se entrevistó tanto a dirigentes como pobladores de los barrios más cercanos al predio Antisana en la parroquia de Pintag (ver Anexo). Se debe tomar en

consideración que el predio Antisana antes de ser adquirida por la EPMAPS, era de propiedad de un hacendado, cuyo fin económico era el pastoreo de ganado ovino, es decir, no existía un uso intensivo de mano de obra y el acceso al predio era restringido en su totalidad. En el segundo caso; es decir, en la alternativa de co-manejo, se entrevistó tanto a dirigentes como pobladores de la parroquia Oyacachi, quienes han sido dueños ancestrales de los territorios donde se encuentra inserto el sistema de agua potable Papallacta, operado por la EPMAPS y además se encuentran dentro del Parque Nacional Cayambe Coca, administrado por el MAE. Es decir, se debe tomar en consideración el contexto histórico para entender los resultados de las percepciones de las poblaciones analizadas. Además, en esta dimensión se analizan criterios de acceso y costos del servicio de agua potable, en ambos criterios, se debe tomar en consideración que la diferencia entre las dos alternativas de conservación, ya que en el caso del manejo privado, es responsabilidad de la EPMAPS brindar el servicio de agua potable a las poblaciones circundantes, puesto que el predio Antisana se encuentra en la parroquia de Pintag, que está dentro del Distrito Metropolitano de Quito; en el segundo caso, la alternativa de co-manejo, la parroquia de Oyacachi está dentro de la provincia de Napo, es decir, la EPMAPS no cuenta con responsabilidad dentro de su misión para prestar el servicio de agua potable; sin embargo, mediante acuerdos realizados, Oyacachi ha logrado que EPMAPS se responsabilice de la construcción de obras hidráulicas para que la comunidad administre la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.

Dimensión ambiental

Presenta como objetivo establecer la alternativa más eficiente en cuanto al mantenimiento de los servicios ecosistémicos asociados a la calidad y cantidad de agua, además se debe tener en cuenta que ambas alternativas de conservación se desarrollan en ecosistemas de páramo y bosque alto andino, que en el ámbito de división política, no se encuentran en el Distrito Metropolitano de Quito, pero son vitales para la ciudad para el abastecimiento de agua potable. Para el análisis de esta dimensión, se estableció el análisis comparativo de dos cuencas aportantes a captaciones que se encuentran dentro de las áreas analizadas; en la primera estrategia de conservación, denominada manejo privado, se escogió la cuenca de Antisana y en la segunda alternativa de conservación, denominada co-manejo se escogió la cuenca de Chalpi; cabe mencionar que la diferencia fundamental de las dos alternativas es el acceso al espacio físico y uso de los recursos naturales inmersos; por lo tanto, los servicios ecosistémicos son una consecuencia de esta restricción.

Luego de establecer las cuencas analizadas se procedió a escoger los criterios de calidad y cantidad de agua para establecer las comparaciones, en el primer caso se escogió el índice de regulación hídrica en el mes más seco del año, que básicamente da cuenta del caudal aportado por la cuenca en relación a la cantidad de agua que ha recibido por medio de la precipitación. Cabe indicar que la capacidad de regulación hídrica en el páramo es alta por sus características biofísicas, como propiedades del suelo y de la vegetación típica de ese ecosistema; sin embargo, esta capacidad de regulación puede verse afectada por la degradación del ecosistema, principalmente producto de actividades humanas (Céleri Rolando, Jan Feyen 2009). Por lo tanto, el análisis de este criterio es importante porque define tanto el grado de degradación del ecosistema, producto de actividades antrópicas, así como también el grado de efectividad de las actividades para asegurar la conservación de la cuenca aportante. En el caso del análisis de calidad de agua, se estableció el parámetro de análisis de coliformes totales en las mismas cuencas analizadas en el ámbito hidrológico. El parámetro de coliformes totales es importante desde el punto de vista ambiental puesto que da cuenta de presencia de disturbios antrópicos, en las áreas de estudio, en los casos analizados, la presencia de coliformes por heces de ganado caballar o vacuno es importante porque da cuenta de la efectividad de las acciones de conservación implementadas. El resultado de este análisis comparativo es identificar en forma comparativa de los dos casos cómo influye el grado de restricción de acceso y actividades en las áreas analizadas y el tipo e intensidad de las acciones de conservación implementadas.

De lo presentado se puede afirmar que el análisis comparativo expuesto parte de la interacción de varias dimensiones de evaluación que abordan análisis de efectividad en cuanto a inversiones y gastos para mantener la conservación de predios, criterios de percepción de negociaciones, acceso al servicio de agua potable, costos del servicio, regulación hídrica y calidad de agua. Esta interacción presenta las dimensiones analizadas en su propio lenguaje y métrica de evaluación pero que puede agregarse en un análisis económico que se enmarca en los principios de la economía ecológica.

3.1.3. Indicadores de Evaluación

En esta sección se describe cada una de los indicadores seleccionados en cuanto a la descripción de su significado, el tipo de información, la unidad de medida, la fuente y su confiabilidad de la información, cabe mencionar que la selección de los indicadores depende

de varios factores como el conocimiento empírico de la realidad de cada alternativa, la disponibilidad de información y la contribución al objetivo de cada dimensión presentada.

Dimensión económica

Inversiones realizadas para conservación

En la alternativa de manejo privado se refiere a las inversiones relacionadas a la adquisición del predio para conservación e inversiones posteriores dentro del mismo; mientras que para la alternativa de co-manejo se refiere a las inversiones en dotación de obras hidráulicas para la población de Oyacachi, proyectos productivos y otras compensaciones económicas instrumentadas en convenios, con la finalidad de conservar las fuentes de agua para Quito. Se trata de una variable cuantitativa, proveniente de información de balances financieros y presupuestos tanto de la EPMAPS como del FONAG, su unidad es dólares por hectárea conservada y el objetivo es minimizarla.

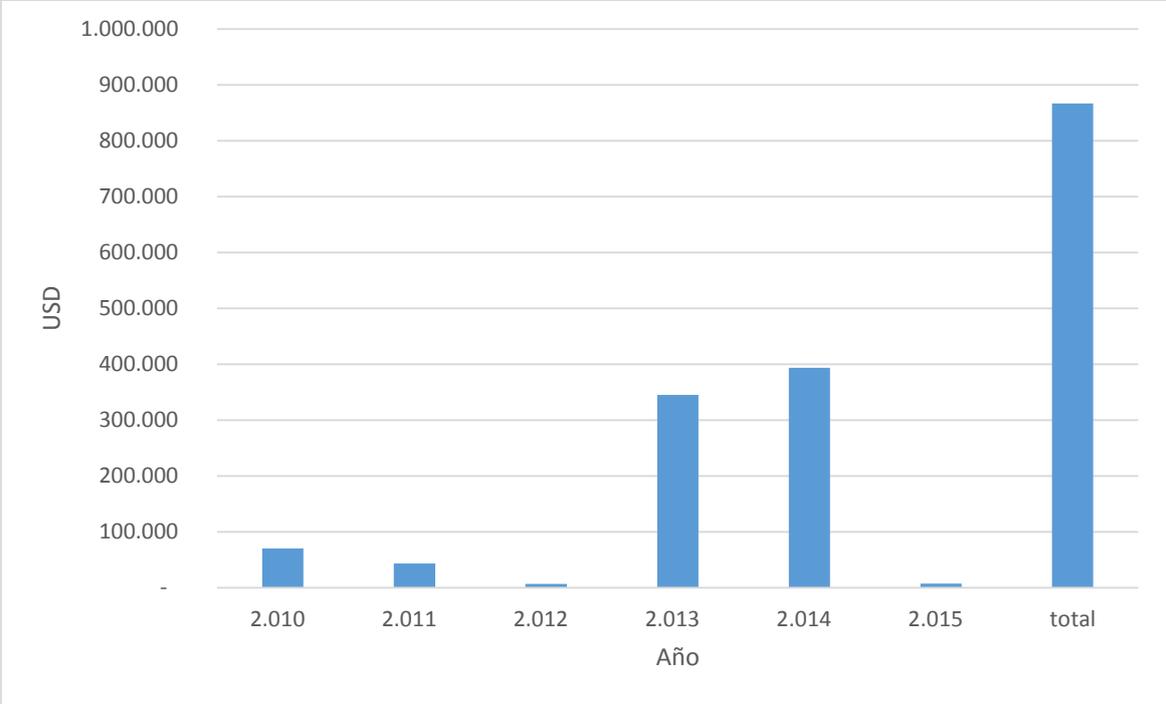
En el caso de la alternativa de manejo privado, la institución que ha realizado inversiones es la EPMAPS, puesto que en el año 2010 adquiere los predios Antisana y Contadero (predios adyacentes), con un total de 3,6 millones de dólares en 7.550 hectáreas y en el 2015 realiza una pequeña inversión de alrededor de 80.000 USD para colocar una línea de energía para la casa del predio. Con estos valores, la inversión acumulada en los cinco años en el predio asciende a 491 USD/ha.

En el caso de co-manejo, las inversiones para conservación son realizadas por la EPMAPS y el FONAG y se distribuye en diferentes actividades. Por parte de la EPMAPS, se refiere al cumplimiento de convenios de con la comunidad de Oyacachi, donde la EPMAPS se comprometió a entregar recursos económicos anuales para obras de la comunidad y a realizar obras de agua potable y alcantarillado; por su parte la comunidad se comprometió a reubicar el ganado de las zonas sensibles a las captaciones y embalses de la EPMAPS. Por otro lado, este indicador se refiere a proyectos productivos y de conservaciones impulsados y ejecutados por el FONAG en el transcurso de los cinco años.

Los rubros para inversión varían entre los 10.000 USD y los 80.000 USD durante los años 2010 al 2012 (ver Figura 3.1.), luego existe una fuerte inversión en los años 2013 y 2014, correspondiente a las obras de agua potable y alcantarillado que la EPMAPS realizó para la

comunidad de Oyacachi; con esta información recabada de las instituciones, se puede mencionar que en total se ha invertido 867.124 USD durante los cinco años.

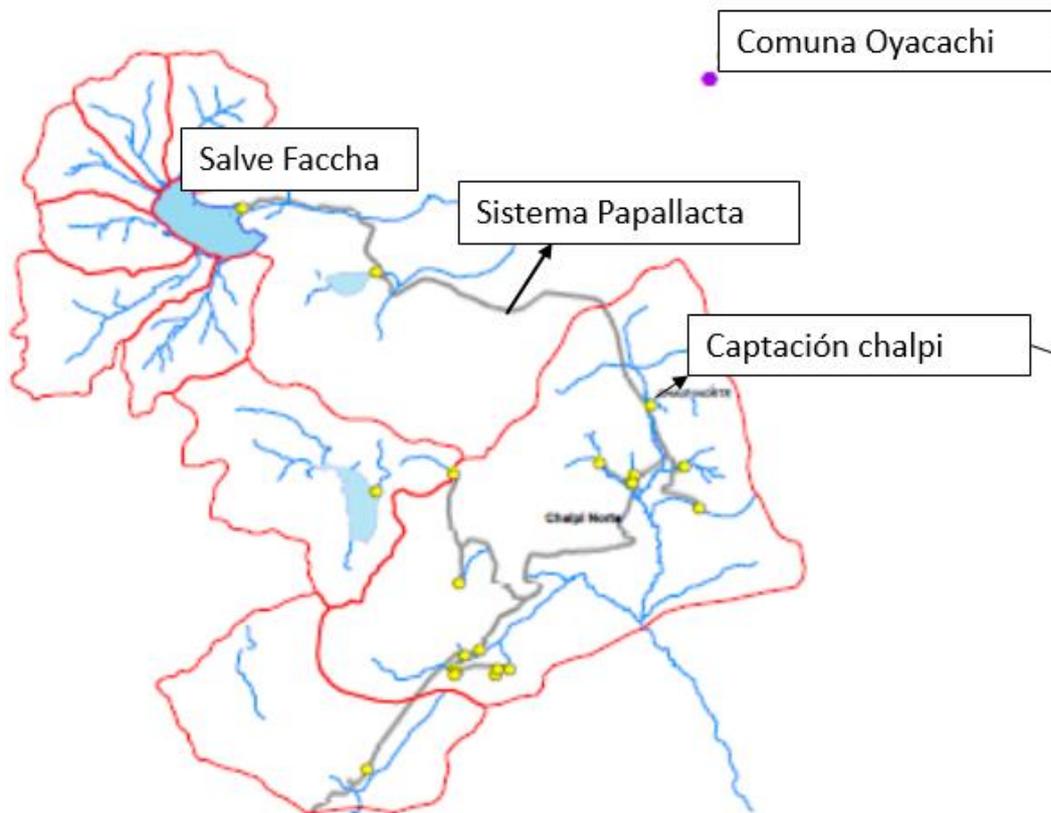
Figura 3. 1. Inversiones en el predio Antisana



Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015.

Además, de acuerdo a información del Departamento de Gestión de Recursos Hídricos de la EPMAPS, donde basado en la metodología de delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del Ecuador nivel Pfafstetter 8, existen 16 unidades hídricas que aportan a las captaciones y embalses del Sistema Integrado Papallacta, que corresponden a 13.880 ha (EPMAPS 2016). Sin embargo, luego de un análisis minucioso, con herramientas como orto fotografía y curvas de nivel a escala 1:5.000, se logró determinar que dentro de las 16 unidades hídricas identificadas, el área de aporte directo a las captaciones y embalses del sistema integrado Papallacta, es de 10.972 ha (ver Figura 3.2.).

Figura 3. 2. Cuencas aportantes a captaciones del sistema Papallacta



Fuente: EPMAPS 2016.

Por lo tanto, se puede mencionar que las instituciones han invertido en 79,03 USD/ha para conservar las cuencas aportantes a las captaciones y embalses en el transcurso de cinco años.

Gastos de manejo y mantenimiento de las áreas conservadas

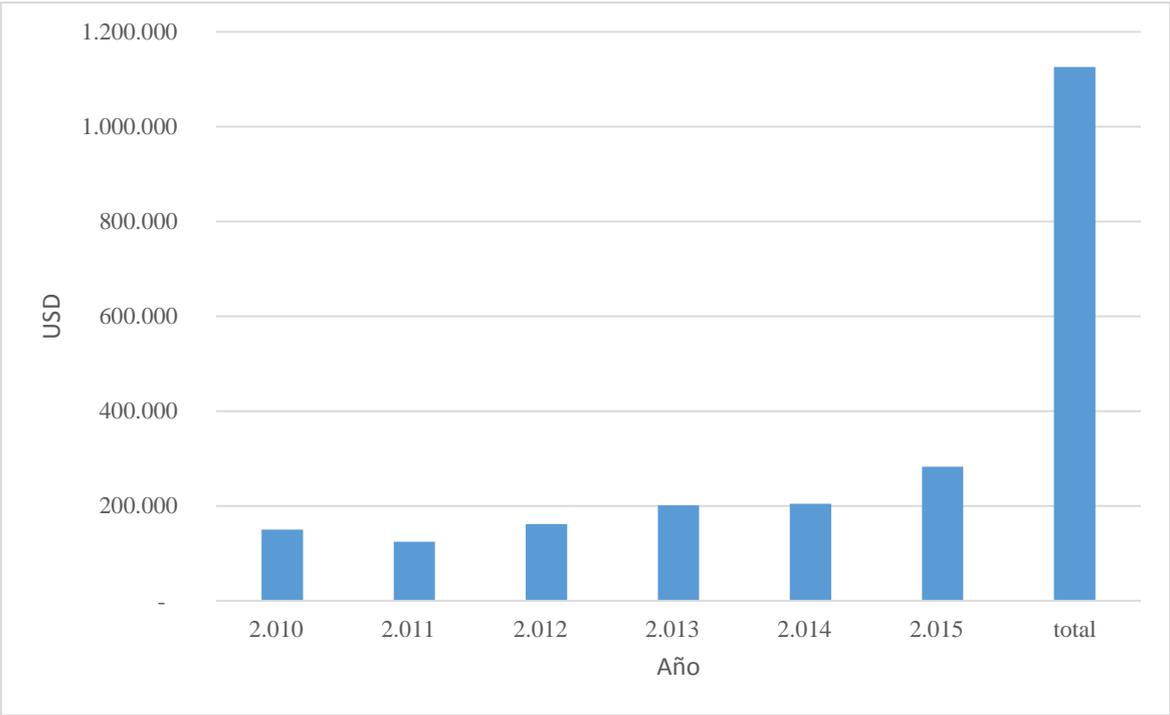
En la alternativa de manejo privado se refiere a todas las erogaciones recurrentes para mantener el área con el propósito de conservación del recurso hídrico, tales como: salarios de guardapáramos y técnicos, compra de equipos fungibles, costos operativos, investigación, restauración de cobertura vegetal, cercados y mantenimiento de cercados, entre otras. En la alternativa de co-manejo, esta variable corresponde a salarios de guardapáramos y técnicos, equipos fungibles adquiridos para monitoreo de ecosistemas, gastos operativos y restauración de cobertura vegetal. Se trata de una variable cuantitativa, proveniente de información de balances financieros y presupuestos tanto del FONAG como de la EPMAPS, su unidad es dólares por hectárea, y el objetivo es minimizarla.

En el caso de la alternativa de manejo privado, las instituciones que realizan gastos de mantenimiento para la conservación del área son la EPMAPS y el FONAG, con un aporte

promedio del 30% y el 70% respectivamente; los rubros que se aporta para la conservación del área son: salarios de personal operativo y técnico, capacitación, investigación, movilización, mantenimiento de vehículos, mantenimiento de instalaciones, equipamiento al personal, restauración de cobertura vegetal, cercado, suministros, dotación de ropa de trabajo y rotulación.

El gasto total en forma anual, desde el año 2010 al 2015 (ver Figura 3.3.), para la conservación del predio varían en forma anual, entre los 150.000 USD y 200.000 USD en el período 2010 y 2014 y existe un pico alto de gastos en el año 2015, donde el rubro asciende a 283.000 USD; por lo que el gasto acumulado en los cinco años para mantenimiento del predio asciende a 1`126.000 USD.

Figura 3. 3. Gastos anuales para conservación del predio Antisana



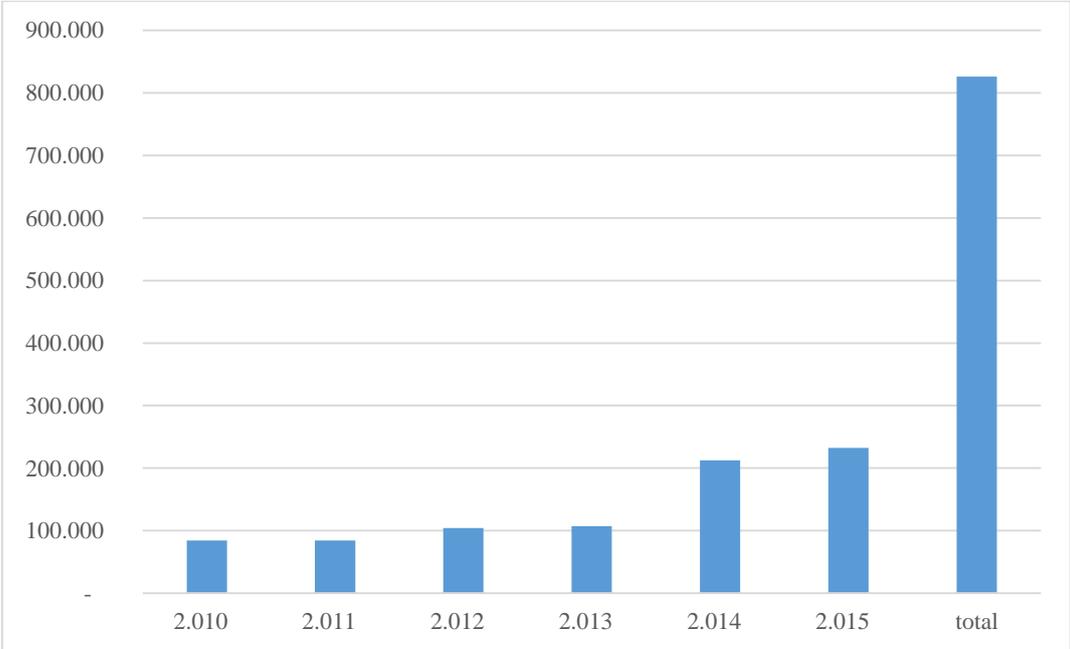
Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015.

En cuanto al gasto anual por hectárea para mantenimiento de la conservación del área, considerando una extensión de 7.550 ha; detallada en las escrituras de compra de los predios Antisana y Contadero; se puede mencionar que el gasto por hectárea entre el año 2010 y 2014 es en promedio de 22 USD/ha y en el 2015 existe un pico alto de gasto de 38 USD/ha. El gasto acumulado por hectárea en los cinco años asciende a 149 USD/ha.

En el caso de co-manejo de conservación del recurso hídrico; es decir del área que se encuentra dentro del sistema Papallacta de la EPMAPS, los gastos de mantenimiento para la conservación los realiza la EPMAPS y el FONAG; con un aporte promedio del 65% y el 35% respectivamente; los rubros que se aporta para la conservación del recurso hídrico en la zona son: salarios de personal operativo y técnico, capacitación, investigación, movilización, mantenimiento de vehículos, equipamiento al personal, suministros, dotación de ropa de trabajo, análisis y monitoreo físico químico y biológico de embalses, generación de estudios y materiales e insumos para muestreo de embalses.

El gasto total en forma anual, desde el año 2010 al 2015, (ver Figura 3.4.) para la conservación en la zona varían en forma anual, entre los 87.000 USD y 107.000 USD entre los años 2010 y 2013 y existe una elevación en cuanto a los gastos desde el año 2014, hasta alcanzar el rubro de 232.500 USD para el año 2015; esta elevación se debe principalmente a ejecución de estudios en embalses solicitados en el contexto de auditorías ambientales; por lo que el gasto acumulado en los cinco años para la conservación del recurso hídrico asciende a 826.000 USD.

Figura 3. 4. Gastos para conservación de las fuentes de agua para el sistema Papallacta



Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015.

Además, como se manifestó en el análisis del indicador anterior, existen 16 unidades hídricas que aportan directamente a las captaciones y embalses del Sistema Integrado Papallacta, que corresponden a 10.972 ha. Por lo tanto el gasto acumulado desde el año 2010 al año 2015 asciende a 75,29 USD/ha.

Finalmente, en el análisis comparativo de las dos alternativas de conservación, se puede visualizar que tanto en términos de inversiones como de gastos para conservación, la alternativa de co-manejo es más efectiva en términos económicos. Cabe mencionar que esta conclusión corresponde solo a la realidad de los dos casos analizados, donde tenemos un área adquirida como es el caso del Antisana, donde se intensificó las acciones de conservación para evitar el deterioro del ecosistema y garantizar los servicios ecosistémicos hídricos.

Dimensión social

Población servida con agua potable para consumo humano

En la alternativa de manejo privado, esta variable se refiere al porcentaje de población que tiene acceso a agua potable para consumo humano en la parroquia de Pintag, entendido el concepto de agua potable, según la Organización Mundial de la Salud como el agua que no contiene bacterias peligrosas, metales tóxicos disueltos, o productos químicos dañinos a la salud que ha recibido un proceso de desinfección o potabilización y es por lo tanto considerada segura para beber en forma continua; en la alternativa de co-manejo, esta variable se refiere al porcentaje de población que tiene acceso agua potable en la parroquia de Oyacachi.

Se trata de una variable cuantitativa, proveniente de información de indicadores de gestión, tanto de la EPMAPS como de la junta de agua de Oyacachi; su unidad es porcentaje, la confiabilidad es alta y su objetivo es maximizar la población con acceso a agua segura.

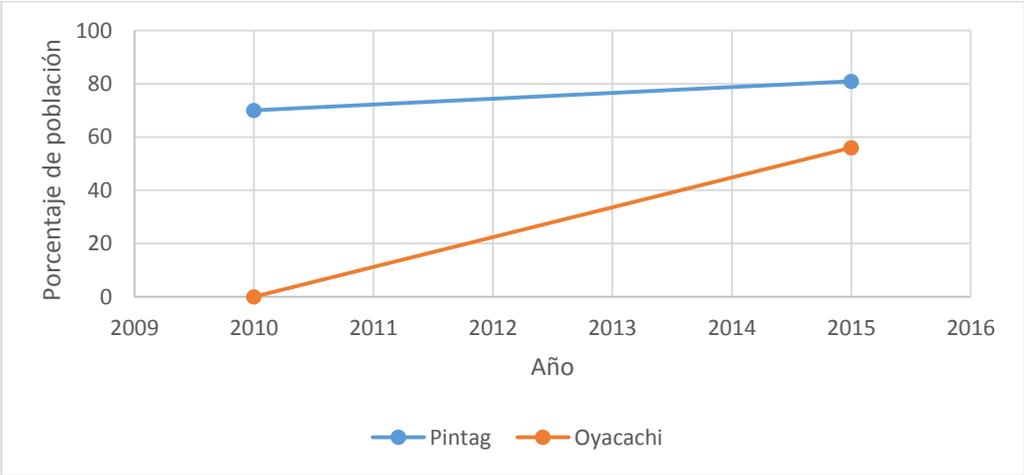
En el caso de Pintag, de acuerdo a información recabada en el documento de actualización del Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) de la parroquia y de indicadores estratégicos de la EPMAPS en cuanto a número de conexiones y proyecciones de población; la población servida con agua potable tiene un aumento de diez puntos porcentuales en cinco años; puesto que pasa de un porcentaje del 70% en el año 2010, a un porcentaje del 81% en el año 2015 (ver Figura 3.5.).

Cabe señalar que en el caso de la parroquia de Pintag, la EPMAPS no es la única institución que provee el servicio de agua potable, ya que existen tres juntas comunitarias de agua potable que abastecen del servicio a tres comunidades específicas, que representa un impacto marginal (menos del 1%) en cuanto a dotación del servicio, razón por la cual no fueron tomadas en cuenta para el dato de proyección del 2015.

En el caso de la Parroquia de Oyacachi, ésta es una parroquia que se encuentra fuera del Distrito Metropolitano de Quito; razón por la cual la EPMAPS no cuenta con indicadores estratégicos en cuanto a provisión de servicio; sin embargo producto de negociaciones y acuerdos alcanzados entre la comunidad de Oyacachi, la EPMPAS y el Gobierno Municipal del Chaco, desde el 2015 entró en funcionamiento el sistema de agua potable de Oyacachi.

Cabe mencionar que en años anteriores la Parroquia se abastecía de infraestructura de captación y distribución, de forma parcial y desordenada sin un proceso de desinfección. Por esta razón, se puede apreciar que la dotación de agua potable en forma continua en la parroquia de Oyacachi en el año 2010 no existía y en el año 2015, de acuerdo a los datos obtenidos en la actualización del PDOT de la parroquia y de conversaciones con la Junta provisional de agua potable, para el año 2015, el 56% de la población tiene acceso a este servicio. Este porcentaje también se debe a los deslaves que sufrieron en el año 2015, lo cual ocasionó reasentamiento de viviendas donde, según la junta de agua potable, no se ha podido suministrar el servicio de agua potable hasta la actualidad, sin embargo esta población recibe agua sin un proceso de desinfección.

Figura 3.5. Población servida con agua potable.



Fuente: EPMAPS 2010-2015, Parroquia de Oyacachi

Costo del agua para consumo humano

En la alternativa de manejo privado, este criterio se refiere al costo que representa para la población de Pintag, el tener agua para consumo humano; en la alternativa de co-manejo, esta variable se refiere al costo que representa para la población de Oyacachi, el tener acceso a agua segura para consumo humano; su unidad es dólar por metro cúbico, la fuente de información son indicadores de gestión de la EPMAPS y entrevistas de campo con miembros de la junta de agua de Oyacachi; la confiabilidad es media y su objetivo es minimizar el costo. La idea es que el minimizar el costo del agua para consumo humano, la conflictividad es más baja entre la población y la EPMAPS.

En el caso de Pintag, se tomó como referencia el costo por metro cúbico del servicio de agua potable de la EPMAPS, debido a que, según el PDOT de la parroquia, en el año 2010, el 29% de la población se abastecía de ríos, vertientes o acequias y tan solo el 0,7% de carros repartidores. Así se puede mencionar que el costo de por metro cúbico en la parroquia de Pintag subió de 22 centavos de dólar por metro cúbico en el año 2010 a 28 centavos de dólar en el año 2015.

En el caso de Oyacachi sucede algo similar; puesto que según el PDOT; la parroquia al 2010 presentaba una cobertura de agua cruda (no potable) del 89% de la población, mientras que el 10% se abastecía directamente del río y el restante de otros medios. Además, las obras de captación y distribución se realizaron con mingas y recursos de la Junta Parroquial, por esta razón en la actualidad la población de Oyacachi no presenta un pago por el agua para consumo humano. Sin embargo, de la conversación mantenido con la Junta de agua provisional de Oyacachi, se está evaluando la posibilidad de fijar una tarifa por operación y mantenimiento del sistema de agua potable que probablemente entrará en vigencia en el año 2017.

Cabe resaltar que desde el año 2015, existe una junta de agua potable de la comunidad de Oyacachi, avalada por la entidad rectora del agua en el Ecuador (SENAGUA), por lo que existe un proceso de transferencia de capacidades para que la comunidad formalmente realice las acciones de operación y mantenimiento del sistema de agua potable construido.

Percepción de los acercamientos y negociaciones alcanzadas por la EPMAPS por parte de la comunidad

En la alternativa de manejo privado, esta variable se refiere al sentir de la comunidad de Pintag, en cuanto al resultado de los acercamientos o negociaciones con la EPMAPS. En el caso de la alternativa de co-manejo; la variable pretende evaluar exactamente lo mismo, en ambas alternativas se utilizó la metodología de grupos focales en las parroquias de Pintag y Oyacachi; en el primer caso se priorizó los barrios cercanos al predio Antisana. El tipo es una variable cualitativa, la confiabilidad es media y el objetivo es maximizar una buena percepción.

En cuanto al presente indicador se realizó un grupo focal con una guía de preguntas para determinar la percepción de la comunidad frente a las negociaciones alcanzadas con la EPMAPS y FONAG. En el caso de la alternativa de manejo privado, para el desarrollo del grupo focal se identificó a alrededor de 20 pobladores de los barrios cercanos al predio Antisana – Contadero, en este contexto asistieron pobladores de los barrios: El Carmen, Tolontag, Ubillus y San Agustín.

En el grupo focal se pudo identificar la importancia que existe para la comunidad el ecosistema páramo para la provisión de agua y el conflicto existente con actividades productivas como la ganadería. Además, se manifestó que las costumbres y las brechas generacionales dentro de las mismas comunidades son factores importantes para incrementar el conflicto entre la protección a las fuentes hídricas y las actividades de ganadería. La ganadería es una actividad que representa subsistencia para la población y la relación de este animal con el entorno paisajístico y el cóndor. Por otro lado, se describe las diferencias de criterio que existe entre instituciones del Estado, por ejemplo lo que mencionan los técnicos del MAE, con técnicos del MAGAP, SENGUA, entre otros; el resultado es una confusión que existe al interior de la comunidad.

Además se argumenta que existe un conflicto por los recursos naturales debido a la expansión urbana, esto ha obligado a que las actividades productivas se realicen en las zonas altas, en especial las actividades de producción agrícola y pecuaria.

En los acercamientos con las comunidades aledañas al predio Antisana, se manifiesta que han existido proyectos de reforestación en especial con el FONAG, donde ha existido a su criterio

falta de seguimiento, además ha existido capacitación en diferentes temas para conservación del recurso hídrico. Sin embargo, no han existido negociaciones que se reconozcan por parte de la comunidad.

En el caso de la alternativa de co-manejo, el grupo focal contó con pobladores de la parroquia Oyacachi, en una primera instancia se identificó al Ministerio de Ambiente y EPMAPS como los primeros actores que interactuaron con la parroquia.

El primer acercamiento que se mencionó es con el MAE cuando se declaró Parque Nacional Cayambe Coca, en el año 1970. En el caso de la EPMAPS la relación comienza en el año 2001 con la construcción del sistema de agua potable, luego se mencionó la presencia de Central Ecuatoriana de Servicios Agropecuarios (CESA), contratada por el Fondo para la protección del agua de Quito (FONAG) con proyectos productivos con enfoque de conservación del ecosistema.

En los últimos años se mencionó el apoyo del MAE mediante el programa Socio Bosque y se destacó un apoyo de la EPMAPS producto de acercamientos liderados por la comunidad; en ese contexto se menciona aportes económicos y obras de agua potable y alcantarillado mediante convenios suscritos.

La percepción es que EPMAPS si bien ha colaborado con la comunidad, no lo ha hecho con la intensidad que conocen ha aportado en otros lugares, además otra limitación en cuanto a las relaciones con la EPMAPS es la demora de las obras, esos hechos han ocasionado resentimientos y frustración por parte de la comunidad y es el justificativo para llevar el ganado a las partes donde se ubican las fuentes de agua. Además, la percepción es que la comunidad siente que ha perdido con los acuerdos firmados, en especial con el acuerdo transaccional donde EPMAPS le transfiere un rubro anual a la comunidad, el sentir de la comunidad es renegociar ese acuerdo.

En cuanto a las limitaciones en las negociaciones se mencionó que EPMAPS propuso en algún momento tener propiedad mediante una adquisición de los sitios por donde se asientan las obras hidráulicas del sistema de agua potable para Quito, en ese sentido la comunidad no está dispuesta a negociar el derecho de su propiedad.

En el caso del FONAG se mencionan los acercamientos con actividades de educación ambiental, proyectos productivos mediante CESA (que han sido intermitentes) y con actividades de vigilancia con los guardapáramos debido a actividades productivas como manejo de ganado y quemas para rebrote de pastos. Finalmente se manifestó que pretenden parcelar ciertos espacios comunitarios para dedicarlos a producción agrícola y pecuaria, debido al crecimiento poblacional en la comuna.

Percepción de la cohesión social por parte de la comunidad producto de los acercamientos con la EPMAPS

Esta variable se refiere al sentir de la comunidad, tanto de Pintag como de Oyacachi, según la alternativa de conservación; sobre la percepción de la afectación a la cohesión social de la comunidad, producto de acercamientos o negociaciones con la EPMAPS. El tipo es cualitativo, la fuente de información son grupos focales, con una confiabilidad media y el objetivo es minimizar las afectaciones a la cohesión social.

Para identificar el grado de incidencia de la cohesión social producto de acercamientos o negociaciones con la EPMPAS y FONAG, se utilizó una metodología de grupo focal con una guía de preguntas en las parroquias donde se encuentran las dos alternativas de conservación. En el caso de la alternativa de manejo privado se convocó a habitantes de barrios aledaños al predio Antisana – Contadero, como Tolontag, San Agustín, El Carmen y Ubillus. La percepción en cuanto a la relación de la cohesión social con la adquisición del predio es una afectación de las costumbres y cultura de ciertos grupos de la población de la parroquia, organizados en asociaciones de chagras, es decir agrupaciones que se dedican a prácticas propias del campo en la serranía y una de las actividades típicas es la producción de ganado para diferentes fines.

En ese contexto, el grupo focal comentó acerca de la relación que existía de los chagras con la hacienda Antisana de propiedad del Sr. Delgado, al servir este espacio para realizar la denominada “escuela de chagras” donde se enseñaba a los jóvenes al menos dos veces al año sobre las prácticas propias de la producción de ganado doméstico y la captura de ganado “salvaje”. En la actualidad, al ser un área de conservación hídrica con acceso restringido, los presentes en el grupo focal argumentaron que no se puede realizar dichas actividades “propias de la cultura” de los pobladores de la Parroquia. Esto se entiende como un efecto colateral con

la decisión de la ciudad de Quito para dedicar áreas vitales para proveer servicios ecosistémicos hídricos.

En el caso de la alternativa de co-manejo se utilizó la metodología de grupo focal con una guía de entrevistas y se obtuvo la asistencia de personas de la comunidad de Oyacachi; en cuanto a la cohesión social se mencionó que en un inicio de los acercamientos se contaba con un cabildo y una asamblea comunal; sin embargo, no se contaba con una cohesión social que pueda responder a los desafíos de los proyectos, lo que causó dificultades el interior de la organización, por ejemplo no existía una organización con capacidad de ejecutar los proyectos provenientes de la cooperación tanto nacional como internacional. En la actualidad se manifestó que existe una cohesión social y una estructura comunitaria, capaz de asumir retos con las instituciones que propongan proyectos; por ejemplo, se mantiene hasta la actualidad una Asamblea comunitaria, cuyos representantes constituyen un cabildo, existe una junta parroquial y se ha incorporado en la cohesión social, gremios con representantes de acuerdo a las actividades productivas denominados “Asociaciones de producción” con un representante que coordinan los diferentes proyectos de acuerdo a los intereses de los agremiados.

3.1.3.7 Percepción de los acercamientos y negociaciones alcanzadas por la EPMAPS por parte de dirigentes comunitarios

Esta alternativa es igual a la descrita en el literal 3.1.3.5, con la diferencia de que esta variable busca la percepción de los líderes comunitarios; esta diferenciación se basa en las recomendaciones planteadas por los investigadores Hayes y Garrido en sus trabajos, donde se intuye que las percepciones de la comunidad y los líderes comunitarios puede diferir. Cabe mencionar que se escogió a dirigentes que tengan contacto con las temáticas del recurso hídrico dentro para realizar las entrevistas.

Para el presente indicador se realizó entrevistas guiadas para líderes comunitarios, en el caso de la alternativa de manejo privado se entrevistó al párroco de la parroquia, el presidente de la Junta Parroquial de Pintag, y los presidentes de los barrios El Carmen y Ubillus (Aledaños al predio Antisana – Contadero).

Los líderes evidenciaron que el objetivo del predio fue socializado desde el año 2010 y se ha cumplido, puesto que conocen de actividades de conservación en el predio, además reconocen que la compra fue a una hacienda dedicada al manejo intensivo de ganado ovino que no

fomentaba el uso de mano de obra y puntualmente se realizaban colecta de ganado con grupos de chagras de la zona.

El Presidente de la Junta Parroquial, comentó que EPMAPS a partir de la compra ha extendido líneas de conducción en la parroquia, por lo tanto se considera que la adquisición ha sido positiva. Además manifestó que la compra de predios a haciendas es una actividad eficaz para mantener esos espacios para conservación, en cambio considera que el manejo comunitario es más riesgoso en el largo plazo, debido a que en el primer caso existe un apalancamiento legal más fuerte, por ejemplo escriturar los predios a nombre de la ciudad y mediante Ordenanzas u otros mecanismos asegurar esos espacios para conservación; por otro lado el manejo comunitario al ser un acuerdo expresado en Asamblea puede ser objeto de revisiones de acuerdo a las necesidades de los comuneros; esto se puede fortalecer con la idea expresada por la población de Oyacachi de la necesidad de parcelar y efectivizar el uso de esas parcelas para la producción ganadera.

El Presidente del barrio El Carmen manifestó que ha existido acercamientos por parte de EPMAPS y FONAG con el barrio, donde ha existido dificultades en las relaciones por el tema de la vía de acceso a la comunidad que quedó en malas condiciones producto de trabajos que se realizaron para la construcción del Sistema Mica – Quito Sur. Además han existido proyectos de reforestación donde han existido buenas relaciones. Con respecto a la compra del predio considera que ha influido de una forma positiva para la conservación pero negativa para un posible turismo comunitario, puesto que el acceso al predio está restringido y en la actualidad no existe acceso para turismo.

El presidente del barrio Ubillus manifestó que han existido acercamientos con EPMAPS y FONAG para realizar proyectos de reforestación, además se conoce de la adquisición del predio y están de acuerdo con este hecho, al comparar al manejo que antes tenía el predio con el hacendado. Además se manifestó de relaciones que ha existido con capacitación para reforestación y control de incendios, en especial con el FONAG.

Al consultar sobre la preferencia de gestión de los recursos naturales, específicamente el agua, entre las alternativas de co-manejo y la compra de predios por parte del Estado, los dirigentes están de acuerdo en que el co-manejo puede ser mejor, debido a que las comunidades pueden dar sus aportes con el control y vigilancia del predio, a cambio de un turismo comunitario.

En cuanto a la alternativa de co-manejo, en la parroquia de Oyacachi se entrevistó al presidente de la Comuna, presidente de la Junta Parroquial y Presidente de la Junta de Agua, todos de la parroquia de Oyacachi. Para los dirigentes en general, ha existido acercamientos con la EPMAPS, pero existe un resentimiento puesto que las acciones de conservación que se ha realizado por generaciones sirvió para que el recurso hídrico se lleve a la Capital, mientras que los acuerdos alcanzados según ellos, no representan una retribución justa para la población, estos acuerdos se expresan en retribuciones económicas que son de alrededor de 7.000 USD anuales, la construcción de sistemas de agua potable, alcantarillado y planta de tratamiento de agua, donde el primero se ha construido en el 2015 y las demás obras están en etapa de estudio. Estos antecedentes explican el grado de conflicto entre una población que es propietaria de las áreas físicas, un Estado que regula sus actividades productivas, que en este caso es el MAE y una Empresa Pública que extrae el recurso hídrico en la zona, donde existió impacto en cuanto a embalse de cuerpos de agua y captaciones en diferentes puntos de fuentes hídricas.

Además, los dirigentes manifestaron que existe un conflicto con la EPMAPS y MAE por el tema del ganado, debido a que el ganado permanece en la zonas de recarga hídrica debido a que no han existido actividades productivas que reemplace esta actividad en términos económicos.

Según el Presidente de la Comuna, la relación con la EPMAPS se mantiene, no se considera ni positiva ni negativa, en cambio con FONAG la relación se considera más positiva, por los proyectos comunitarios y la contratación de guardapáramos. Además considera que la presencia de instituciones ha mejorado la vida diaria de la comunidad con la provisión de servicios básicos y apoyos productivos.

El presidente de la Junta Parroquial, manifestó que en épocas pasadas existía ciertas prácticas productivas como la ganadería en zonas de recarga hídrica, las quemas estacionales con el fin de producir rebrotes y agricultura con químicos; sin embargo luego de acercamientos con EPMAPS, MAE y FONAG, se han eliminado algunas de éstas actividades como las quemas con fines de rebrote para la producción de pasto para el ganado, otro actor clave ha sido la iglesia evangélica que ha inculcado actividades de conservación. Finalmente recalcó que en el año 2009 existieron levantamientos en contra de la EPMAPS para exigir medidas de compensación por las actividades que se dejó de realizar y que se explicó anteriormente. De

ahí nacieron convenios para proveer de agua potable y saneamiento a la comunidad que lamentablemente han tenido retrasos, lo que ha llevado al resentimiento de la población.

Percepción de la cohesión social por parte de líderes comunitarios producto de los acercamientos con la EPMAPS

Esta alternativa es igual a la descrita en el literal 3.1.3.6, con la diferencia de que esta variable busca la percepción de los líderes comunitarios; esta diferenciación se basa en la hipótesis de que las percepciones de la comunidad y los líderes comunitarios no es la misma.

Para el presente indicador se realizó entrevistas guiadas para líderes comunitarios, en el caso de la alternativa de manejo privado se entrevistó al párroco de la parroquia, el presidente de la Junta Parroquial de Pintag, y los presidentes de los barrios El Carmen y Ubillus (Aledaños al predio Antisana – Contadero).

Según el presidente de la Junta Parroquial, la compra del predio no ha influido en la cohesión social de las poblaciones circundantes. Por parte del Presidente del Carmen mencionó que existe la Unión de Organizaciones de la Parroquia de Pintag que agrupa a quince organizaciones de la Parroquia y propusieron en su momento que esa organización maneje el predio Antisana para conservación y turismo comunitario, sin embargo el manejo que se ha dado por parte de EPMAPS ha sido exclusivo para conservación del recurso hídrico. Luego de lo cual la unión de organizaciones perdió fuerza para negociar con las Instituciones.

En cuanto a la alternativa de co-manejo se entrevistó al presidente de la Comuna, presidente de la Junta Parroquial y Presidente de la Junta de Agua. Para el presidente de la comuna la presencia de las instituciones ha ocasionado mejoras en la cohesión social, puesto que se han definido cuatro asociaciones productivas para responder a los proyectos y compromisos que se generen. En cuanto a la percepción de los beneficios de los acuerdos con la EPMAPS, los dirigentes manifestaron que existe un beneficio a todos los pobladores de la comuna, ya que los acuerdos se basan en la provisión de servicios básicos de agua potable y saneamiento y contribución económica para realizar inversiones aprobadas en asambleas comunales.

Finalmente para fortalecer el análisis comparativo de las dos formas de conservación se consultó sobre una opinión sobre el supuesto de vender espacios de territorio para conservación; lo que enfáticamente no estaría de acuerdo.

Dimensión ambiental

Capacidad de regulación hídrica en época seca

En la alternativa de manejo privado y la de co-manejo, este criterio se refiere a un análisis del aporte de caudal que genera una cuenca hidrográfica, en relación a las precipitaciones que recibió; es decir, se establece una relación entre caudal medido en puntos de cierre de la cuenca, versus las entradas por precipitación, en este caso mensual, a esta relación se conoce como índice de regulación hídrica (IRH), cuya expresión matemática para este caso es:

$$IRH (\%) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{mes} \right)}{P \left(\frac{m}{mes} \right) \times A (m^2)} \times 100$$

Donde:

Q = caudal medido en la captación expresado en metros cúbicos por mes.

P = precipitación expresada en metros por mes.

A = área de la cuenca aportante a la captación expresada en metros cuadrados.

Este índice es medido en el mes más seco de cada año; en el período 2010 hasta el 2015, por esta razón, el primer paso es realizar un análisis de precipitaciones para establecer el período seco.

Este índice es importante para determinar por un lado las condiciones ecosistémicas de la cuenca aportante y por otro lado permite conocer el grado de efectividad de acciones de conservación implementados en esa cuenca hidrográfica, expresado en el caudal aportado por la cuenca, en este caso en el mes más seco de cada año. Cuando la relación del índice es mayor, significa mayor aporte de caudal en relación a la cantidad de agua recibida.

El índice se calcula mediante la determinación del mes más seco de cada año con la información de precipitación medida en milímetros (mm), luego se determina la superficie de las cuencas aportantes a las captaciones establecidas para el análisis, se multiplica estos dos factores y se obtiene un caudal de ingreso en la cuenca aportante a la captación definida en el análisis (para efectos del cálculo se supone que la precipitación es neta). Por otro lado, se establece el caudal mensual en el punto de la captación. Finalmente, se establece una relación entre caudal de aporte en el punto de cierre de la cuenca y caudal de ingreso por precipitación, estableciendo un análisis básico de regulación en el mes más seco de cada año, cuando el valor de la relación es más alto, quiere decir que la capacidad de regulación hídrica es mejor.

Finalmente para agregar los datos se establece un promedio del valor de la relación mencionada; es decir, al final se obtiene un índice promedio de la relación caudal de captación versus caudal de ingreso en la cuenca debido a precipitación del mes más seco durante el período 2010 - 2015.

Esta variable es cuantitativa, la fuente de información es la base de datos de aforos y precipitaciones de la EPMAPS, la unidad es porcentaje, la confiabilidad es media, debido a la limitación de cantidad y calidad de información histórica (aforos puntuales mensuales en el período 2010-2015) y a la naturaleza misma del indicador, que presenta variaciones significativas por factores como clima, tipo de suelo, cobertura vegetal, entre otros. Además el objetivo es maximizarla, bajo el principio de que la regulación hídrica en el mes más seco de cada una de las alternativas de conservación se debe mantener o aumentar.

El análisis hidrológico básico propuesto, mediante el cálculo del índice de regulación hídrica (IRH), se basa en el análisis de los caudales medidos mensuales generados en relación a la precipitación en su cuenca aportante, en los dos puntos identificados en las áreas de estudio y compararlos desde el año 2010 hasta el año 2015 en el mes más seco cada año.

Para verificar los meses de época seca es necesario visualizar el comportamiento de la precipitación anual con los datos de estaciones pluviométricas ubicadas en las cuencas aportantes a los puntos de aforo identificados.

Cabe mencionar que el presente análisis no presenta una robustez concluyente en términos hidrológicos, puesto que se tiene una serie de tiempo de cinco años, lo que se considera corta en este tipo de análisis; además existe una limitante en cuanto a la medición de caudales en las captaciones, debido a que se refiere a puntos de aforo tomados una o dos veces por mes.

En el caso del manejo privado; expresado en el predio Antisana, para realizar la distribución de la precipitación se utilizó los valores medios mensuales multianuales pluviométricos de las estaciones pluviométricas y climatológicas en el periodo 2010 – 2015 (EPMAPS 2016) (ver Tabla 3.1.).

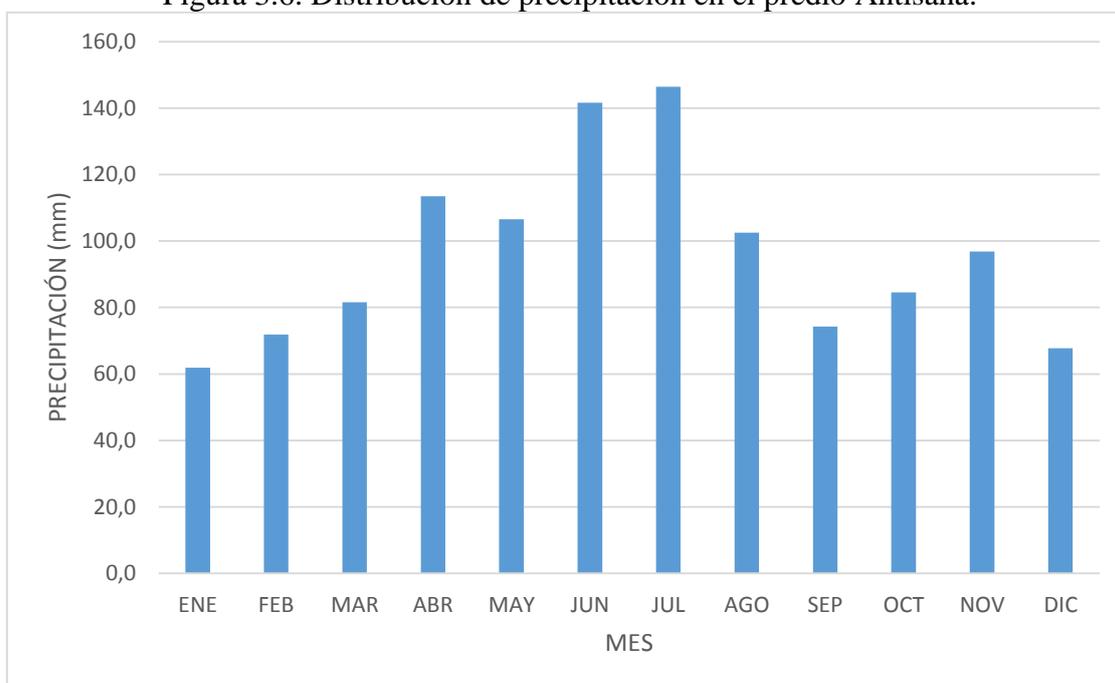
Tabla 3. 1. Estaciones hidrometeorológicas del área de estudio

SISTEMA	CÓD	ESTACIÓN	X	Y	ELEVACIÓN (msnm)
Sistema Mica Quito Sur	P42	Ramón Huañuna	-0.6107137	-78.1893036	3669
	P43	Antisana Limboasi	-0.592975	-78.208464	3669
	P55	Antisana Diguchi	-0.572645	-78.263008	3945
	C10	La Mica Pres	-0.5453922	-78.2286641	3957

Fuente: EPMAPS 2016

Con los datos analizados, se observa una distribución unimodal, con dos épocas marcadas, una de altas precipitaciones desde abril hasta agosto y una de bajas precipitaciones, de septiembre a marzo (ver Figura 3.6.)

Figura 3.6. Distribución de precipitación en el predio Antisana.



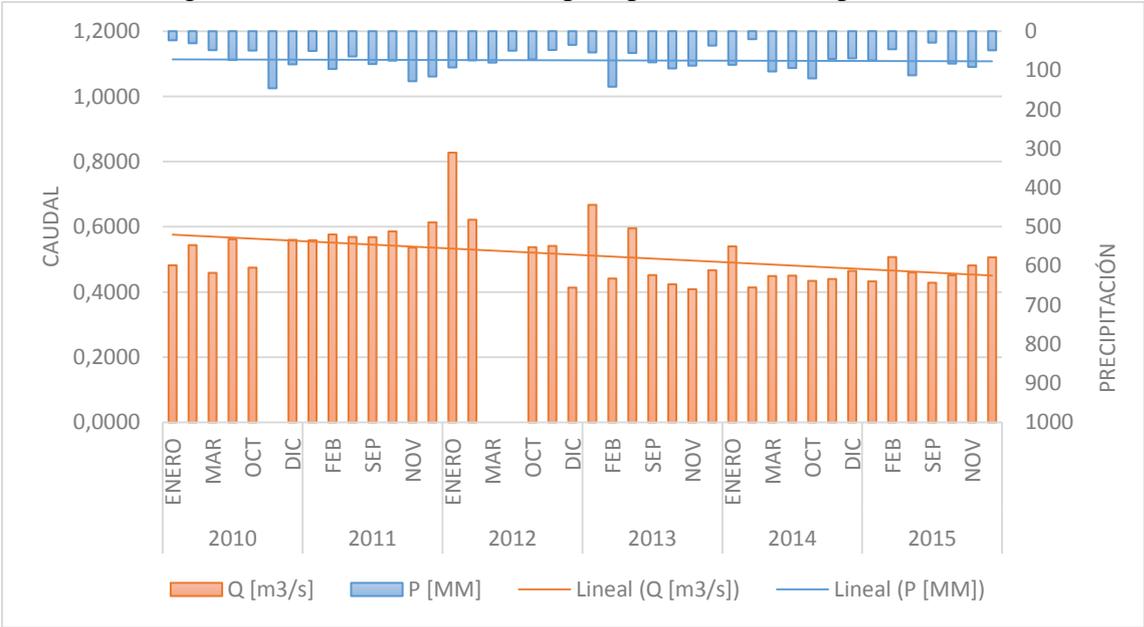
Fuente: EPMAPS 2016

En el caso de caudales, se tomó un punto de aforo, ubicado en el sitio más cercano a la captación Antisana, en el período 2010 – 2015; que a su vez corresponden al cierre de las cuenca del mismo nombre.

Con esta información se procedió a realizar un análisis descriptivo, caudal - precipitación para cada una de los puntos de aforo en los meses de menor precipitación, es decir en el período de septiembre a marzo.

En el caso de la captación Antisana, se puede observar que las precipitaciones en el período escogido son menores a 100 mm, con variaciones excepcionales, es decir mantiene una línea de tendencia constante que no varía en forma significativa. En cuanto al caudal se puede observar que entre los años 2010 hasta 2012 existen mayores variaciones de caudal en verano que presentan un rango de 0,48 a 0,60 m³/s, esta variación no necesariamente corresponde a la precipitación; en cambio a partir del año 2013 las variaciones son menores y se mantiene un caudal en época de verano correspondiente a un rango de 0,42 a 0,45 m³/s (ver Figura 3.7.).

Figura 3. 7. Relación caudal vs precipitación en la captación Antisana.



Fuente: EPMAPS 2016

En cuanto a la capacidad de regulación hídrica de la cuenca en época seca, se procedió a realizar un análisis del mes más seco en cada año, tomando como base los datos de precipitación continuos que cuenta la EPMAPS (ver Tabla 3.2.).

Tabla 3. 2 Meses de menor precipitación (mm) para el período 2010 – 2015 en la cuenca Antisana.

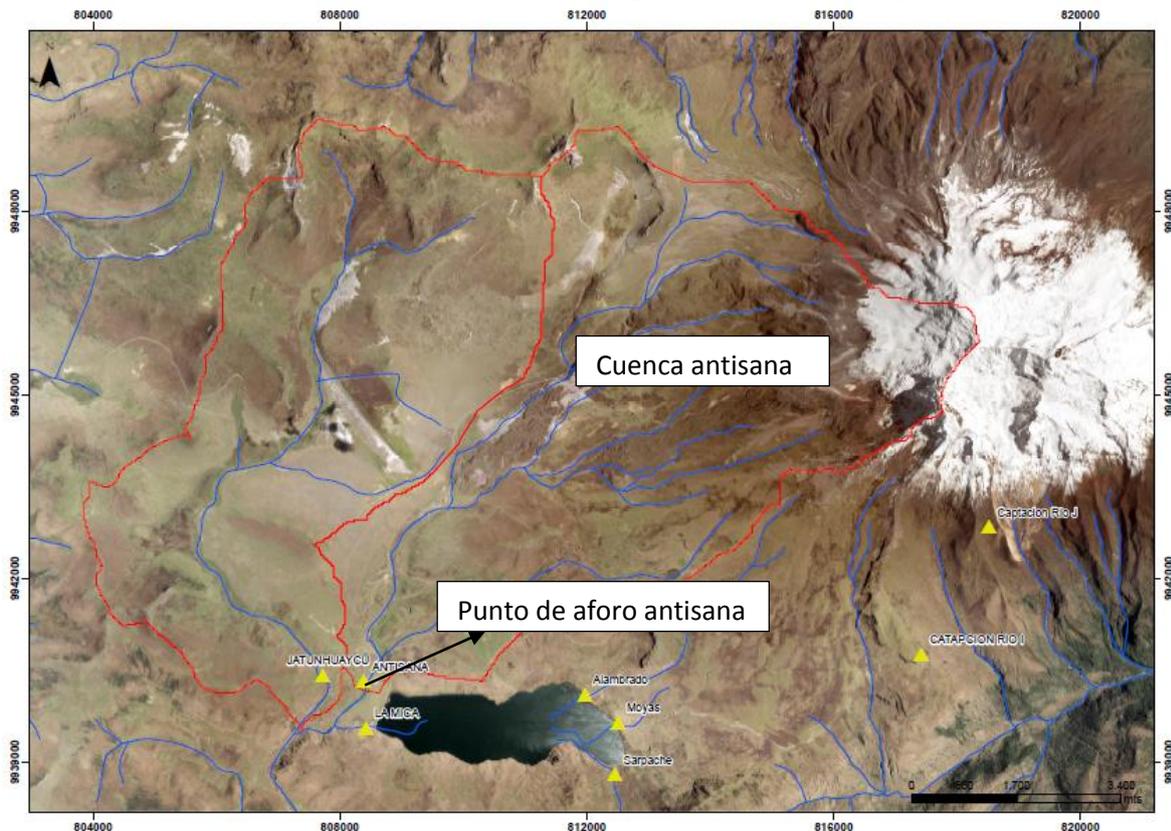
año	ene	feb	mar	sep	oct	nov	dic
2010	23,2	30,7	48,3	73,6	49,4	145,9	84,7
2011	50,4	96,6	64,5	83,9	75,1	127,8	115,8
2012	92,5	74,4	80,2	49,8	72,2	47,9	34,8
2013	54,3	141,8	55,6	79,5	95,1	88,0	36,7
2014	85,8	20,3	102,8	94,1	120,6	70,7	69,4
2015	74,8	46,1	112,7	29,2	82,7	91,1	48,7

Fuente: EPMAPS 2016

Los meses de menor precipitación en los años 2010 y 2011 es el mes de enero, en el año 2012 y 2013 es el mes de diciembre, en el año 2014 es el mes de febrero y finalmente en el año 2015 es el mes de septiembre (ver Tabla 3.2.).

Luego se procedió a establecer el área en metros cuadrados de la cuenca aportante al punto de aforo de la captación Antisana, (ver Figura 3.8.).

Figura 3. 8. Cuenca Antisana y punto de aforo en captación.



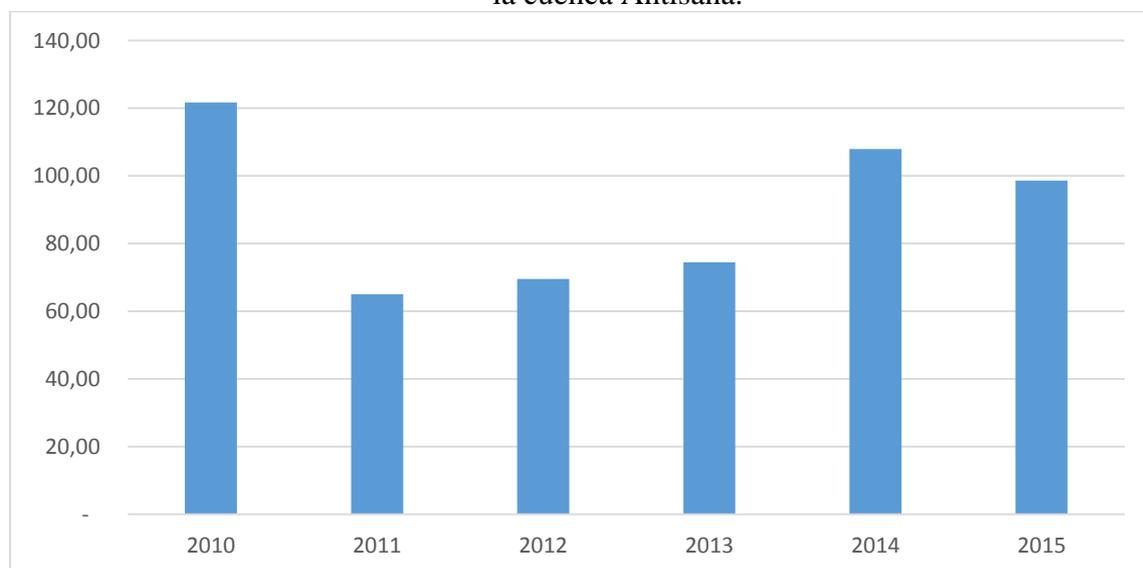
Fuente: EPMAPS 2016

Mediante el programa Arc Gis, ortofotografías con escala 1:5.000 y archivos shape de los puntos de aforo dentro del predio Antisana, se pudo calcular el área de la cuenca aportante al punto de aforo determinado; con este dato se pudo determinar la precipitación que recibió la cuenca en cada uno de los meses más secos en el periodo 2010 al 2015, la interacción de la precipitación en el área de la cuenca de interés nos da a conocer un volumen de agua que recibió esa cuenca.

Luego se determinó al aporte del caudal que generó la cuenca en relación a las precipitaciones que recibió en caudal que se explicó en el párrafo anterior (es decir el agua disponible en la

cuenca). Existe un aporte de caudal en el mes más seco de cada año que varía entre 65% y el 121%, con un promedio del 89,6% (474 l/s de caudal) (ver Figura 3.9.). Aunque existe un limitante en cuanto a la descripción de tendencias por la naturaleza de los datos, se puede mencionar que en el mes más seco cada año, el aporte de caudal de la cuenca, en relación a la precipitación ha mejorado desde el año 2011, hasta alcanzar aportes mayores al 90% en los últimos dos años. Cabe mencionar que el año 2010 se presenta como un año atípico en el análisis; por lo que, si se suprime este dato del análisis, el promedio de aporte de caudal de esta cuenca es del 83,1%.

Figura 3. 9. Índice de regulación hídrica (IRH) expresado en porcentaje en el mes más seco en la cuenca Antisana.



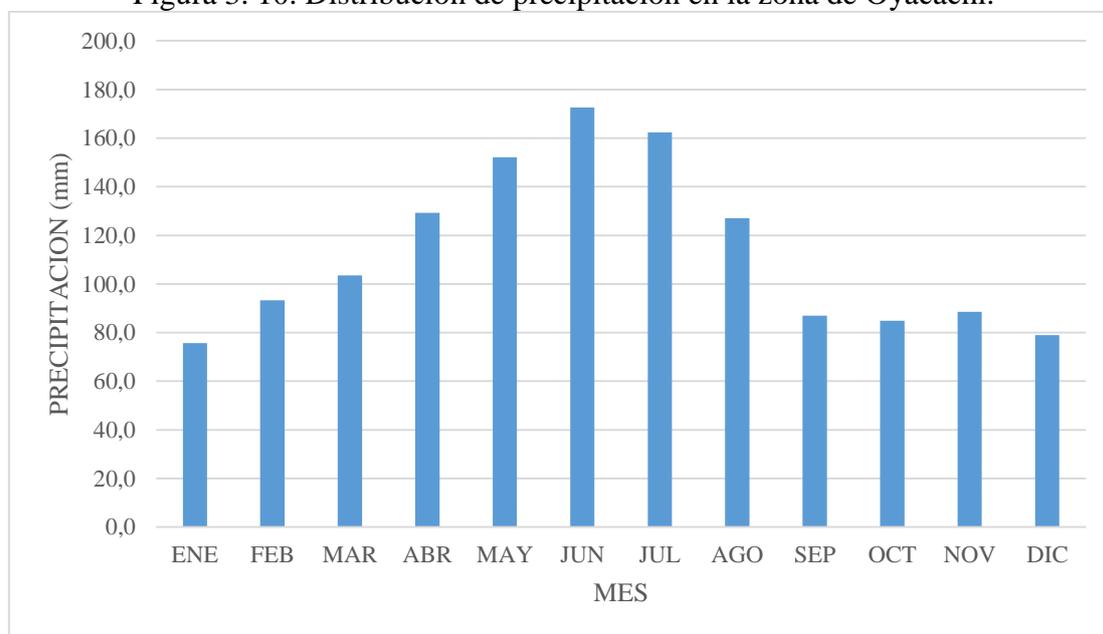
.Fuente: EPMAPS 2016

En este contexto se puede afirmar que en términos generales el caso del manejo privado presenta indicios de una mejora en cuanto a la capacidad de regulación hídrica en el mes más seco del año en el período analizado, en la cuenca Antisana, que se encuentra íntegramente dentro del predio Antisana.

En el caso de co-manejo; expresado en la relación de la parroquia de Oyacachi con el Parque Nacional Cayambe Coca y el sistema Papallacta de la EPMAPS; para realizar la distribución de la precipitación se utilizó los valores medios mensuales multianuales pluviométricos de las estaciones pluviométricas en el periodo 2010 – 2015.

Con los datos analizados, se observa una distribución unimodal, con dos épocas marcadas, una de altas precipitaciones desde abril hasta agosto y una de bajas precipitaciones, de septiembre a marzo (ver Figura 3.10.).

Figura 3. 10. Distribución de precipitación en la zona de Oyacachi.



Fuente: EPMAPS 2016

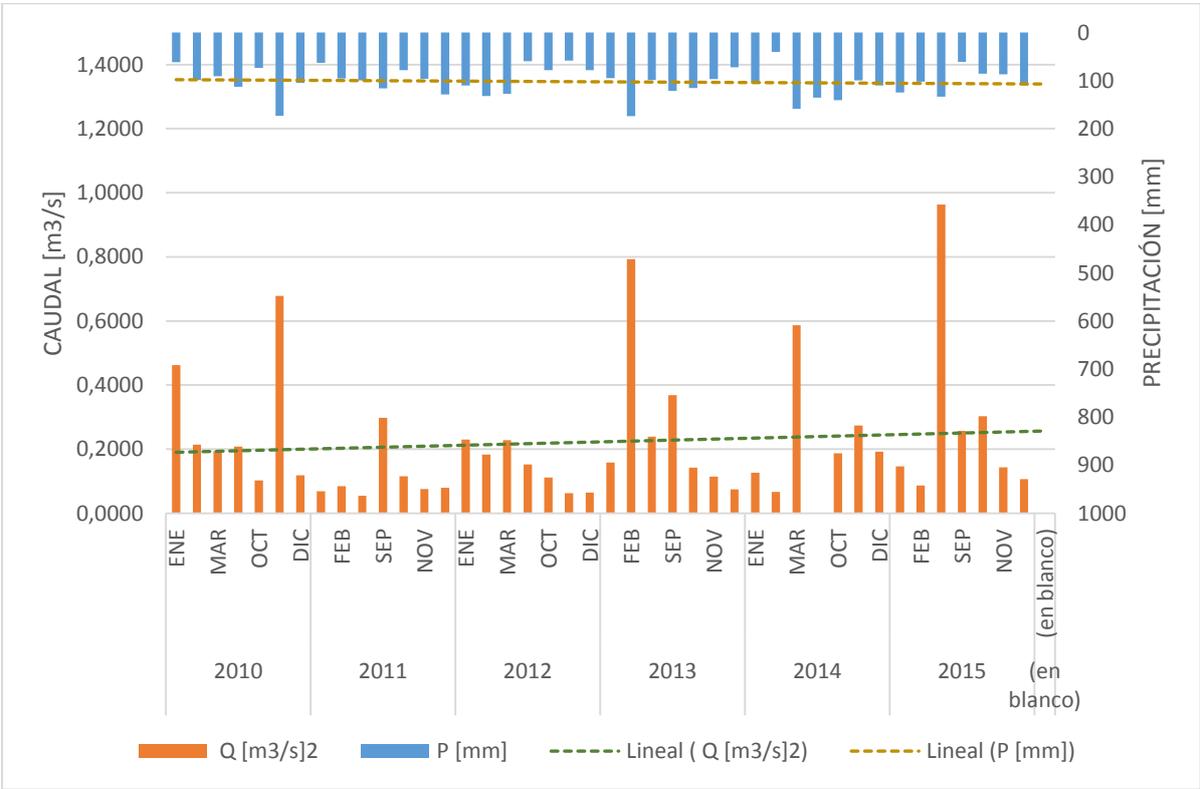
En el caso de caudales tomados en el punto de cierre de la cuenca, se tomó un punto de aforo comparable en términos de caudal y características biofísicas con el punto de aforo de la captación de la otra forma de conservación. El punto de aforo escogido fue el más cercano a la captación Chalpi, ubicado dentro de la cuenca Chalpi grande.

Con esta información se procedió a realizar un análisis, caudal - precipitación para el punto de aforo Chalpi, en el período seco, es decir de septiembre a marzo.

En el caso de la captación Chalpi, el caudal está relacionado con la distribución de la precipitación en el período seco, puesto que a cambios en la precipitación se tiene alteraciones bruscas en el caudal, lo que hace presumir que el ecosistema tiende a ser frágil y su capacidad de resiliencia es baja; sin embargo, en los años 2011 y 2012 el caudal se mantiene relativamente constante con un rango de 0,15 a 0,25 m³/s, las precipitaciones en ese período en el período seco también tienden a ser constantes entre 100 y 150 mm (ver Figura 3.11.).

En términos generales, se puede decir que la tendencia de los caudales en la época seca transcurrido en los cinco años presenta cambios en términos de rendimiento y responden a las variaciones de precipitación de forma inmediata; es decir, se puede presumir que no existe cambios significativos en las propiedades del suelo y en la cobertura vegetal de la cueca aportante y que el grado de resiliencia del ecosistema páramo en la cuenca analizado es bajo. Además se puede observar que la línea de tendencia en cuanto a caudales presenta una pendiente ligeramente positiva, sin embargo esto se puede deber a un dato expresado en marzo del 2015 que es completamente atípico.

Figura 3. 11. Relación caudal vs precipitación en la captación Chalpi



Fuente: EPMAPS 2016

En cuanto a la capacidad de regulación hídrica de la cuenca en época seca, se procedió a realizar un análisis del mes más seco en cada año, tomando como base los datos de precipitación continuos que cuenta la EPMAPS (ver Tabla 3.3.).

Tabla 3.3. Meses de menor precipitación (mm) para el período 2010 – 2015 en la cuenca Antisana.

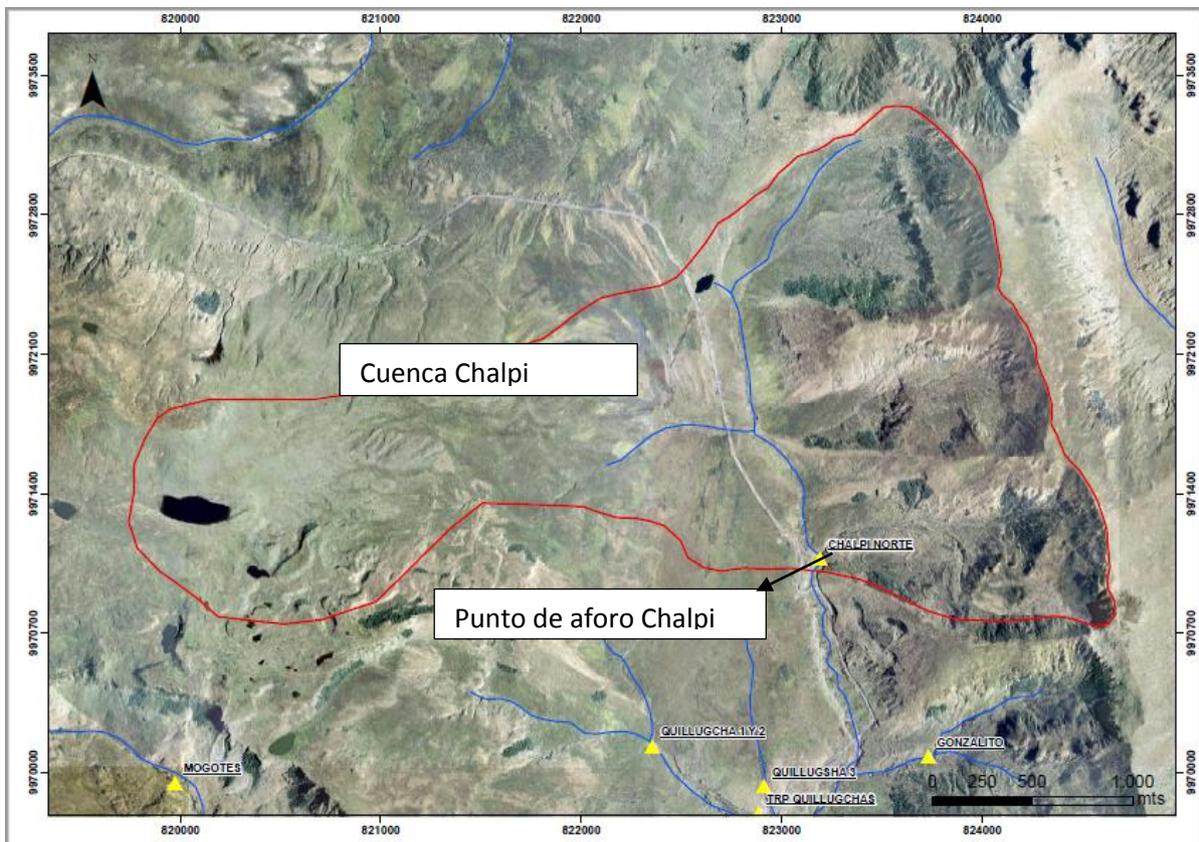
año	ene	feb	mar	sep	oct	nov	dic
2010	61,7	98,6	90,9	113,0	73,3	172,9	104,8
2011	62,9	95,7	99,4	116,1	78,0	96,0	128,8
2012	110,0	132,1	127,1	59,7	78,2	58,3	78,5
2013	94,8	174,0	99,0	121,6	115,5	96,9	72,3
2014	103,1	40,5	158,7	135,3	140,4	99,3	109,7
2015	124,3	102,2	133,5	61,1	85,8	86,8	109,2

Fuente: EPMAPS 2016

En la tabla se puede observar que los meses de menor precipitación en los años 2010 y 2011 es el mes de enero, en el año 2012 es el mes de noviembre, en el año 2013 es el mes de diciembre, en el año 2014 es el mes de febrero y finalmente en el año 2015 es el mes de septiembre.

Luego se procedió a establecer el área en metros cuadrados de la cuenca aportante al punto de aforo de la captación Chalpi (ver Figura 3.12.).

Figura 3. 12. Cuenca Chalpi grande y punto de aforo Chalpi

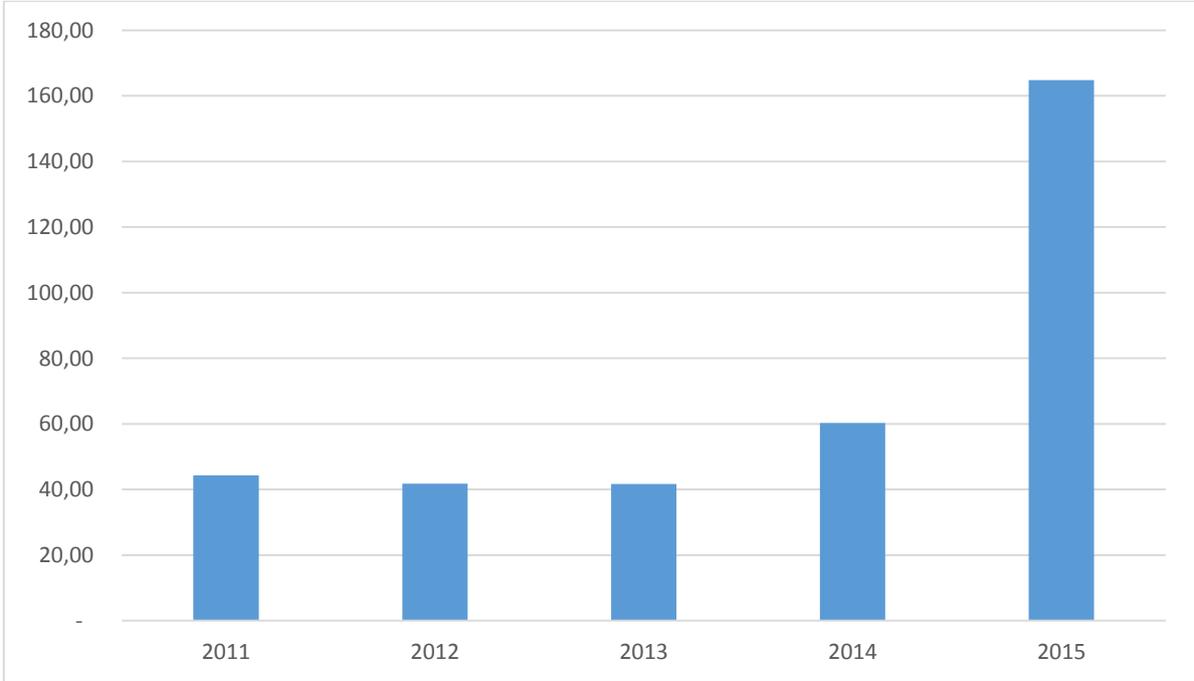


Fuente: EPMAPS 2016

Para el cálculo del área de la cuenca cuyo punto de cierre es el aforo, se siguió un proceso idéntico explicado para la cuenca Antisana; por lo que se pudo determinar la precipitación que recibió la cuenca en cada uno de los meses más secos en el periodo 2010 al 2015, medida en volumen.

Luego se determinó al aporte del caudal que generó la cuenca en relación a las precipitaciones que recibió en caudal que se explicó en el párrafo anterior, en el análisis de los datos se descartó el dato de caudal de aforo medido en el año 2010, por considerarlo un dato erróneo, puesto que su porcentaje de aporte frente a la precipitación es mayor al 300%. Existe un aporte de caudal en el mes más seco de cada año que permanece prácticamente constante entre los años 2011 y 2013, con un aporte de aproximadamente el 40%, en el año 2014 ese aporte crece al 60% (ver Figura 3.13.). Aunque existe un limitante en cuanto a la descripción de tendencias por la naturaleza de los datos, se puede mencionar que en el mes más seco cada año, el aporte de caudal de la cuenca, en relación a la precipitación ha mejorado, hasta alcanzar un aporte del 165% en el año 2015; cabe mencionar que, el promedio de aporte de caudal de esta cuenca es del 70,6% (sin contar con el dato del 2010, por considerarlo erróneo).

Figura 3. 13. Índice de regulación hídrica (IRH) expresado en porcentaje, en el mes más seco en la microcuenca Chalpi.



Fuente: EPMAPS 2016

En este contexto se puede afirmar que en términos generales el caso del co-manejo presenta indicios de una mejora en cuanto a la capacidad de regulación hídrica en el mes más seco del año en el período analizado, en la cuenca Chalpi grande, que se encuentra íntegramente dentro del sistema integrado Papallacta, parroquia y comuna de Oyacachi.

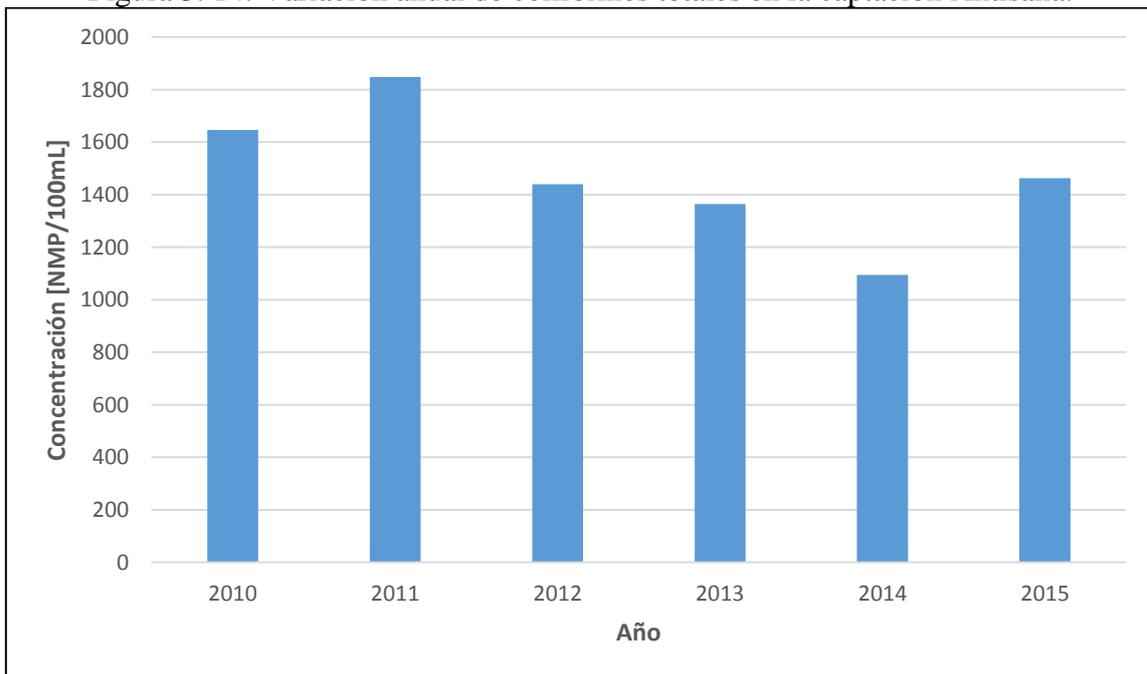
Finalmente, como se indicó en la definición de este criterio, el índice de regulación hídrica en época de sequía da cuenta del aporte de caudal generado en relación a las precipitaciones en la cuenca aportante; es decir, este índice evalúa por un lado la capacidad del ecosistema de la cuenca para generar el caudal y el grado de eficiencia de las acciones de conservación emprendidas, como restauración, retiro de tensionantes antrópicos, monitoreo, investigación entre otros. Cuando se analiza los datos de los índices se puede apreciar que en ambos casos el índice de regulación presenta mejores en términos generales buenos resultados hidrológicos en cuanto a regulación (índices mayores a 70%), además en ambos casos, los dos últimos años analizados, presentan mejoras significativas en ambas alternativas de conservación. Sin embargo, en el caso del manejo privado existe un IRH cercano al 90%, en comparación con el co-manejo, donde el índice llega en promedio al 71%; por lo que se puede asegurar en términos de regulación hídrica en el mes más seco del año y con las limitaciones expresadas en cuanto a los datos, la alternativa de manejo privado presenta mejores resultados hidrológicos.

3.1.3.10 Calidad de agua medida por coliformes totales

En ambas alternativas presentadas, esta variable se refiere a un análisis en serie de tiempo de 5 años (2010-2015), de la calidad biológica de agua, mediante coliformes totales en las captaciones de la EPMAPS ubicadas en las áreas de Antisana y Oyacachi; estas mediciones corresponden a monitoreos puntuales de por lo menos dos veces al año, en cada temporalidad climática. Este criterio es el resultado de la diferencia de la concentración de coliformes totales en el año 2010 menos la concentración promedio de todo el período analizado, la fuente de información es la base de datos de la EPMAPS, la unidad es número más probable por gramo, la confiabilidad es alta y el objetivo es maximizar la reducción de coliformes totales en las fuentes de agua. Cabe mencionar que las coliformes totales son bacterias que se encuentran en el ambiente, y en los ríos se ubica en las partes más superficiales o en los sedimentos del fondo; este indicador es importante porque es una aproximación de la contaminación biológica que puede tener el agua.

La presencia en el agua de coliformes totales es un indicador que muestra cuan segura es el agua en términos bacteriológicos; de ahí su importancia en el presente análisis. En cuanto al manejo privado, correspondiente al predio Antisana, se analizó la calidad de agua en la captación Antisana; las concentraciones de coliformes totales en forma general, son altas, sobrepasan los 1000 NMP/100ml; además los años 2010 y 2011 son los que más presencia de coliformes totales presenta; luego de lo cual se presenta una disminución en forma paulatina (ver Figura 3.14.).

Figura 3. 14. Variación anual de coliformes totales en la captación Antisana.

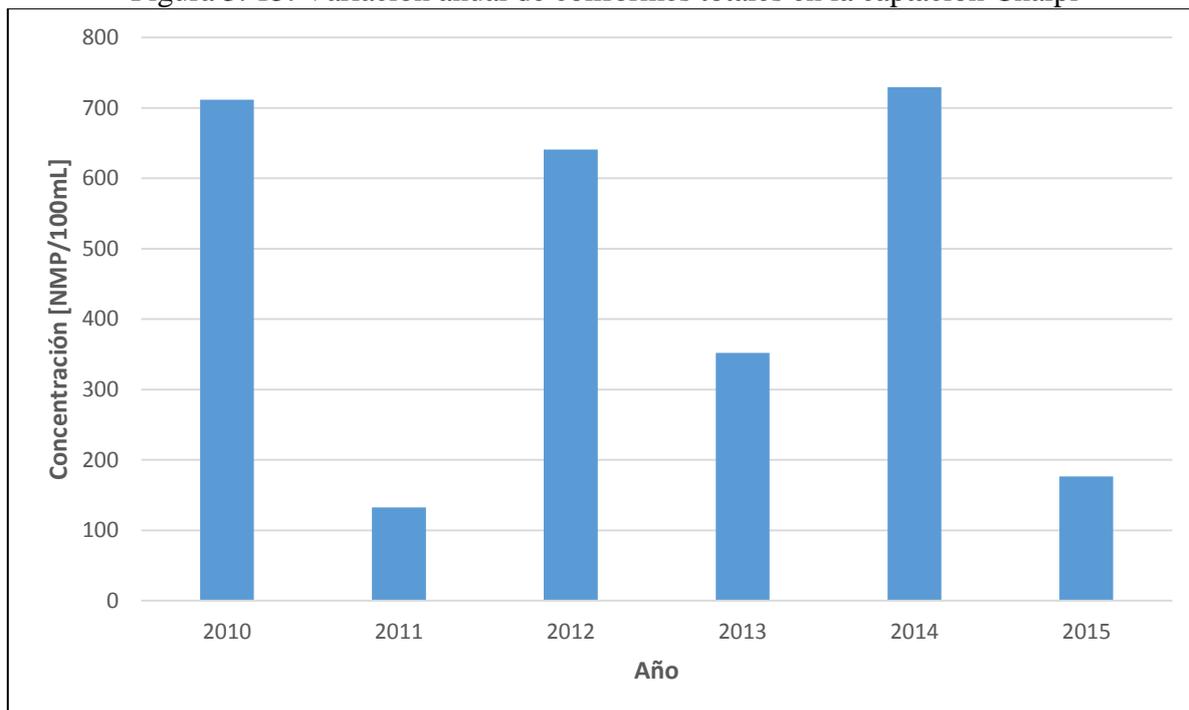


Fuente: EPMAPS 2016

En términos generales, la calidad biológica del agua medida por coliformes totales en el caso de manejo privado, en promedio entre el año 2015 y el año 2010, ha disminuido en un 15,2% de unidades de concentración (NMP/100 ml).

En cuanto al co-manejo de conservación, expresado en la captación Chalpi, para el análisis de calidad de agua mediante coliformes totales; se puede observar que la concentración de coliformes totales presenta un comportamiento cíclico con picos altos y bajos cada dos años; los picos altos se mantienen entre 650 y 750 mg/l y se presentan en los años 2010, 2012 y 2014; los picos bajos se presentan en los años 2011, 2013 y 2015 en una concentración que va de 150 a 350 mg/l. (ver Figura 3.15.). En este contexto se puede intuir que la presencia de coliformes totales en la captación en términos generales se mantiene con la misma dinámica.

Figura 3. 15. Variación anual de coliformes totales en la captación Chalpi



Fuente: EPMAPS 2016

Por esta razón, para establecer una comparación entre los años presentados, se tomó como base los años dentro del ciclo que presentan altas concentraciones de coliformes totales, donde en términos generales, se puede afirmar que la calidad biológica del agua medida por coliformes totales en el caso de co-manejo, en los picos de alta concentración, ha disminuido en un 3,7%.

En este contexto se puede mencionar que la concentración de coliformes totales en el análisis comparativo entre las dos alternativas de conservación del recurso hídrico, presenta una disminución en ambas alternativas; sin embargo, presenta mejores resultados en la alternativa de manejo privado; cabe mencionar que este resultado es consistente con el análisis de regulación hídrica, debido a que ambos criterios dan cuenta del estado del ecosistema en la cuenca aportante y la efectividad de las acciones de conservación y con la información expuesta se puede mencionar que el manejo privado presenta mayor eficiencia en el cumplimiento del objetivo de la dimensión ambiental.

3.1.4. Matriz de impacto

Para elegir los indicadores de evaluación, se parte de la hipótesis y del objetivo del estudio, así como también del fundamento teórico discutido. Además los indicadores deben cumplir

con ciertas características como: sencillez en su construcción y comprensión, que sean confiables en cuanto a su proveniencia y que permita realizar comparaciones entre las diferentes alternativas.

Acorde a estos lineamientos y criterios señalados y a la necesidad de comprobar las hipótesis planteadas en la presente investigación; la generación de indicadores proviene de conversaciones con especialistas en el tema de conservación de los recursos hídricos para Quito, así como también de la capacidad para obtener información lo más actualizada posible. A continuación, se enlistan una serie de indicadores que se determinó en un primer momento para luego depurarlos en indicadores finales (ver Tabla 3.4.).

Tabla 3.4. Estructura de dimensiones y criterios original.

Dimensiones y variables			tipo	confiabilidad
	a	Dimensión Económica		
1	1	litros de consumo por habitante por día	cuantitativa	alta
2	2	Gastos e inversiones realizadas para conservación	cuantitativa	alta
3	3	inversión y mantenimiento de infraestructura hidráulica	cuantitativa	
	b	Dimensión social		
4	1	Acceso de agua potable de comunidades cercanas a los sitios de estudio	cualitativa	alta
5	2	cobertura de servicio de las comunidades cercanas a los sitios de estudio	cuantitativa	media
6	3	percepción de calidad del servicio de las comunidades cercanas a los sitios del estudio	cualitativa	media
7	4	pobreza de las comunidades cercanas a los sitios del estudio	cuantitativa	alta
8	5	esperanza de vida al nacer de las comunidades cercanas a los sitios del estudio	cuantitativa	alta
9	6	percepción de relación de comunidades con entidades del Estado	cualitativa	media
10	7	percepción de relación de dirigentes comunitarios con entidades del Estado	cualitativa	media
	c	Dimensión ambiental		
11	1	Cantidad de agua (Caudal al 95%)	cuantitativa	alta
12	2	calidad microbiológica del agua	cuantitativa	alta
13	3	calidad química del agua (uso de pesticidas)	cuantitativa	alta
14	4	aplicación de caudal ecológico luego de las captaciones	cualitativa	alta
15	5	tratamiento de aguas residuales de las comunidades cercanas a los sitios del estudio	cualitativa	alta
16	6	calidad ecológica de los ríos dentro de las áreas objeto de estudios	cualitativa	media
17	7	calidad de cobertura vegetal en las áreas de estudio	cualitativa	media
18	8	% de áreas totalmente erosionadas en las áreas objeto de estudio	cuantitativa	alta

Fuente: Entrevistas a especialistas

Los indicadores que se muestran en la tabla se concibieron para contribuir al análisis comparativo de las dos opciones de conservación del recurso hídrico planteadas; tomando en

cuenta distintas dimensiones consideradas relevantes desde el punto de vista de gestión integrada del agua y por dos formas de conservación del recurso hídrico que se analizó en el marco teórico.

Es así que dentro de la dimensión económica, en una primera instancia se consideró gastos e inversiones en infraestructura y gastos e inversiones para conservación para cada una de las alternativas de conservación; sin embargo luego de un análisis exhaustivo se determinó que se debe separar los gastos de mantenimiento de las áreas para conservación con las inversiones y dejar de lado la infraestructura hidráulica por no ser comparables entre las dos alternativas. Cabe mencionar que los indicadores de la dimensión económica están más enfocados a la economía ambiental, ya que valorarían las inversiones y gastos para conservación de las áreas y las compararía entre sí, dejando de lado otras dimensiones importantes como la social y la ambiental.

En este contexto se incluyó en el análisis la dimensión social, para establecer básicamente una comparación entre las dos alternativas de conservación, al tomar como base la conflictividad social de la aplicación de cada una de ellas, por eso en el cuadro a continuación se puede observar un enfoque de bienestar en cuanto al acceso y costos del servicio de agua potable, y bienestar en cuanto a la interrelación entre los grupos sociales y de éstos con las Instituciones que aplican las alternativas de conservación planteadas. Al inicio se incluyó un estado de bienestar más amplio de las poblaciones analizadas como pobreza y esperanza de vida; sin embargo, al no ser robustas para el nivel de análisis, esos indicadores fueron eliminados. Finalmente se incluyó el criterio ambiental, considerado para el presente análisis por su robustez en cuanto a indicadores que apuntalan el concepto de economía ecológica que son decisivos al momento de evaluar cada una de las alternativas, los indicadores escogidos se basan en la calidad y cantidad de agua en la temporalidad escogida.

Los indicadores y los criterios propuestos (ver Tabla 3.5.), fueron definidos luego de una primera etapa de reflexión y análisis, cabe mencionar que se tomó como base los fundamentos teóricos de la aplicación del análisis multicriterio y la posibilidad de tener información actualizada y confiable; por esta razón, no se pudo colocar todos los indicadores que se incluyó en un primer momento.

Tabla 3.5. Estructura de dimensiones y criterios utilizados en la investigación

	Dimensiones y criterios de evaluación	Alternativa A: Manejo privado (Antisana)	Alternativa B. Co-manejo (Oyacachi)	tipo	Unidad	Fuente	confiabilidad	objetivo	
	a Dimensión Económica Objetivo: Establecer la alternativa mas efectiva en términos de inversión requerida para conservación de ambas alternativas								
1	1	inversiones realizadas para conservación	inversiones en Antisana para conservación (\$/ha) correspondiente a compra de predios	inversiones en Oyacachi (sistema Papallacta) para conservación (\$/ha) correspondiente a inversiones en dotación y tratamiento de agua a la comunidad y compensaciones producto de convenios	cuantitativa	\$/ha	Balances financieros - FONAG - Ejecución presupuestaria EPMAPS	alta	min
2	2	gastos de mantenimiento de conservación por hectárea	gastos en Antisana para conservación (\$/ha) correspondiente a salarios tanto de técnicos como de guardapáramos, equipos, gastos operativos, cercados, restauraciones de vegetación e investigación	gastos en Oyacachi (sistema Papallacta) para conservación (\$/ha) correspondiente a salarios tanto de técnicos como de guardapáramos, equipos, gastos operativos y restauraciones de vegetación.	cuantitativa	\$/ha	Balances financieros - FONAG - Ejecución presupuestaria EPMAPS	alta	min
	b Dimensión social Objetivo: Establecer la alternativa con menor conflictividad con las comunidades que interactúan en cada una de las alternativas de conservación								
3	1	población servida con agua potable para consumo humano	% de población que tiene agua potable en forma continua en la parroquia de Pintag	% de población que tiene agua potable en forma continua en la parroquia de Oyacachi	cuantitativa	%	indicador de gestión EPMAPS / indicador de gestión Junta de agua de Oyacachi	alta	min
4	2	costo del agua para consumo humano	costo por adquirir agua para consumo humano en la parroquia de Pintag	costo por adquirir agua para consumo humano en la parroquia de Oyacachi	cuantitativa	\$/m3	encuestas de campo /indicador de gestión EPMAPS	media	min
5	4	Percepción de las negociaciones alcanzadas con la EPMAPS por parte de la comunidad	Percepción de las negociaciones alcanzadas por la comunidad de Pintag frente a la EPMAPS	Percepción de las negociaciones alcanzadas por la comunidad de Oyacachi frente a la EPMAPS	cualitativa	buena/mala/no sabe	grupos focales	media	max
6	5	Percepción de afectación de la cohesión social por parte de la comunidad frente a los acercamientos con la EPMAPS	Percepción de la afectación a la cohesión social frente a acercamiento de la EPMAPS en la parroquia de Pintag (mediante conflictividad e inequidad)	Percepción de la afectación a la cohesión social frente a acercamiento de la EPMAPS en la parroquia de Oyacachi (mediante conflictividad e inequidad)	cualitativa	buena/mala/no sabe	grupos focales	media	min

7	6	Percepción de las negociaciones alcanzadas con la EPMAPS por parte de dirigentes comunitarios	Percepción de las negociaciones alcanzadas por la comunidad de Pintag frente a la EPMAPS	Percepción de las negociaciones alcanzadas por la comunidad de Oyacachi frente a la EPMAPS	cualitativa	buena/mala/no sabe	entrevistas	media	max
8	7	Percepción de afectación de la cohesión social por parte de líderes comunitarios frente a los acercamientos con la EPMAPS	Percepción de la afectación a la estructura social frente a acercamiento de la EPMAPS en la parroquia de Pintag	Percepción de la afectación a la estructura social frente a acercamiento de la EPMAPS en la parroquia de Oyacachi	cualitativa	buena/mala/no sabe	entrevistas	media	min
		Dimensiones y criterios de evaluación	Alternativa A: Manejo privado (Antisana)	Alternativa B. Co-manejo (Oyacachi)	tipo	Unidad	Fuente	confiabilidad	objetivo
	c	Dimensión ambiental Objetivo: Establecer la alternativa mas eficiente en cuanto al mantenimiento de los servicios ecosistémicos hídricos (cantidad y calidad del agua)							
9	1	Capacidad de regulación hídrica en época seca en las fuentes de agua	Aporte de caudal generado por una cuenca en relación a la precipitación dentro del área Antisana	Aporte de caudal generado por una cuenca en relación a la precipitación dentro del área del sistema Papallacta	Cuantitativa	%	base de datos de hidrología de la EPMAPS	medio	max
10	2	Variación de calidad biológica del agua medida por coliformes totales	calidad de agua biológica en las captaciones dentro del área Antisana	calidad de agua biológica en las captaciones dentro del área del sistema Papallacta	cuantitativa	%	base de datos de calidad de agua de la EPMAPS	alta	max

Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015, entrevistas a comuneros, trabajo de campo.

Existen 10 indicadores seleccionados, entre los principales motivos de eliminación, inclusión o modificación se encuentra, la comparabilidad, existencia de series de tiempo, redundancia conceptual y la confiabilidad de la información.

Cabe mencionar que el grado de confiabilidad se definió por criterios de expertos y bajo la determinación de la naturaleza y origen de la información, por ejemplo, se determinó que la información generada por percepciones puede tener una confiabilidad media, debido a su naturaleza subjetiva; además se determinó que el criterio de regulación hídrica presenta una confiabilidad media, debido a que se genera por procesos de aforo manual que se realizan una o dos veces por mes. La confiabilidad alta se asignó a criterios que representan información producto de protocolos establecidos y presentados oficialmente como es el caso de los criterios económicos que se establecen mediante normas contables, el criterio de costo y porcentaje de población servida con agua potable y el criterio de concentración de coliformes que se obtiene luego de procesos estandarizados en un laboratorio acreditado.

3.2. Método de agregación

Dado que en la gestión ambiental orientada hacia un desarrollo ecológicamente sostenible surgen muchos problemas e intereses conflictivos, se debe prestar especial atención al problema de los diferentes valores y metas de los diferentes grupos de la sociedad y la forma de medición de esos intereses. Por esa razón, se requiere de métodos que faciliten la toma de decisiones con principios de inconmensurabilidad y el diálogo de todas las ciencias involucradas; en este contexto, se ha desarrollado métodos donde se trata de solventar estos retos mediante la interacción de diferentes criterios de evaluación capaces de manejar información de diferente tipo (tanto medidas cualitativas como cuantitativas).

Un problema relacionado con todos los métodos multicriterios que intentan tener en cuenta la información mixta es el problema de la equivalencia de los procedimientos utilizados para estandarizar las distintas evaluaciones del rendimiento de las alternativas según diferentes criterios. Otro problema relacionado con la información disponible se refiere a la incertidumbre (estocástica y / o difusa) contenida en esta información. Por lo tanto, la combinación de diferentes niveles de medición con diferentes tipos de incertidumbre debe ser considerada como un importante tema de discusión en la evaluación multicriterios.

En este contexto, se ha construido un vasto número de métodos multicriterio que han sido desarrollados y aplicados para diferentes propósitos, en diferentes contextos. El economista ecológico Giuseppe Munda (1995), proporciona una perspectiva de estos métodos, algunos de ellos son: el enfoque de la utilidad (MAUT), métodos de superación (outranking), métodos ELECTRE, el proceso analítico jerárquico (AHP), métodos cualitativos y fuzzy, método REGIME. Este caso de estudio se caracteriza por información cualitativa y cuantitativa en un ambiente conflictivo, por lo tanto, la opción del método multicriterio cualitativo permite el análisis de este tipo de datos.

Por este motivo, se ha escogido el método multicriterio, basado en algunos aspectos del axioma de comparabilidad parcial, denominado NAIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments). Éste es un método multicriterio discreto cuya matriz de impacto (o evaluación) puede incluir mediciones nítidas, estocásticas o difusas del rendimiento de una alternativa a con respecto a un criterio de juicio.

El método NAIADE presenta diferentes propiedades teóricas que no son compartidas por los métodos multicriterios tradicionales en un entorno difuso. Puesto que en un contexto difuso, cualquier intento de alcanzar un alto grado de precisión en los resultados tiende a ser algo artificial, por eso se utiliza una evaluación lingüística de cuantificación de alternativas por pares. Dichas evaluaciones lingüísticas pueden utilizarse de diferentes maneras según el entorno de decisión en cuestión. Así, el paquete genera un ranking de alternativas, las cuales son finitas (método discreto) y no permite dar peso a los criterios, es decir otorgando la igual 'importancia' a los mismos.

Al aplicar el análisis multicriterio con el NAIADE, se evalúa la conservación del recurso hídrico a través de la utilización de criterios, que en éste caso son las variables descritas en el capítulo anterior y que están estructuradas en tres dimensiones cabe mencionar que, el grado de incidencia de cada dimensión está dada por el número de criterios que se tenga en la misma; debido a que cada criterio analizado en la matriz de impacto presenta el mismo peso específico de relevancia en la presente investigación.

Las alternativas serán el manejo privado y el co-manejo en áreas geográficas donde se encuentran fuentes de agua; en la primera alternativa se analiza el caso del predio Antisana y

en la segunda alternativa se analiza el caso del área del Sistema Integrado Papallacta en la comuna de Oyacachi, para el período 2010 al 2015. Con la aplicación a realizarse se podrá:

- Clasificar las alternativas (tipo de manejo) de acuerdo a los criterios de evaluación con el fin de identificar el tipo de manejo para conservación que tuvo una mejor respuesta para la conservación del recurso hídrico.
- Estudiar el comportamiento de los criterios (variables) por separado, con el objeto de realizar un análisis segmentado por indicador y por dimensión y sus debidas implicaciones para la sustentabilidad.
- Identificar conclusiones conceptuales que permitan estructurar evaluaciones finales sobre el estudio realizado.

3.3 Aplicación del análisis multi criterio

3.3.1 Definición del problema

Consiste en comparar las estrategias de manejo privado y co-manejo del recurso hídrico, aplicados en los casos Antisana y Oyacachi, para promover la sustentabilidad del recurso en el período 2010 – 2015.

3.3.2 Metodología de levantamiento de datos

Por un lado se realizó un análisis institucional, basado en documentación administrativa, histórica y técnica para determinar los criterios económicos y ambientales más relevantes; por otro lado se identificó actores importantes en las comunidades que interactúan con las dos alternativas de conservación y se determinó realizar recolección primaria de datos mediante entrevistas y grupos focales, en especial para los criterios sociales. Estos datos son el insumo del modelo construido.

3.3.3 Aplicación de matriz de impacto

Con la metodología de levantamiento de datos se construyó las dimensiones y los criterios de evaluación, así como también los parámetros de cada uno de los criterios definidos, esto se especificó en los numerales 3.1.2 y 3.1.3 donde se definió la matriz de impacto que se debe utilizar para el estudio propuesto (ver Tabla 3.6.).

Tabla 3.6. Matriz de impacto.

Nombre del Indicador	tipo	Unidad	objetivo	Alternativa A: Manejo privado (Antisana)	Alternativa B. Co-manejo (Oyacachi)
Dimensión Económica					
inversión acumulada para conservación (2010 - 2015)	cuantitativa	\$/ha	min	491	79,03
gastos de mantenimiento acumulado para conservación (2010-2015)	cuantitativa	\$/ha	min	149	75,29
Dimensión social					
población servida con agua potable continua para consumo humano	Cuantitativa	%	max	81	56
costo del agua para consumo humano	Cuantitativa	\$/m3	min	0,28	0
Percepción de las negociaciones alcanzadas con la EPMAPS por parte de la comunidad	Cualitativa	escala	max	moderada	mala
Percepción de la cohesión social por parte de la comunidad frente a los acercamientos con la EPMAPS	Cualitativa	escala	max	moderadamente mal	bueno
Percepción de las negociaciones alcanzadas con la EPMAPS por parte de dirigentes comunitarios	Cualitativa	escala	max	moderada	medianamente mal
Percepción de la cohesión social por parte de líderes comunitarios frente a los acercamientos con la EPMAPS	Cualitativa	escala	max	moderadamente mal	muy bueno
Dimensión ambiental					
Índice de regulación hídrica en época seca	Cuantitativa	%	max	89,56	70,56
Disminución de coliformes totales	Cuantitativa	%	max	15,20	3,70

Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015, entrevistas a comuneros, trabajo de campo.

3.3.4 Definición de Umbrales

Para que el análisis multicriterio pueda generar un ranking de preferencia de alternativas, necesita incluir información sobre la intensidad de las preferencias o también denominada distancia semántica. Esta medida se refiere a que niveles o grados de cambios en los criterios se consideran como relevantes o no relevantes. Estas medidas de preferencia son los llamados 'umbrales'. El NAIADE permite incluir seis umbrales para identificar de una forma sensible, cuando un cambio en un indicador es muy significativo, algo significativo o indiferente.

- >> “mucho mejor que”
- << “mucho peor que”
- “mejor que”
- < “peor que”
- ~ “aproximadamente igual a”

- == “igual a”

Los umbrales son definidos en forma subjetiva y responden a la realidad empírica de cada indicador y a la asesoría de expertos en la materia, la definición de umbrales es básico para la construcción de las relaciones de preferencia tratando de equilibrar los diferentes datos de evaluación con el contexto del estudio. A continuación, en la tabla 3.6, se presenta los criterios con los umbrales definidos en el presente estudio.

Tabla 3.7. Definición de umbrales.

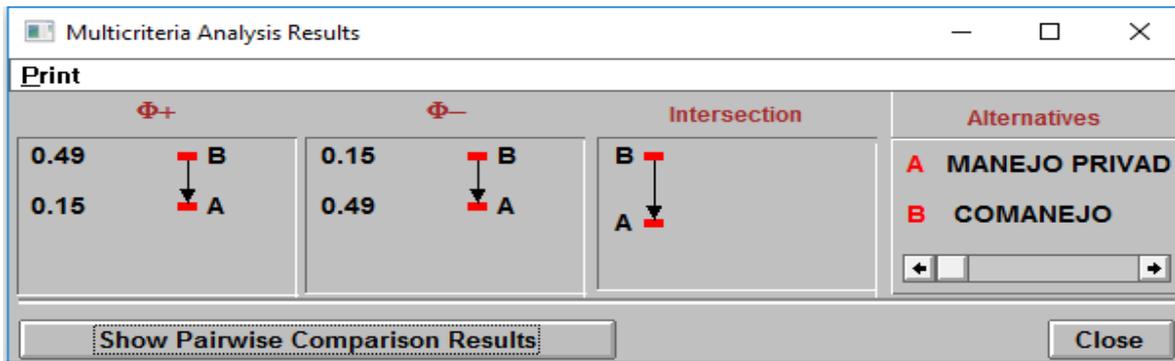
Nombre del Indicador		Unidad	u ==	u ~	u < & u >	u >> & u <<
1	inversión acumulada para conservación (2010 - 2015)	\$/ha	10	50	100	200
2	gastos de mantenimiento acumulado para conservación (2010-2015)	\$/ha	5	10	50	100
3	población servida con agua segura para consumo humano	%	1	5	10	20
4	costo del agua para consumo humano	\$/m3	0,01	0,05	0,1	0,15
5	Percepción de las negociaciones alcanzadas con la EPMAPS por parte de la comunidad	escala	Na	Na	na	na
6	Percepción de la cohesión social por parte de la comunidad frente a los acercamientos con la EPMAPS	escala	Na	Na	na	na
7	Percepción de las negociaciones alcanzadas con la EPMAPS por parte de dirigentes comunitarios	escala	Na	Na	na	na
8	Percepción de a la cohesión social por parte de líderes comunitarios frente a los acercamientos con la EPMAPS	escala	Na	Na	na	na
9	Índice de regulación hídrica (IRH) en época seca	%	5	10	15	50
10	disminución de coliformes totales	%	1	5	10	30

Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015, entrevistas a comuneros, trabajo de campo.

3.4 Resultados de la matriz de impacto

Luego de ingresar la información correspondiente en el paquete informático, los resultados que arroja el NIAIDE con una distancia de preferencia $\alpha= 0,5$; selecciona a la alternativa de co-manejo como la mejor en comparación con la alternativa de manejo privado, puesto que la alternativa de co-manejo presenta un ranking de mucho mejor y mejor ($\phi+$) de 0,49, frente al mismo ranking que tiene un valor de 0,15 para el manejo privado (ver Figura 3.16.).

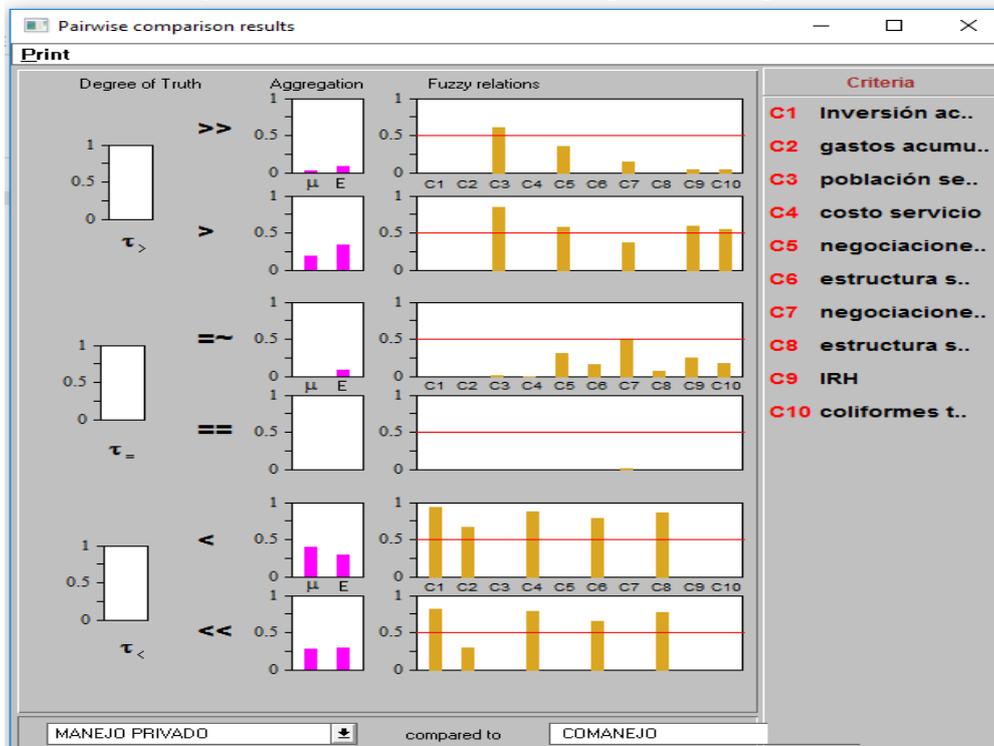
Figura 3. 16. Resultado de la matriz de impacto.



Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015, entrevistas a comuneros, trabajo de campo.

Se debe considerar en este resultado que se ha establecido el mismo peso a cada criterio evaluado, es decir la dimensión social en este caso, que presenta el objetivo de minimizar el conflicto, presenta mayor relevancia, ya que presenta seis criterios de evaluación, frente a las dimensiones económica y ambiental, que presentan dos criterios de evaluación cada una. Además existe la posibilidad de evaluar los criterios en forma comparativa, lo que NAIADE nos permite realizar a través de la Figura 3.17, donde se refleja la comparación en pares de los resultados.

Figura 3. 17. Resultado de la comparación de pares.



Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015, entrevistas a comuneros, trabajo de campo.

En la figura 3.17, se puede observar que cada uno de los criterios se encuentran graficados con barras verticales de color café, donde se presenta un número de criterio y en el extremo derecho se presenta los nombres de cada criterio asignado; por ejemplo, el criterio “C1” ubicado en el gráfico se refiere al criterio de “inversión acumulada”; así sucesivamente hasta llegar al criterio “C10” que corresponde a “disminución de coliformes totales”. En el extremo izquierdo se puede visualizar etiquetas correspondientes a la intensidad de las preferencias “>>” que corresponde a “mucho mejor que”, “>” que corresponde a “mejor que”; “<” que corresponde a “peor que”; “≈” que corresponde a “aproximadamente igual a” y “=” correspondiente a “igual a”.

De acuerdo a la comparación de las dos estrategias de conservación del recurso hídrico, con los casos expuestos a lo largo de la investigación, se puede mencionar que el criterio de población servida con agua potable, es mucho mejor en la alternativa de manejo privado en comparación con el co-manejo.

En cuanto al criterio de percepción de las negociaciones alcanzadas por la EPMAPS por parte de la comunidad, éste se encuentra en una posición de mejor en el caso del manejo privado frente al co-manejo, esto se puede explicar por el contexto histórico del predio Antisana, lo que causa que la población compare la relación que mantenía con el anterior propietario (hacendado) con la relación actual con la EPMAPS en cuanto a la propiedad del predio; además la posición de este criterio se puede deber a la percepción de la comunidad de Oyacachi sobre una frustración que mantiene con los acuerdos alcanzados con la EPMAPS para mejorar su calidad de vida. Otros criterios que se encuentra en la posición de “mejor que” es la disminución de coliformes totales y la capacidad de regulación hídrica, que es mejor en el manejo privado en comparación con el co-manejo, esto se puede deber a las acciones eficaces de retiro de disturbios antrópicos y restauración en las cuencas que se encuentran en el predio Antisana.

En cuanto al criterio de gasto de mantenimiento acumulado se puede observar que se ubica en el rango de “peor que” en la alternativa de manejo privado en comparación a la alternativa de co-manejo; esto se puede explicar por la intensidad en cuanto a las actividades de conservación que realizan FONAG y EPMAPS en el predio Antisana como control y vigilancia, evacuación permanente de ganado, restauración de cobertura vegetal, investigación, entre otros.

En cuanto a los criterios de: inversión acumulada para conservación, costo de agua para consumo humano y percepción de cohesión social por parte de la comunidad; se puede observar que son mucho peor en la alternativa de manejo privado en comparación con la alternativa de co-manejo; esto se puede explicar por diversos factores como: la fuerte inversión realizada para la adquisición del predio Antisana; la prohibición de ingreso a ciertos grupos de la población de Pintag para actividades de “chagrería” en el predio Antisana, el inexistente costo para la población de Oyacachi para obtener el agua segura para consumo humano y la mejora en cuanto a la cohesión social de la población de Oyacachi para poder realizar negociaciones con entidades públicas o privadas.

Finalmente se puede observar con resultados de indiferencia o contradictorios, en especial los criterios sociales de percepciones tanto de la cohesión social como de las negociaciones alcanzadas dentro de la dimensión social, esto refleja que los dos actores consultados presentan diferentes criterios dentro de la misma población.

Al momento de generar el análisis agregado se dependen elementos que se debe rescatar, por ejemplo el hecho de la interacción entre criterios en la comparación de ambas alternativas de manejo; por ejemplo, los criterios económicos que corresponden a son en general peores en la alternativa de manejo privado comparado con el co-manejo; este aspecto ya se mencionó; sin embargo, cuando se analiza los criterios ambientales de regulación hídrica y calidad de agua por concentración de coliformes totales, pasa lo contrario; es decir, los criterios ambientales son mejores para la alternativa de manejo privado en comparación con la alternativa de co-manejo. Por lo tanto, si bien existen altas inversiones y gastos para realizar conservación en el predio Antisana; existen resultados positivos en cuanto a regulación hídrica y calidad de agua; es decir, para este caso específico, desde el punto de vista económico y ambiental se cumple con el objetivo de la inversión para conservación del recurso hídrico. Contrario es lo que ocurre en la alternativa de co-manejo, puesto que si bien, las inversiones y gastos para conservación son menores, no existen resultados muy positivos en términos de regulación hídrica y calidad de agua. De este análisis se pueden desprender algunas reflexiones que se desarrollarán en el capítulo de conclusiones y recomendaciones.

Por lo tanto, los criterios que aportan para identificar la mejor alternativa de conservación fundamentada en la sustentabilidad, son los criterios sociales que, como se puede observar y

se describió en el acápite correspondiente, en términos generales presentan mejores resultados en la alternativa de co-manejo. Esta reflexión es vital para hallar un equilibrio entre los dos casos presentados y que se pretende discutir de forma más amplia en las conclusiones de la investigación.

3.5 Análisis de sensibilidad

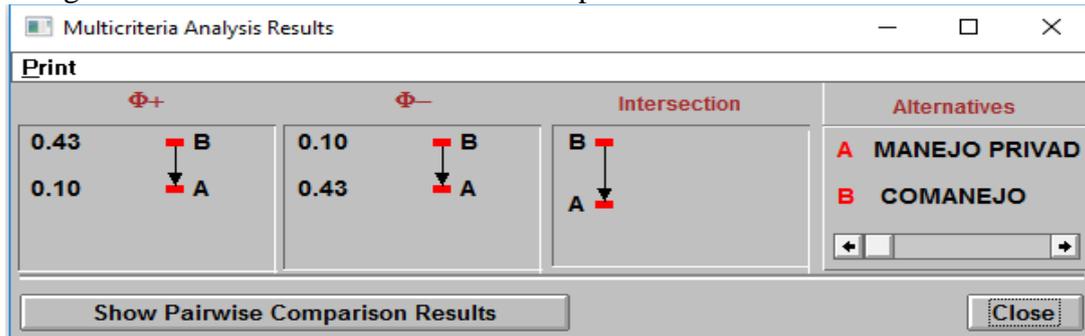
3.5.1 Análisis asignando el mismo peso a cada dimensión

En la presente investigación, se ha mencionado que todas los criterios presentan la misma ponderación, por lo tanto el grado de relevancia de cada dimensión depende del número de criterios que contenga, por ejemplo en la investigación realizada la dimensión que presenta la mayor relevancia es la dimensión social, ya que presenta seis criterios; frente a las dimensiones ambiental y económica que presentan dos criterios cada una.

Por lo tanto, un primer análisis de sensibilidad del resultado de la matriz de impacto se plantea al asignar el mismo grado de relevancia a cada dimensión, es decir, que cada dimensión contenga el mismo número de criterios, por lo tanto en el caso de las dimensiones económicas y ambientales se mantuvo el mismo número de criterios y en el caso de la dimensión social se mantuvo dos criterios por considerarlos los más relevantes en cuento a la contribución del objetivo de la dimensión; estos se basan en la percepción de la población sobre las negociaciones alcanzadas y la cohesión social frente a los acercamientos para negociaciones.

Con estas consideraciones se ingresó la información correspondiente en el paquete informático, donde el resultado que arroja el NAIADe con un $\alpha= 0,5$; selecciona a la alternativa de co-manejo como la mejor en comparación con la alternativa de manejo privado, puesto que la alternativa de co-manejo presenta un ranking de mucho mejor y mejor ($\Phi+$) de 0,43, frente al mismo ranking que tiene un valor de 0,10 para el manejo privado (ver Figura 3.18.).

Figura 3. 18. Resultado de la matriz de impacto. Primer análisis de sensibilidad.



Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015, entrevistas a comuneros, trabajo de campo.

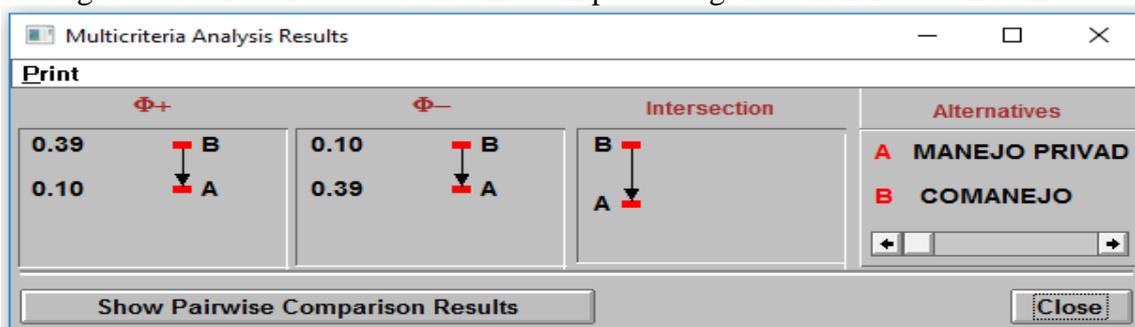
En el resultado se puede apreciar que la alternativa de co-manejo es mejor a la alternativa de manejo privado, es decir existe el mismo resultado que el presentado con todos los criterios analizados, por lo que se puede mencionar que en la presente investigación, el grado de confiabilidad de los resultados obtenidos son consistentes.

3.5.2 Análisis sin considerar la dimensión social

Otro análisis para establecer el grado de confiabilidad del resultado de la matriz de impacto presentado se basa en el análisis comparativo de las alternativas sin considerar la dimensión social, debido a que, como se explicó anteriormente, presenta un grado de relevancia mayor frente a las demás dimensiones.

Con estas consideraciones se ingresó la información correspondiente en el paquete informático, donde el resultado que arroja el NAIADDE con un $\alpha= 0,5$; selecciona a la alternativa de co-manejo como la mejor en comparación con la alternativa de manejo privado, puesto que la alternativa de co-manejo presenta un ranking de mucho mejor y mejor ($\Phi+$) de 0,39, frente al mismo ranking que tiene un valor de 0,10 para el manejo privado (ver Figura 3.19.).

Figura 3. 19. Resultado de la matriz de impacto. Segundo análisis de sensibilidad.



Fuente: EPMAPS 2010-2015, FONAG 2010-2015, entrevistas a comuneros, trabajo de campo.

En el resultado se puede apreciar que la alternativa de co-manejo es mejor a la alternativa de manejo privado; es decir, existe el mismo resultado que el presentado en los dos análisis anteriores, por lo que se puede mencionar que el grado de confiabilidad de los obtenidos en la presente investigación es consistente.

Discusión y conclusiones

Discusión

El aporte de la presente investigación contribuye a la discusión académica de la forma de gestión de los recursos naturales, específicamente el agua, donde se contrasta la gestión individual y colectiva, analizados desde la perspectiva de economía ecológica, donde interactúan las dimensiones ambiental, social y económica.

Como herramienta de análisis se emplea el método de agregación el NAIADE, aunque para este estudio solamente se construye una matriz de impacto, que mediante una ponderación igual para cada criterio analizado generó un ranking de ambas alternativas, conforme el cual, el co-manejo se presenta de manera consistente como una mejor opción que el manejo privado. La matriz de impacto que se emplea en esta tesis plantea tres propósitos para garantizar la sustentabilidad en el manejo del recurso hídrico.

En la dimensión económica se contrastan las inversiones iniciales y gastos de mantenimiento ejecutados durante el periodo de análisis para lograr la conservación del recurso hídrico. La evaluación así realizada, permite definir la alternativa más efectiva, en términos económicos para la conservación del recurso hídrico; es decir, aquella que debido a acciones de conservación implementadas, presenta menores erogaciones económicas por hectárea conservada de interés hídrico.

En la dimensión social, los indicadores empleados se orientaron a identificar los grados de conflicto social asociados a dos ámbitos: la dotación y costos del servicio de agua potable para las poblaciones circundantes, y el grado de cohesión social que se deriva a partir de los procesos de negociación que se emprendieron en las zonas de estudio para definir los esquemas de manejo del recurso. Con estos elementos, el propósito de evaluación en la dimensión social fue definir la alternativa de manejo del recurso que origine condiciones menos propicias para la conflictividad, de forma que, una cohesión más fuerte de las poblaciones permite garantizar mejores condiciones para conservar el recurso.

Finalmente, en la dimensión ambiental se analizó la calidad y cantidad de los recursos hídricos de forma tal que se buscó establecer la estrategia más eficiente en cuanto a la generación y mantenimiento de servicios ecosistémicos hídricos.

Como se ha explicado, el principal resultado de la agregación multicriterial aplicada define al co-manejo como una mejor alternativa que el manejo privado, lo que se puede explicar por dos razones. La primera, la diferencia en los gastos de mantenimiento e inversiones iniciales necesarias para llevar adelante la estrategia de manejo privado. Es decir, el manejo privado presenta mayor intensidad en acciones e inversiones para garantizar la conservación del recurso hídrico. La segunda, que los gastos e inversiones en el co-manejo muestran una dinámica más estable durante el periodo de estudio. No obstante, es preciso tomar en cuenta que, como parte de los compromisos suscritos entre la EPMAPS y la comunidad de Oyacachi, se encuentra pendiente la construcción de obras de alcantarillado y saneamiento, que seguramente reducirán la brecha financiera entre las dos estrategias de conservación analizadas.

Corresponde mencionar que, si bien el método NIADE otorga igual ponderación a los criterios de análisis, cada dimensión puede adquirir mayor importancia cuando comprende un mayor número de criterios. Precisamente, la dimensión social de este estudio, tiene mayor relevancia porque incorpora un mayor número de indicadores en relación a las otras dos dimensiones. La confiabilidad de los resultados así obtenidos, se examina a partir de un análisis de sensibilidad, que se explica más adelante.

Un resultado importante en la dimensión social permite inferir que, aunque los procesos de negociación entre los actores sociales y la institucionalidad vigente, pueden no generar los beneficios esperados por la población, en cambio permiten fortalecer la cohesión social y por ende, generan mejores condiciones para la conservación del recurso hídrico en un marco de acción de menor conflictividad. Esto se observó en el caso de Oyacachi, pues en el manejo privado de Antisana no se establecieron condiciones de negociación que favorezcan estos procesos. Este resultado ratifica la investigación desarrollada por Hayes, Murтинho y Wolff (2015), quienes encuentran que las comunidades que participaron en programas de pago por servicios ambientales, mediante negociaciones en el Ecuador consolidaron las reglas de uso del suelo ya que al aplicar sus reglas son más propensos a ser organizados y tener mecanismos de seguimiento interno; es decir fortalecen su cohesión social y estructura comunitaria.

En cuanto al análisis de la dimensión ambiental, un resultado fundamental del trabajo realizado indica que emprender cualquiera de las estrategias de conservación del recurso hídrico analizadas contribuye a mejorar la cantidad y calidad del agua. Esto se observa tanto

en términos de regulación hídrica, como en términos de calidad del recurso, medida a partir de la concentración de coliformes totales. De esta forma, tal como explican Kroeger et al. (2017), las intervenciones en conservación de manejo de cuencas, impactan en los servicios ecosistémicos y justifican los costos incurridos, aunque el retorno a la inversión sea menor a uno, ya que este resultado económico adverso, se puede explicar por factores como el horizonte temporal de análisis y la dificultad para internalizar beneficios producidos por servicios ecosistémicos.

En el análisis agregado, cuando se ordenan las estrategias de manejo del recurso que analizamos en esta tesis, en los criterios ambientales se observan mejoras más representativas en la alternativa de manejo privado frente a la de co-manejo. Estos resultados ratifican lo expuesto por Tapasco et al. (2002), quienes determinaron que como producto de la adquisición de predios para conservación, la presión sobre los recursos de flora y fauna se redujo significativamente (90%).

Estos resultados son muy interesantes en la aplicación de estrategias de conservación que apuntalen la sustentabilidad del recurso hídrico para el suministro de agua potable, a niveles técnicos y de política pública; a nivel técnico en cuanto a la efectividad a las acciones de conservación implementadas en un área determinada y a nivel de política pública en cuanto a la efectividad de las normativas para conservación del recurso hídrico aplicadas en un territorio.

Conclusiones

El agua, como lo señala Aguilera (2010), más allá de un mero factor de producción o un activo financiero, se define como un recurso con la capacidad de satisfacer un conjunto de funciones económicas, sociales y ambientales, esta definición implica que debe existir una gestión no del recurso, sino del ecosistema que produce y mantiene ese recurso, así como de los usuarios inmediatamente involucrados en ese manejo; por lo tanto, debe existir un marco institucional y/o reglas sociales que definan las reglas de juego para su conservación y uso; así como también definan las funciones que debe cumplir el agua en una sociedad. Es decir, la gestión del recurso hídrico no puede centrarse solamente en una discusión de oferta y demanda, sino en una gestión integrada, en la cual, los componentes biofísico y social son fundamentales.

Por ello, en esta tesis se plantea un análisis comparativo de dos estrategias de conservación inmersas dentro del concepto de gestión integrada, desde una perspectiva de sustentabilidad fuerte para el recurso hídrico, donde las dimensiones ambiental, social y económica interactúan entre sí, cada una con sus propios criterios y escalas de medición. Es decir, en esta tesis se aplica un enfoque de economía ecológica a partir de una evaluación multicriterial de una gestión privada del recurso que se contrasta con una gestión de co-manejo.

Desde una perspectiva teórica, la evaluación de las formas de gestionar diversos recursos naturales no son nuevas, Hardin (1968) expuso en el marco de lo que se conoce como la “tragedia de los comunes”, el resultado de la ausencia de normas claras para la gestión de los recursos naturales. En línea con estos planteamientos, Chichilnisky (1997) y otros, sugirieron la asignación de derechos de propiedad individual para garantizar la conservación ambiental, de manera que se restrinjan las condiciones de acceso y aprovechamiento de los recursos naturales. Una corriente crítica respecto de estas propuesta la ha encabezado Ostrom (1999), quien manifiesta que no necesariamente se debe restringir el acceso mediante la asignación de derechos de propiedad privada, sino que pueden existir arreglos institucionales o arreglos comunitarios para establecer reglas en el acceso y uso del recurso natural, de manera que es mejor el resultado en términos de sostenibilidad del recurso.

Con estos elementos teóricos, la pregunta que abordó esta investigación se centró en determinar ¿Cómo contribuye el manejo privado y el co-manejo de recursos hídricos en las fuentes que abastecen al Distrito Metropolitano de Quito, a la conservación del recurso en un marco de sustentabilidad?

A fin de responder esta pregunta, se construyó un análisis multicriterio que permitió contrastar el manejo privado que se realiza en el predio Antisana, con la estrategia de co-manejo que se desarrolla en la comunidad Oyacachi. Para ello, se emplearon tres dimensiones de evaluación: la económica, la social y la ambiental.

Los casos donde se aplican las dos estrategias de conservación del recurso hídrico, se pueden entender desde una perspectiva de análisis territorial. En el caso del manejo privado, se trata de un área ubicada en el flanco occidental del nevado Antisana, donde se ha restringido el acceso, destinada históricamente a ganadería intensiva, propiedad de un hacendado que mantenía una relación distante y conflictiva con las comunidades circundantes y que ahora es

destinada para conservación del recurso hídrico y fue adquirida por la ciudad de Quito, mediante la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS). En cambio en el caso de la estrategia de co-manejo se trata de un área ubicada en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes, en el cantón el Chaco de la Provincia de Napo, donde confluyen varios actores, donde deben llegar a acuerdos para la conservación y el uso de los recursos naturales; el caso de estudio corresponde a un área de propiedad ancestral de una comuna denominada Oyacachi, que depende del uso del recurso natural para su subsistencia, que además se encuentra dentro de un área protegida, parte del SNAP, cuyo recurso hídrico se halla en mejores condiciones de conservación en comparación con el primer caso analizado, aunque en este proceso, los conflictos con el Estado por el manejo del recurso también estuvieron presentes.

Estos elementos del contexto histórico y sus dinámicas son fundamentales para la construcción de los diversos criterios de decisión que se emplean en la evaluación multicriterial presentada en esta tesis, tanto por el grado de cohesión social asociado a cada alternativa, como por las inversiones y costos de las diversas acciones de conservación que se aplicaron en cada caso.

Como se explicó en la sección previa, el ordenamiento multicriterial define a la estrategia de co-manejo mejor, en términos de sustentabilidad, que la estrategia de manejo privado del recurso hídrico que abastece al Distrito Metropolitano de Quito. Aunque ambas estrategias contribuyen a la conservación del recurso hídrico, es decir, ambas presentan resultados alentadores en los criterios ambientales, una vez que se incorpora a un solo marco de análisis las dimensiones social y económica, este resultado se relativiza en favor del co-manejo. De ahí la importancia de desarrollar este tipo de evaluación desde un enfoque multicriterial. Probablemente, si este mismo análisis se centra solamente en una única dimensión, la ambiental por ejemplo, se recomendaría realizar un manejo privado, no obstante, es preciso tomar en cuenta que, tal como demuestra Ostrom y otros investigadores, la simple asignación de derechos de propiedad no garantiza una gestión sostenible del recurso y menos su conservación. De hecho, en este caso en particular, se puede observar que los resultados ambientales más favorables en el manejo privado se desprenden de la aplicación de una serie de acciones para la conservación que en buena medida se realizan porque el propietario privado está manejando un bien público (el agua potable para el Distrito Metropolitano de

Quito), en ese sentido, la finalidad de sus acciones de conservación se orientan al beneficio de un colectivo, antes que a su beneficio privado.

Por estas razones, este tipo de evaluaciones pueden replicarse en otros casos, en donde las dimensiones económica y social pueden derivar ordenamientos distintos en las estrategias de manejo del recurso. Además, desde la política pública, este tipo de análisis contribuye no solo a definir las mejores estrategias en términos de sustentabilidad, sino además definir los ajustes necesarios a introducir en estrategias que funcionan con ciertos resultados favorables para garantizar la conservación del recurso.

En cuanto a la robustez de los resultados presentados, en la presente tesis se realiza un análisis de sensibilidad desde dos mecanismos. El primero consistió en asignar el mismo grado de importancia a las dimensiones presentadas en el estudio; para ello fue necesario seleccionar el mismo número de criterios para cada dimensión. Así, se seleccionaron dos criterios sociales significativos en su contribución a cumplir el objetivo de la dimensión y mediante una nueva corrida del modelo se determinó que el ordenamiento de las alternativas no varió. El segundo mecanismo buscó confirmar el ordenamiento multicriterial al encontrar que las dos alternativas evaluadas mostraban resultados contrapuestos en las dimensiones económica y ambiental, de manera que al eliminar la dimensión social, el resultado multicriterial permita definir la mejor alternativa para la sustentabilidad en el manejo del recurso. De esta forma se comprobó que el resultado es consistente, cualquiera sea el cambio de ponderaciones que se realice.

Es importante recalcar que las iniciativas circunscritas en las estrategias de manejo privado y co-manejo no son nuevas, puesto que se han venido impulsando desde hace más de 20 años en el Ecuador; sin embargo, los análisis desde un enfoque de economía ecológica, para analizar este tipo de estrategias, no existen, por lo que, se recomienda realizar mayores aportes desde el análisis de diferentes casos de estudio.

Uno de los principales retos del trabajo fue la deficiencia en cuanto a la disponibilidad de información en el ámbito hidrológico. A pesar de analizar casos emblemáticos para la conservación del recurso hídrico para el Distrito Metropolitano de Quito, la ausencia de monitoreos continuos dificulta la posibilidad de desarrollar una variedad de indicadores de servicios ecosistémicos hídricos.

Esta tesis deja planteados algunos elementos a explorar en futuras investigaciones. Un aspecto importante será la construcción de una matriz de equidad, que complemente el análisis presentado a partir de la matriz de impacto y el ordenamiento de las alternativas de evaluación. La matriz de equidad requerirá una profundización del trabajo de campo realizado en esta tesis, respecto de las percepciones de los actores y sus intereses en cada una de las estrategias de conservación. La matriz de equidad es un instrumento que permite reflejar el grado de identificación de los actores sociales relevantes con las alternativas de evaluación, y por lo tanto, permite medir de manera más directa los conflictos entre actores para la toma de decisiones y definir posibles soluciones de compromiso entre todos los involucrados.

Otro aspecto importante que podría abordarse en una futura investigación sería la incorporación de otras dimensiones de análisis. Por ejemplo, para el caso de comunidad de Oyacachi, un ámbito de afectación relevante podría ser el aspecto cultural. Asimismo, otras alternativas para la dotación de agua potable, se pueden incorporar en la evaluación, como es el caso de los proyectos trasvase, que pueden servir en evaluaciones multicriteriales de otros contextos.

Por los resultados obtenidos en la presente tesis, se recomienda realizar una actualización comparativa, luego de algunos años de gestión, a fin de establecer tendencias económicas y su resultado en los ámbitos sociales y ambientales, luego de que EPMAPS cumpla con los compromisos con la comuna de Oyacachi en cuanto a la dotación de alcantarillado y saneamiento en caso de co-manejo y se establezcan los costos de mantenimiento para conservación del agua en el caso del manejo privado de Antisana.

Por otro lado, se recomienda incorporar una variable de consumo del recurso hídrico en la evaluación multicriterial, sea como un criterio ambiental o social; puesto que para hablar de temas de conservación, disponibilidad y gestión integrada del recurso hídrico, no se puede dejar de lado un criterio tan sensible como el consumo, que por razones de disponibilidad de información no se pudo incluir en el presente análisis.

Finalmente, se concluye de la presente investigación que el emprender estrategias de manejo para la conservación del recurso hídrico (sea cual fuere); se debe considerar como un elemento fundamental para la sustentabilidad del recurso; por lo tanto, se deben tomar medidas urgentes y claras para garantizar nuestra supervivencia y de nuestros hijos. Al final

del camino.... Ningún bien fabricado podrá sustituirse con el agua! Ojalá que esta investigación haya contribuido a esta aseveración...

Anexos

Entrevista guiada para grupos focales de las parroquias Pintag y Oyacachi

Parte I. Declaración inicial donde se especifican los contratos.

“Bueno, antes que nada muchísimas gracias por estar aquí, sé que es un gran esfuerzo el dejar sus actividades para poder acompañarnos en esta reunión. Hoy es el día XX de septiembre del 2016, son las XXXX de la tarde y estamos en XXXXXXXX para realizar este grupo focal para conocer la experiencia que han tenido en su relación con actores públicos y privados que gestionan recursos ambientales, en especial el agua.

Los resultados de este trabajo, nos ayudará a proponer mejoras en las estrategias de conservación de los recursos naturales; desde diferentes criterios sociales, ambientales y económicos y se hace en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales –FLACSO- Hemos formulado unas preguntas que son en realidad guías para poder motivar la discusión. Esperamos que esto dure alrededor de una hora. ¿Están de acuerdo en participar libre y voluntariamente en este ejercicio? Sin más preámbulos sería bueno que pudiéramos empezar”.

Parte II guía de preguntas

PARROQUIA DE PINTAG

1. Existe relación con Instituciones dedicadas al manejo y conservación de recursos naturales en la zona?
2. Conocen si la EPMAPS ha adquirido predios en la zona?
3. Conocen el objetivo de la compra del predio Antisana por parte de la EPMAPS?
4. Desde su percepción, eso influyó en algo positivo o negativo en la vida diaria de la población de Pintag?
5. Ha existido negociaciones con Instituciones como MAE, FONAG y EPMAPS para el cuidado ambiental del páramo? En caso de existir, cuáles?
6. Las negociaciones o acercamientos ocasionaron conflictos entre la población?
7. Cómo se sintieron cuando supieron que la EPMAPS había comprado esas tierras? Creyeron que eso afectaría o no en su vida diaria y su relación con esa área?
8. En la actualidad, existen acercamientos con la población de la parroquia por parte de la EPMAPS o de otros actores como FONAG? En caso de existir, en qué ámbitos?
9. Desde la adquisición del predio, ha existido cambios en las estructuras organizacionales de la parroquia frente a las instituciones de conservación?

10. Creen que existen beneficios para la población producto de adquirir esos predios (por ejemplo agua potable para la parroquia, belleza paisajística para turistas, etc)?
11. Piensan que ha influido en algo positivo o negativo la adquisición de esas tierras por parte de la EPMAPS? (Guiar la consulta en términos de estructura comunitaria).
12. Qué recomendarían a la EPMAPS y FONAG en cuanto al manejo de ese predio y la relación con la población de Pintag?
13. Creen que un co-manejo con participación de la población para el manejo del predio para conservación sería mejor o peor que adquirir el predio?

PARROQUIA DE OYACACHI

1. Existe relación con Instituciones dedicadas al manejo y conservación de recursos naturales en la zona?
2. Recuerdan experiencias positivas con entidades del estado como el MAE, EPMAPS, FONAG para beneficio de su vida diaria?
3. Ha habido negociación, expresados en convenios y proyectos, en especial con la EPMAPS y el FONAG debido a que de aquí se lleva el agua para Quito?
4. Cómo se sienten de las negociaciones alcanzadas ha mejorado en algo su vida diaria?
5. Estas negociaciones han ocasionado conflictos internos de la comunidad en años anteriores?
6. Creen que los convenios han mejorado la vida diaria de la población de Oyacachi?
7. En estos años, ha existido cambios en las estructuras organizacionales de la parroquia frente a las instituciones de conservación?
- 8.Cuál es su sentir de las negociaciones alcanzadas, en especial los compromisos asumidos como la baja de ganado, cree que han sido justos?
9. Ha existido alguna diferencia en cuanto a beneficios alcanzados de las negociaciones con pobladores al interior de la parroquia?
10. Ha existido cambios en su vida diaria producto de las negociaciones alcanzadas, esto para el año 2010 y en la actualidad.
11. Piensan que ha influido en algo positivo o negativo el hecho de que de aquí se lleve el agua para Quito? (Guiar la consulta en términos de estructura comunitaria).
12. Qué pensarían de la posibilidad de comprar a la comuna las áreas donde está el sistema de agua potable? Creen que sería una mejor opción que la dinámica actual?
13. Qué recomendarían a la EPMAPS y FONAG en cuanto a su presencia en la zona y la relación con la población de Oyacachi?

Parte III. Cierre del grupo focal

“Muy bien agradecemos mucho el que hayan estado aquí, todas sus experiencias, sus opiniones, sus sentimientos y perspectivas son muy ricas y estoy seguro que van a tener un impacto en la investigación. No va a quedar sólo en el papel, sino que se va a tomar muy en cuenta para influir en la definición de estrategias de conservación”.

Lista de referencias

- Aguilera Klink, Federico Alcántara Vincent. 1994. *De la Economía ambiental a la Economía Ecológica*. Barcelona: ICARIA.
- Aguilera Klink, Federico. 2000. *Economía del Agua: algunas cuestiones ignoradas mucho antes del nuevo milenio*. Madrid: Nuevo Milenio.
- Aguilera Klink, Federico. 2010. “La nueva economía del agua”. *Economía Crítica* 9: 251-254.
- Aguilera Klink, Federico. 2012. “Las instituciones y los recursos naturales de propiedad común: pensando con claridad más allá de las panaceas”. *Ecología Política* N° 3: 137-145.
- Aguirre, Marcela. 2009. “Sustentabilidad financiera de Áreas Naturales Protegidas en el Ecuador, situación y perspectivas”. Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Alison Joubert, Anthony Leiman, Helen Klerk, Stephen Katua, Coenrad Aggenbach. 1997. “Fynbos (fine bush) vegetation and the supply of water: a comparison of multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis”. *Ecological Economics* 22:123-140.
- Brundtland, Gro. 1987. “Nuestro futuro común”. Documento de trabajo, Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas.
- Castro Rafael, Mónica Romero, Gabriela Loarte y Raúl Galeas. 2013. “Modelos de unidades geomorfológicas para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental”. Documento de trabajo. Ministerio de Ambiente del Ecuador.
- Célleri Rolando, Jan Feyen. 2009. “The Hydrology of Tropical Andean Ecosystems: Importance, Knowledge Status, and Perspective”. *Mountain Research and Development* 29: 350-355.
- Chichilnisky, Graciela. 1997. “What is sustainable development?”. *Land Economics*, Vol.73: 467-491
- Coase Ronald, 1960. “The problema of Social Cost”. *Journal of Law and Economics* Vol 3: 1-34.
- Constanza, Robert. 1989. “What is ecological economics?”. *Ecological Economics* 1: 1-7.
- Enríquez Luis. 2015. “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Oyacachi”. Documento de Trabajo, Gobierno Parroquial de Oyacachi.

- EPMAPS, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. 2012. “Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el Distrito Metropolitano de Quito”. Documento de Trabajo.
- EPMAPS, Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento. 2015. Registro de ingresos por el control Pushipungo (base primaria).
- EPMAPS, Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento. 2016. Geodatabase de cuencas abastecedoras a captaciones (base primaria).
- EPMAPS, Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento. 2016. Base de datos hidroclimatológica (base primaria).
- Falconí, Fander. 2015. “Los problemas de la métrica de la economía convencional”. *Análisis* N° 20: 89-114.
- Funtowicz, Silvio and Jerome Ravetz. 1993. “Science for the Post-Normal Age”. *Futures* 25:735-755.
- García Teruel, María. 2003. “Apuntes de Economía Ecológica”. *Boletín Económico*. 2767: 69-75.
- Garrido, Samuel. 2011. “Las instituciones de riego en la España del este. Una reflexión a la luz de la obra de Elinor Ostrom”. *Historia Agraria* N° 53: 13-42.
- Gascón, Jorge. 2001. “La polémica sobre la tragedia de los comunes: un caso andino”. *Debate Agrario* N° 25: 21-38.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. 1996. *La Ley de la Entropía y el proceso económico*. Madrid: Fundación Argentaria - Visor Distribuciones.
- Gordon, Scott. 1954. “The Economic theory of a Common Property Resource: The Fishery”. *Journal of Political Economy* Vol. 75: 124-142.
- Hamilton Roger. 2007. *Aliados naturales: la gente de América Latina forja una nueva relación con su medio ambiente*. Washington, D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Hardin, Garrett. 1968. “The Tragedy of the Commons”. *Science*, Vol. 162: 1243-1248.
- Hayes Tanya, Felipe Murtinho, Hendrik Wolff. 2015. “An institutional analysis of payment for Environmental Services on collectively managed lands in Ecuador”. *Ecological Economics* 118: 81-89.
- Hinkel, Jochen. Bots, Pieter. Schlüter, Maja .2014. “Enhancing the Ostrom social-ecological system framework through formalization”. *Ecology and Society*, Vol. 3: 19-51.
- Hofstede Robert, Johanna Lips y Johanna Wibold. 1998. *Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador*. Quito: Abya-Yala.

- Hotelling, Harold. 1931. "The Economics of Exhaustible Resources". *The Journal of Political Economy* Vol 39: 137-175.
- Hurtado, Sandra. 2012. "Resumen ejecutivo estudio de impacto ambiental expost (auditoría ambiental inicial) y plan de manejo ambiental sistema integrado de agua potable Papallacta". Documento de trabajo, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.
- INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2016 Proyección de la población ecuatoriana, por años calendario, según cantones (base primaria).
- Kolinjivadi Vijay, Gonzalo Gamboa, Jan Adamowski, Nicolás Kosoy. 2015. "Capabilities as justice: Analysing the acceptability of payments for ecosystem services (PES) through 'social multi-criteria evaluation". *Ecological Economics* 118: 99-113.
- Kroeger T, C Klemz, D Shemie, T Boucher, J.R.B. Fisher, E Acosta, P.J. Dennedy-Frank, A Targa Cavassani, L Garbossa, E Blainski, R Comparim Santos, P. Petry, S Giberti and K Dacol. 2017. "Assessing the Return on Investment in Watershed Conservation: Best Practices Approach and Case Study for the Rio Camboriú PWS Program, Santa Catarina, Brazil". Documento de trabajo, The Nature Conservancy.
- Lahuatte Braulio, Mery Recalde. 2015. "Propiedades físico químicas del suelo como instrumentos de evaluación a las estrategias de restauración implementadas en áreas degradadas de páramo, caso de estudio: microcuencas Antisana y pita". Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional.
- Lam, W, Lee M, Ostrom E. 1997. *The institutional analysis and development framework: application to irrigation policy in Nepal*. Greenwich: Brinkerhoff.
- Lang, Miriam y Dunia Mokrani. 2011. *Más allá del Desarrollo*. Quito: Fundación Rosa Luxemburgo.
- Lasso Lucía. 2012. "Visiones y efectos del ecoturismo: el caso de la comuna kichwa de oyacachi y ecociencia analizadas a la luz de la sociología del turismo". Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Lloret, Pablo. 2009. *Gestión de Cuencas Hidrográficas*. Quito: Consorcio CAMAREN. Edición en PDF.
- Malthus, Robert. 1826. *Essay on the principle of population*. Londres: Electronic Scholarly Publishing Project. Edición PDF.
<http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>
- Martínez Alier, Giuseppe Munda y John O'Neill. 1998. "Weak comparability of values as a foundation for ecological economics". *Ecological Economics* 26: 277-286

- Martínez Alier, Joan y Jordi Roca. 2001. *Economía ecológica y política ambiental*. México DF: FCE.
- Martínez Alier, Joan y Klaus Schlupmann. 1987. *Ecological Economics: Energy, Environment, and Society*. Oxford: Blackwell's Book.
- Martínez Alier, Joan. 1995. *Los principios de la Economía Ecológica*. Madrid: Fundación Argentaria.
- Martínez Alier, Joan. 1998. Curso de Economía Ecológica. México DF: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- Martínez Alier, Joan. 2004. *Las relaciones entre la Ecología Política y la Economía Ecológica, El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria.
- Messer, Kent. 2005. "The conservation benefits of cost-effective land acquisition: A case study in Maryland". *Environmental Management* 79:305-3015
- Meza Jorge. 2016. "Efecto de la intervención antrópica en la situación territorial del Parque Nacional Cayambe Coca, mediante herramientas SIG 2015". Tesis de pregrado, Universidad Central de Ecuador.
- Midler Estelle, Unai Pascual, Adam Drucker, Ulf Narloch, José Luis Soto. 2015. "Unraveling the effects of payments for ecosystem services on motivations for collective action". *Ecological Economics* 120: 428:450.
- Munda Giuseppe. 2004. "Métodos y Procesos Multicriterio para la Evaluación Social de las Políticas Públicas". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 1: 31-45
- Munda Giuseppe. 2004. "Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences". *European Journal of Operational Research* 158: 602-677
- Munda, Giuseppe. 2004. "Métodos y procesos multicriterio para la evaluación social de las políticas públicas" *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Vol. 1: 31-45.
- Munda, Giuseppe. 1997. "Environmental Economics, Ecological Economics, and the Concept of Sustainable Development". *Environmental Economics*, Vol. 6: 213-233.
- Naredo José. (1997): *Enfoques económicos y ecológicos en la encrucijada actual de la gestión del agua en España y California*. Bilbao. Edición en PDF.
- Naredo José. 2004. "La economía en evolución: invento y configuración de la economía en los siglos XVIII y XIX y sus consecuencias actuales". *Manuscripts* 22: 83-117.

- Ostrom, Elinor. 1999. "Coping with tragedies of the commons". *Political Science*, Vol.2: 493-535.
- Pigou, Arthur 1932. *The Economics of Welfare*. Library of Economics and Liberty. Retrieved August 31, 2015 from the World Wide Web:
<http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW0.html>
- Rivera, Santiago. 2016. "La sustentabilidad del recurso hídrico en el Ecuador. Análisis multicriterial de la gestión del agua". Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Salgado P. Paneque, S. Corral Quintanab, Â. Guimarães Pereirac, L. del Moral Ituarted, B. Pedregal Mateos. 2009. "Participative multi-criteria analysis for the evaluation of water governance alternatives. A case in the Costa del Sol (Málaga)". *Ecological Economics* 68:990-1005.
- Tapasco Jeimar, Bernardo Rivera, Rubén Estrada, Camilo Agudelo. 2002. "Efectos sobre los pequeños productores rurales de la compra de predios como política para conservar la Selva de Florencia (Caldas, Colombia)". Simposio Latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios. Universidad de Caldas, Florianópolis, 20-23 de mayo.
- Villacís, Byron. 2005. "La crisis del oro azul: Un análisis de la sustentabilidad del agua en la ciudad de Quito". Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Zury William. 2014. "Plan integral de manejo del predio Antisana". Documento de trabajo. Fondo para la Protección del Agua de Quito.