WAVES

Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services

Contabilidad Ambiental y Económica para el Agua: Caso Piloto para la Cuenca del Lago de Tota

Foto. www.lagodetota.org

Corpoboyacá

DNP Departamento Nacional de Planeación

Prosperidad para todos

DANE Para tomar decisiones

MinAmbiente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Prosperidad para todos

Contraloría General de la República

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1
2 DESCRIPCION DE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA 2
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA 2
2.2 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS 5
2.2.1 Población Municipal 5
2.2.2 Servicios públicos de acueducto y alcantarillado 5
2.2.3 Actividades Productivas 6
2.2.4 Aspectos Institucionales 7
2.2.5 Marco Legal 8
2.3 PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA 9
3 CASO PILOTO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA 10
3.1 OBJETIVOS 10
3.2 PROCESO DE IMPLEMENTACION 10
3.3 CLASIFICACION DE LAS ACTIVIDADES ECONOMICAS 11
4 FUENTES DE INFORMACION Y METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE VARIABLES 13
4.1 FUENTES DE INFORMACION 13
4.2 METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE VARIABLES 14
4.2.1 Cuentas de Activos 14
4.2.2 Utilización, oferta y uso final de agua 16
4.2.3 Cuentas de Emisiones 23
4.2.4 Cuentas Económicas 25
5 RESULTADOS 31
5.1 CUENTAS DE ACTIVOS 31
5.1.1 Nivel y volumen Lago de Tota 31
5.1.2 Aumento en los stocks 32
5.1.3 Disminución en el stock 33
5.2 Extracción de agua 36
5.3 Oferta de agua 40
5.4 Uso final de agua 41
5.5 Análisis de la utilización de agua por actividad económica 2

5.5.1 Agricultura y distritos de riego 2
5.5.2 Ganadería y piscicultura 3
5.5.3 Acueductos dentro de la cuenca 4
5.5.4 Fuera de la cuenca 4
5.5.5 Hoteles 7
5.5.6 Hogares 7
5.6 CUENTA DE EMISIONES AL AGUA 8
5.7 CUENTAS ECONOMICAS PARA ACTIVIDADES Y PRODUCTOS RELACIONADOS CON EL AGUA .. 10
5.7.1 Impuestos, cargos y derechos sobre el agua 3
5.7.2 Cuentas Nacionales de gasto y financiación 6
6 CONSIDERACIONES FINALES 8
7 GLOSARIO 12
8 BIBLIOGRAFIA 13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación de la Cuenca del Lago de Tota 2
Figura 2. Municipios dentro de la Cuenca del Lago de Tota 4
Figura 3. Pasos en la Construcción de las Cuentas del Agua en la Cuenca del Lago de Tota 10
Figura 4. Zonas en que se dividió la cuenca y sus ríos o quebradas principales 15
Figura 5. Definición de precios al productor achurada 29
Figura 6. Comportamiento del Nivel y volumen Lago de Tota periodo 1973—2012 31
Figura 7. Comportamiento de la lluvia mensual periodo 1971-2013, mm/mes 32
Figura 8. Comportamiento de la lluvia periodo 1971-2013, mm/año 33
Figura 9. Precipitación y evaporación en la cuenca, periodo 1971-2013, mm/año 34
Figura 10. Balance precipitación y evaporación periodo 1971-2013 34
Figura 11. Evapotranspiración potencial multianual periodo 1971-2013 35
Figura 12. Aumento y disminución de stocks Lago de Tota año 2012 (hm^3) 35
Figura 13. Extracción de agua en la cuenca del Lago de Tota, agua superficial y agua del suelo 2010 a 2013 37
Figura 14. Extracción de agua en la cuenca del Lago de Tota sin incluir agua del suelo, 2010 a 2013 ... 38
Figura 15. Extracción de agua de la cuenca del Lago de Tota según territorio de uso 39
Figura 16. Flujos de agua en la cuenca del Lago de Tota, 2013 (hm^3) 42
Figura 17. Extracción total de agua por tipo de cultivo, 2010 a 2013 (hm3) 2
Figura 18. Origen del agua en la actividad agrícola, año 2013 3
Figura 19. Utilización de agua por sistemas de acueductos de fuera de la cuenca, 2010 a 2013. 5
Figura 20. Extracción de agua para la actividad industrial 6
Figura 21. Extracción histórica de agua del Lago de Tota por parte de la producción de productos metalúrgicos básicos 6

Figura 22. Emisiones de Nitrógeno que llegan al lago, 2010 a 2013 9
Figura 23. Emisión de Fósforo que llegan al lago, 2010 a 2013 9
Figura 24. Participación de los sectores en el valor de la producción, Lago de Tota, 2012 11
Figura 25. Valor de la producción cuenca del Lago de Tota, 2012 12
Figura 26. Participación del Consumo Intermedio y del Valor agregado en el Valor total de la producción. Cuenca del Lago de Tota 2012 12
Figura 27. Valor agregado por cada empleado 13
Figura 28. Tarifas de acueducto, Compañía de servicios públicos de Sogamoso, 2010 a 2013 3
Figura 29. Volumen de agua y valor facturado Compañía de servicios públicos de Sogamoso, 2010 a 2013 4
Figura 30. Volumen de agua facturado Unidad de Servicios públicos de Aquitania, 2010 a 2013 5
Figura 31. Tasa por uso de agua cobrada, 2010 a 2013 6
Figura 32. Total del GPA de 2011 a 2013 7

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características de la Cuenca del Lago de Tota 3
Cuadro 2. Principales Quebradas que Conforman la Cuenca del Lago de Tota 4
Cuadro 3. Proyección de la Población en los Municipios que se Abastecen de la cuenca del Lago de Tota 5
Cuadro 4. Actores Presentes en la Cuenca del Lago de Tota 7
Cuadro 5. Estructura General CIIU Adaptada para Colombia y Actividades que aprovechan agua de la Cuenca 11
Cuadro 6. Correspondencias entre Usos de Agua y Actividades Económicas 12
Cuadro 7. Premisas de cálculo de la utilización de agua para la actividad agrícola 18
Cuadro 8. Requerimiento de agua por cultivo resultante del CROPWAT (mm/ha/año) 19
Cuadro 9. Coeficientes de consumo de la actividad de ganadería 20
Cuadro 10. Premisas de cálculo para estimar el uso de agua en la actividad hotelera 21
Cuadro 11. Cargas unitarias utilizadas para las emisiones del alcantarillado, hoteles y hogares 24
Cuadro 12. Premisas de cálculo para la cuenta de emisiones de la actividad agrícola 25
Cuadro 13. Aportes Rio Olarte, mensual multianual 33
Cuadro 14. Aumento y disminución de stocks Lago de Tota año 2012 (hm^3) 36
Cuadro 15. Extracción de agua en la cuenca del Lago de Tota, 2010 a 2013 (hm^3) 36
Cuadro 16. Utilización de agua de acuerdo a la fuente de origen, 2010 a 2013 (hm^3) 40
Cuadro 17. Retornos de agua por tipo de actividad económica, 2010 a 2013 (hm^3) 41
Cuadro 18. Uso final de agua en la cuenca del Lago de Tota, 2010 a 2013 (hm^3) 41
Cuadro 19. Cuadros de oferta y utilización, año 2013 (hm^3) 1
Cuadro 20. Utilización de agua actividad agrícola, 2010 a 2013 (hm^3) 2
Cuadro 21. Utilización de agua en la actividad ganadera, 2010 a 2013 (hm^3) 3
Cuadro 22. Utilización, retornos y uso final de agua en la actividad de piscicultura (hm^3) 4
Cuadro 23. Distribución de agua por parte de los acueductos, 2010 a 2013, (hm^3) 4
Cuadro 24. Distribución de agua por parte de los acueductos de fuera de la cuenca, 2010 a 2013 (hm^3) 5
Cuadro 25. Utilización, retornos y uso final de agua en la actividad hotelera, 2010 a 2013 (m^3) 7

Cuadro 26. Utilización, retornos y uso final de agua por los hogares, 2010 a 2013 (hm^3) 7
Cuadro 27. Emisiones al agua de nitrógeno y fósforo 2010 a 2013 (t/año)..... 8
Cuadro 28. Cuentas Económicas de la Cuenca del Lago de Tota. Grandes Sectores económicos de cuentas nacionales..... 14
Cuadro 29. Cuentas Económicas del Lago de tota. Sectores económicos presentes en la Cuenca del Lago de Tota 15
Cuadro 30. Indicadores de eficiencia en el uso de agua por grandes sectores. Cuenca del Lago de Tota 1
Cuadro 31. Indicadores de eficiencia en el uso de agua detallado. Cuenca del Lago de Tota 2
Cuadro 32. Agua extraída vs Agua facturada, Compañía de servicios públicos de Sogamoso. 4
Cuadro 33. Gasto en Protección Ambiental por finalidad. Millones de pesos. 7

ANEXOS

Anexo 1. Marco conceptual

Anexo 2. Cuadros de la cuenta del agua en la cuenca del Lago de Tota

Anexo 2. Matriz de variables de la cuenta del agua

Anexo 2. Datos de la cuenta de Activos

Anexo 3. Fichas metodológicas

LISTA DE SIGLAS

CAPA	Clasificación de Actividades de Protección Ambiental
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CORPOBOYACA	Corporación Autónoma Regional de Boyacá
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxigeno a cinco días
ENA	Estudio Nacional del Agua
ETP	Evapotranspiración Potencial
ETR	Evapotranspiración real
GPA	Gasto en Protección Ambiental
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
POMCA	Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota
RAS	Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico
SCAE-Agua	Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el Agua. Adoptado por la Comisión Estadística de la ONU en 2007.
SCAE-MC	Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica, Marco Central. Adoptado por la Comisión Estadística de la ONU en 2012
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SUI	Sistema Único de Información
WAVES	Contabilidad de la riqueza y la valoración de los servicios de los ecosistemas

UNIDADES DE MEDIDA

km^2	Kilómetros cuadrados
t/año	Toneladas al año
mm/año	Milímetros al año
hm^3	Millones de metros cúbicos, equivalentes a hectómetros cúbicos
m^3/s	Metros cúbicos por segundo
$/año	Pesos al año

CONTABILIDAD AMBIENTAL Y ECONOMICA PARA EL AGUA: CASO PILOTO PARA LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA

1 INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido vital para satisfacer las necesidades humanas, preservar los ecosistemas y además posibilita el desarrollo económico. Es utilizada como insumo para las actividades de producción y consumo, sirve como sumidero para el vertimiento de residuos y es un elemento vital para el sostenimiento de los ecosistemas.

Como aporte a los procesos de planeación y toma de decisiones mejor informados en materia de gestión de los recursos naturales y desarrollo sostenible, las cuentas ambientales y económicas cumplen un rol fundamental. El marco de la contabilidad ambiental y económica, y en este caso piloto específicamente las cuentas del agua, constituye una herramienta útil en el monitoreo y evaluación de los avances y logros alcanzados en ciertos procesos de gestión del agua, mostrando tendencias e impactos a lo largo del tiempo que determinen la contribución del agua a las actividades económicas y el impacto de estas actividades sobre los recursos hídricos.

La incorporación de la contabilidad del capital natural en los sistemas de cuentas nacionales y en la planificación del desarrollo de los países es fomentada por la Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas (WAVES, por sus siglas en inglés). La iniciativa WAVES es promovida por el Banco Mundial en ocho (8) países dentro de los cuales se encuentra Colombia.

Dentro de las actividades de la iniciativa WAVES en Colombia se encuentra la construcción de las cuentas del agua en la Cuenca del Lago de Tota, utilizando como marco de referencia el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del Agua (SCAE–Agua) elaborado por la División de Estadística de las Naciones Unidas[1]. La Cuenca del Lago de Tota posee un importante valor social, ambiental y económico tanto a nivel regional como nacional, y proporciona gran variedad de servicios ecosistémicos representados principalmente en la provisión de agua para el consumo humano, el desarrollo de actividades agrícolas y procesos industriales.

Este documento sintetiza el trabajo realizado en la construcción de las cuentas del agua en la Cuenca del Lago de Tota, integrándolo en cuatro secciones aparte de esta introducción. En la segunda sección se describen las principales características de la Cuenca del Lago de Tota, el estado actual de los recursos hídricos, los aspectos principales de gestión, y la relevancia de las cuentas de agua como una herramienta complementaria de gestión. En el siguiente capítulo se presenta un breve resumen del marco metodológico del SCAE-Agua y como este fue aplicado en este caso piloto. En el cuarto capítulo se presenta los resultados de las cuentas de agua en sus componentes principales para la Cuenca del Lago de Tota. Y en el último capítulo, se presentan las conclusiones y lecciones aprendidas de este caso piloto.

---

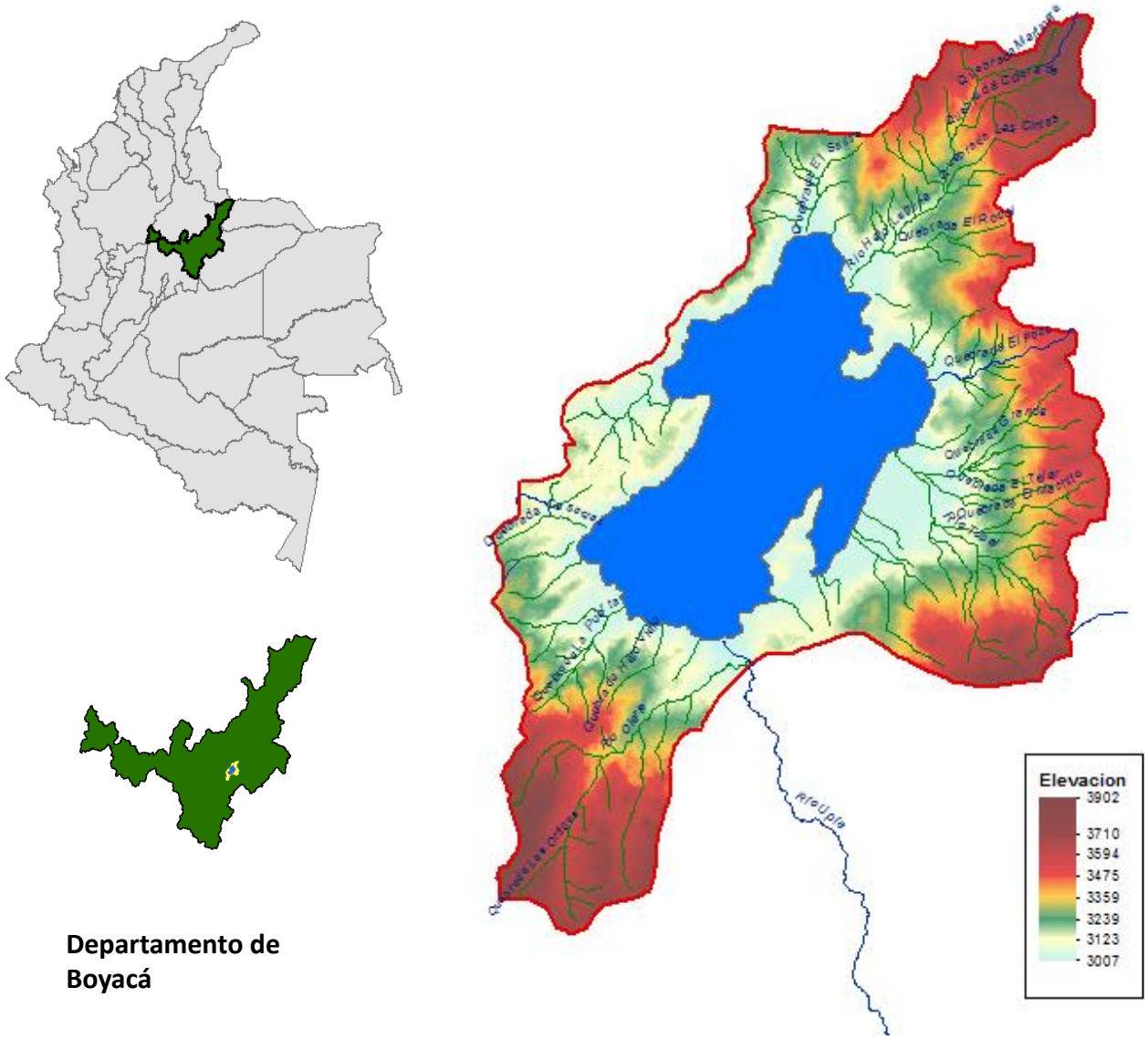
[1] Fuente: Naciones Unidas. 2013. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el Agua. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadísticas. New York.

2 DESCRIPCION DE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA

La Cuenca del Lago de Tota se encuentra localizada en el departamento de Boyacá y abarca porciones de los municipios de Aquitania, Cuítiva, Tota, y Sogamoso, y tiene una extensión total de 223 kilómetros cuadrados (km^2). La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la ubicación de la Cuenca del Lago de Tota en el ámbito de Colombia y el departamento de Boyacá.

Figura 1. Mapa de Ubicación de la Cuenca del Lago de Tota



Fuente. Elaboración propia basado en IGAC y POMCA 2005.

El Lago de Tota es el tercer lago natural más grande, por su volumen, de Latinoamérica y el más extenso de Colombia. El lago está ubicado en zona térmica fría a 3.015 metros sobre el nivel del mar (msnm), cuenta con una superficie de 56,5 km^2 y un volumen de almacenamiento de 1.900 millones de metros cúbicos (MMC). De acuerdo al Estudio Nacional del Agua 2014, el Lago de Tota representa cerca de 14% de la reserva de agua dulce superficial a nivel nacional (ENA 2014).

La Cuenca del Lago de Tota es objeto de protección especial ya que tiene el carácter de humedal, y el 57% de la cuenca está ubicada dentro del ecosistema de páramo Tota-Bijagual-Mapacha. Esta cuenca posee un valor social, ambiental y económico tanto a nivel regional como nacional, proporciona gran variedad de servicios ecosistémicos: la provisión de agua para el consumo humano, el desarrollo de actividades agrícolas y procesos industriales. El lago constituye la fuente de abastecimiento de agua para aproximadamente 250.000 habitantes del departamento de Boyacá (DNP, 2014), y en la cuenca se produce el 60% de la cebolla en rama que consume el país (MADR, 2012). Las características principales de la Cuenca del Lago de Tota se muestran en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Cuadro 1. Características de la Cuenca del Lago de Tota

Variable	Información
Área de la Cuenca del Lago de Tota	223,8 km^2 (22.380 ha)
Área del espejo de agua del Lago	56,5 km^2 (5.650 ha)
Capacidad de almacenamiento del Lago	1.900 hm^3
Precipitación media anual (Estación Aquitania)	945 mm
Temperatura promedio (Estación Aquitania)	10,8 ^oC
Evaporación promedio anual (Estación Aquitania)	1.049 mm
Municipios que conforman la cuenca	Aquitania, Cuítiva, Sogamoso, y Tota
Población aproximada dentro de la cuenca	16.000 personas*60% urbana y 40% rural

Fuentes: DNP:CONPES 3801. 2014. CORPOBOYACA – Plan de Ordenamiento Territorial de la Cuenca del Lago Tota.2004. CORPOBOYACA. Reglamentación del uso del recurso hídrico en las microcuencas de los pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal. Cálculos propios teniendo en cuenta proyecciones de población del DANE y proporción de los municipios dentro de la cuenca.

La Cuenca del Lago de Tota está conformada por 23 sub-cuencas, donde el Río Hato Laguna, el Río Tobal y el Río Olarte se caracterizan por ser las de mayor área con 31, 33 y 25 km^2, respectivamente siendo el Río Olarte el que aporta el mayor caudal al lago (2,08 m^3/s). El aporte de cada sub-cuenca se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. En general, la mayoría de las sub-cuencas se encuentran en procesos de deterioro, destacándose la quebrada La Mugre con los mayores problemas de contaminación (Universidad Javeriana, 2005).

Dada su naturaleza topográfica, la Cuenca del Lago de Tota se define como una cuenca endorreica es decir que no posee ninguna salida natural. Dentro de la zonificación hidrográfica del IDEAM corresponde a la subzona hidrográfica del Lago de Tota (3516), dentro de la zona hidrográfica Meta, del área hidrográfica del Orinoco.

La cuenca sin embargo cuenta con una única salida conformada por una estructura de rebose y control de nivel, la que permite evacuar los caudales en exceso a la cota de 3.015 metros, la que se encuentra localizada hacia la salida del rio Upía en el sitio conocido como Desaguadero (CORPOBOYACA & UPTC, 2007).

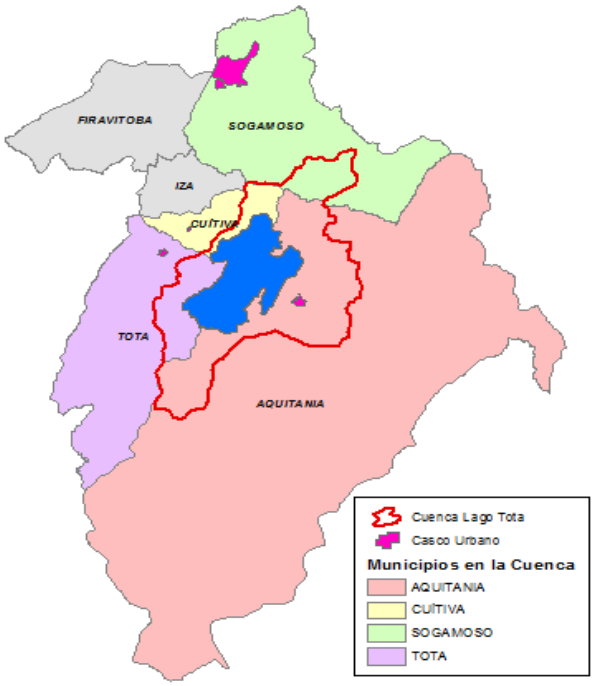
Cuadro 2. Principales Quebradas que Conforman la Cuenca del Lago de Tota

Municipio	Quebrada / Rio	Aportes al Lago (m^3/s)	Total Por Municipio (m^3/s)
Aquitania	Hato Laguna	0.58	4.63
	Los Pozos	0.25	
	El Mugre	0.12	
	El Manzano	0.01	
	Río Tobal	1.59	
	Río Olarte	2.08	
Tota	La Puerta, Arrayanes y Donsiqui	0.132	0.132
Cuitiva	El Salitre, La Cruz, Los Ricos y el Curto	0.03	0.03

Fuente. Universidad Javeriana. POMCA 2005

La localización de los municipios ubicados dentro de la cuenca así como su relación con la misma se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. La superficie de cada municipio dentro de la cuenca es la siguiente: Aquitania 16,1%, Cuitiva 46,8%, Sogamoso 8,9%, y Tota 22,1%.

Figura 2. Municipios dentro de la Cuenca del Lago de Tota



Fuente: Elaboración propia basado en DNP – CONPES 3801. 2014

2.2 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

2.2.1 Población Municipal

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta la proyección de la población en los municipios que se abastecen de los recursos de la Cuenca del Lago de Tota. Un análisis de la información revela que los municipios ubicados en la cuenca y que se abastecen del Lago de Tota no han experimentado crecimientos significativos de población o cambios de estructura. Lo mismo sucede con los municipios de Nobsa, Iza y Firavitoba que también se abastecen del Lago de Tota (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para apreciar la relación de estos municipios con la cuenca). Si bien la población dentro de la cuenca asciende a 16.000 personas[2], la población que se abastece de los recursos hídricos de la cuenca es alrededor de 250,000 personas (DNP, 2010).

Cuadro 3. Proyección de la Población en los Municipios que se Abastecen de la cuenca del Lago de Tota

Municipio	Cabecera Municipal					Resto				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Aquitania	6.141	6.188	6.230	6.267	6.300	9.878	9.692	9.503	9.310	9.113
Cuítiva	216	217	218	218	218	1.750	1.738	1.726	1.714	1.701
Sogamoso	98.192	98.344	98.456	98.528	98.559	17.372	16.790	16.220	15.685	15.199
Tota	580	577	573	570	567	4.971	4.944	4.917	4.887	4.855
Iza	966	978	991	1.003	1.014	1.264	1.273	1.290	1.302	1.311
Firavitoba	2.120	2.123	2.126	2.127	2.127	3.999	3.946	3.909	3.869	3.823
Nobsa	5.882	5.995	6.101	6.203	6.298	9.909	9.906	9.901	9.880	9.881
	114.097	114.422	114.695	114.916	115.083	49.143	48.289	47.466	46.647	45.883

Fuente: DANE Proyecciones de Población.

Cabe resaltar que la única cabecera municipal ubicada dentro de la cuenca corresponde a la del municipio de Aquitania. Su población es principalmente rural con 6.230 personas en la cabecera y 9.503 en el resto según proyecciones del DANE para el año 2012. En el sector rural los pobladores se han localizado principalmente en zonas cercanas al Lago hasta alturas de 3.300 m.s.n.m.

2.2.2 Servicios públicos de acueducto y alcantarillado

Los servicios públicos de acueducto y alcantarillado a los municipios de la cuenca son proporcionados por las siguientes entidades. En el caso del municipio de Aquitania, estos son prestados en la zona urbana por la Unidad de Servicios Públicos, mientras que en la zona rural, los acueductos veredales son los que prestan el servicio los cuales presentan bajas coberturas (Alcaldía de Aquitania, 2012). En términos de saneamiento básico, el único municipio que vierte a la cuenca, es Aquitania, cuya cobertura de alcantarillado es del 92% y

[2] Cálculos propios basados en Reglamentación del uso del recurso hídrico en las microcuencas de los pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, afluentes del lago de Tota y motores eléctricos y/o otros combustibles que deriven agua del Lago de Tota y proyecciones de población DANE.

vierte a la quebrada La Mugre, afluente del Lago de Tota. Si bien existe una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio, ésta no se encuentra en funcionamiento debido a que el recaudo por tarifas de alcantarillado no cubre sus costos de operación y mantenimiento (DNP, 2014). En cuanto a la disposición final de los residuos sólidos se hace en el relleno sanitario del municipio de Sogamoso.

Los municipios de Cuítiva y Sogamoso prestan el servicio de acueducto y alcantarillado a través de Empresas de Servicios Públicos y en Tota el prestador de servicios es el propio municipio.

La Cuenca del Lago de Tota, provee agua a través del Túnel de Cuítiva a los municipios de Tota, Cuítiva, Iza, Firavitoba, Sogamoso y a la siderúrgica Acerías Paz del Río. El Túnel de Cuítiva aporta agua al municipio de Aquitania a través de un sistema de bombeo.

2.2.3 Actividades Productivas

Agricultura

La principal actividad productiva en la Cuenca del Lago de Tota es la agricultura, siendo la cebolla en rama el cultivo que tiene una mayor participación en la economía de la región. El municipio de Aquitania es el mayor productor de cebolla en rama en el país (MADR, 2012). Mientras que inicialmente, los cultivos de cebolla estaban ubicados en las zonas aledañas al lago, dado el auge en su comercialización, los cultivos se han expandido a las zonas de ladera. En la zona, también se cultiva el haba y la arveja, aunque en menor extensión, en zonas donde las condiciones no favorecen el cultivo de cebolla o como una opción de rotación de los cultivos.

El cultivo de cebolla en rama requiere una buena cantidad de agua con el fin de obtener mejor rendimiento y calidad de producción (CORPOICA, 2006). Es por esto que se aprovecha el agua proveniente del lago y sus afluentes para satisfacer las necesidades de riego en época seca.

La comercialización generalmente se hace de forma directa principalmente a comerciantes mayoristas en Bogotá. Esta actividad productiva influencia ampliamente la dinámica de la región donde confluyen los grandes, medianos y pequeños productores, y los campesinos que son la fuente de mano de obra, generando entre 547 y 586 jornales por hectárea al año (Universidad Javeriana, 2005). Sin embargo, en la cuenca se han identificado impactos al ambiente por la contaminación de las fuentes de agua por el uso de químicos en los cultivos y por la aplicación excesiva de gallinaza en los mismos, contribuyendo a la eutrofización del Lago (Universidad Javeriana, 2005).

Acuicultura o Piscicultura

Otra actividad importante desarrollada en la cuenca con fines comerciales es la piscicultura, correspondiente a la actividad CIIU 0322 (acuicultura de agua dulce) introducida en la zona desde los años 80, donde se practica la cría de trucha arco iris en sistemas de jaulas flotantes en el Lago, ocupando un total de 222 jaulas y el 0,02% del espejo de agua (Hidrósfera, 2012). Desde su inicio la producción ha aumentado llegando a representar en 2011 el 9% del total nacional con 652 toneladas.

Existen ocho (8) cultivos de trucha en el Lago de los cuales en el año 2011 seis (6) tenían permisos de comercialización, ocupación y vertimientos, y dos (2) estaban en proceso de trámite. Adicional, al cultivo de trucha se realizan actividades de eviscerado, deshuesado y empaque, que sumadas a las actividades de cría, generan 70 empleos permanentes y 101 empleos temporales (Hidrósfera, 2012).

Ganadería

La ganadería (denominada hoy en día actividad pecuaria) está relacionada principalmente con la producción de bovinos y ovinos con propósitos comerciales. Estas actividades están ubicados en zonas de ladera y en las zonas de páramo donde se practica la ganadería de bovino extensiva que causa un deterioro de los páramos. También se crían cerdos, conejos y aves de corral, con propósito de consumo familiar.

Otras actividades

La actividad industrial no está desarrollada en la cuenca, representado únicamente en talleres de mecánica y ornamentación. Sin embargo, se extrae agua de la cuenca para la siderúrgica Paz del Río ubicada en el municipio de Sogamoso (Universidad Javeriana, 2005), fuera de la cuenca.

Existe un importante potencial turístico en la cuenca por la presencia del Lago de Tota y la infraestructura de hoteles y restaurantes en torno al lago. Sin embargo, esta actividad no se encuentra desarrollada, y se ve afectada por factores como la proliferación de Elodea en lugares en los que se prestaban servicios turísticos, y falta de senderos ecológicos e infraestructura de calidad en las islas del lago (DNP, 2014).

2.2.4 Aspectos Institucionales

Tal como se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, son diversos los actores relacionados directa o indirectamente con el manejo de los recursos naturales e hídricos en la cuenca. Están los organismos que dan los lineamientos de política, quienes planean y ejecutan las decisiones de gestión, y asociaciones comunitarias, gremios, y la comunidad en general impactados directamente por las estrategias de manejo implementadas en la cuenca. Así mismo, se encuentran los organismos de control, universidades y centros de investigación quienes generan conocimiento y brindan información para la toma de decisiones, e instituciones, que aunque no son de carácter ambiental, están relacionados con la regulación y ejecución de las actividades económicas o prestación de servicios presentes en la zona.

Estos actores se distribuyen en el nivel nacional, regional y municipal, e incluyen instituciones de carácter público, privado, ONG y organizaciones comunitarias, quienes mediante procesos de planeación, ejecución, participación, seguimiento y evaluación desarrollan la dinámica de manejo y gestión en la cuenca. En el Cuadro 6, se presentan los actores con presencia física en la Cuenca del Lago de Tota, y que están directamente involucrados con la gestión y el manejo de la cuenca.

Uno de los principales actores es CORPOBOYACA, quien representa la autoridad ambiental en la cuenca y es la entidad encargada de expedir concesiones de uso de agua, tasas de vertimientos, permisos, autorizaciones y licencias ambientales así como también cobrar contribuciones, tasas, derechos, tarifas y multas por concepto de uso y aprovechamiento del agua.

Cuadro 4. Actores Presentes en la Cuenca del Lago de Tota

Carácter	Actor	Función
Nacional	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)	Rector de la política ambiental en el país
	Instituto de Hidrología,	Generador de información sobre el estado de los

	Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).	recursos naturales y las condiciones hidro-meteorológicas
	Departamento Nacional de Planeación (DNP)	Organismo de planeación de mediano y largo plazo para el desarrollo del país
	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)	Rector de la política agropecuaria, pesquera, forestal y de desarrollo rural del país
Regional	CORPOBOYACA	Encargada de ejecutar las políticas, planes y programas del medio ambiente, manejar los recursos naturales y propender por el desarrollo sostenible
	Gobernación de Boyacá	Gestor y promotor del desarrollo en el Departamento de Boyacá. Brindar asistencia administrativa técnica y financiera a los municipios
Local	Alcaldía del Municipio de Aquitania Alcaldía del Municipio de Cuitiva Alcaldía del Municipio de Tota	Gestor y ejecutor del desarrollo en el municipio de correspondencia
Asociaciones gremiales y asociaciones comunitarias	Consejo de Cuenca Mesa de Trabajo Permanente de la Cuenca del Lago de Tota. Asociaciones de Acueductos Veredales Asolago Grupo Colectivo Defensa y Salvación del Lago de Tota Otros.	Participación en los procesos de gestión y monitoreo. El Consejo de Cuenca en particular opera como instancia consultiva y representativa de todos los actores que viven y desarrollan actividades dentro de la cuenca.

Fuente. Elaboración Propia.

2.2.5 Marco Legal

Plan de Ordenación y Manejo (POMCA) de la Cuenca del Lago de Tota

En el año 2005, CORPOBOYACA formuló el POMCA de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota, el cual se encuentra en proceso de implementación. En él se establece que la Corporación desarrollará medidas de conservación y protección de los recursos naturales renovables concentrando sus actividades en seis programas: recursos hídricos y calidad del agua; sistemas productivos; manejo de fauna suelos y flora; uso paisajístico y recreativo; participación comunitaria e institucional; y monitoreo y seguimiento al plan.

Documento CONPES 3801

En el año 2014, fue aprobado el documento CONPES 3801 titulado Manejo Ambiental Integral de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota, el cual establece los lineamientos de política para promover el desarrollo integral sostenible de la cuenca y aumentar la competitividad de la región basada en un enfoque de conservación y promoción del capital natural y servicios ecosistémicos (DNP, 2014).

Este documento de política, propone un plan con siete (7) estrategias que componen el Plan de Acción por un valor estimado de $ 40.940,5 millones de pesos colombianos (COP), de los cuales la nación financiará el 49% y el resto estará a cargo de los actores del nivel regional y local. En este Plan se incluye la implementación de proyectos de recuperación ambiental para mejorar la capacidad de regulación hídrica, el

mejoramiento en la gestión de aguas residuales y residuos sólidos, el aumento de la participación ciudadana, el fortalecimiento del conocimiento frente a la demanda de agua de los municipios que se abastecen de la cuenca, el fomento de actividades productivas sostenibles, y la actualización de los instrumentos de planificación.

Esquemas de Ordenamiento Territorial Local

Los municipios de Aquitania y Cuitiva cuentan con Esquemas de Ordenamiento Territorial vigentes hasta el año 2019. En cuanto el esquema del municipio de Tota, este caducó en 2011 sin que hasta el momento se haya actualizado. La desarticulación y desactualización de los instrumentos de planificación y uso del suelo a nivel local han llevado a la ejecución de actividades desordenadas que no se traducen en un manejo eficaz ni eficiente del territorio (DNP, 2014).

2.3 PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA

La Cuenca del Lago de Tota representa una riqueza natural para la región de Aquitania y municipios aledaños, dado que el desarrollo regional está basado en la explotación y uso de los recursos naturales de la cuenca. El Lago de Tota que actualmente abastece de agua a 250.000 habitantes está sujeto a fuertes presiones. Durante las últimas décadas, la cantidad y calidad de los recursos hídricos de la cuenca se ven amenazados por el incremento de la actividades agrícola y pecuaria, particularmente el cultivo de cebolla en rama, que hace un uso indiscriminado de gallinaza e incursión sin control en los páramos, por la expansión de los criaderos de trucha, por la ausencia de medidas para controlar los vertimientos de agua servidas del municipio de Aquitania que van al lago sin ningún tipo de tratamiento, entre otros. Como consecuencia se ha aumentado la contaminación de los afluentes del lago especialmente en las quebradas La Mugre, Aguablanca, Los Pozos y el río Tobal, así como también se ha aumentado la proliferación de Elodea la cual ha avanzado ocupando más de 1200 hectáreas; el 21% del espejo de agua del lago (Universidad Javeriana, 2005).

La serie de problemas y conflictos respecto al uso de los recursos hídricos se debe a la inadecuada gestión ambiental y sectorial del territorio que no asegura un manejo sostenible de los recursos naturales. Como resultado, la cuenca presenta problemas de tipo ambiental, social y económico representados en el deterioro del ecosistema, afectación a la calidad del agua, alteración de los niveles y flujos normales del Lago, deterioro de los suelos, así como también bajos niveles de comprensión de los servicios ecosistémicos que presta y la necesidad de su conservación. A raíz de esta situación, se prevé la disminución de la capacidad de la cuenca para soportar las actividades económicas, sociales y culturales así como un aumento de los conflictos por uso de los recursos hídricos (CONPES 3801).

A pesar de los varios estudios y planes desarrollados para la Cuenca del Lago de Tota y otras herramientas de gestión como el sistema de registros de concesiones, las autoridades regionales no cuentan con un sistema de información ambiental y económico integrado que capture las interacciones entre el medio ambiente y la economía, y que permita obtener indicadores para evaluar las políticas públicas y la gestión de los recursos hídricos a nivel de la cuenca a mediano y largo plazo. Es por este motivo que el Comité Directivo de la Iniciativa WAVES Colombia propuso la elaboración de las cuentas de agua para la Cuenca del Lago de Tota como una experiencia piloto.

3 CASO PILOTO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA

3.1 OBJETIVOS

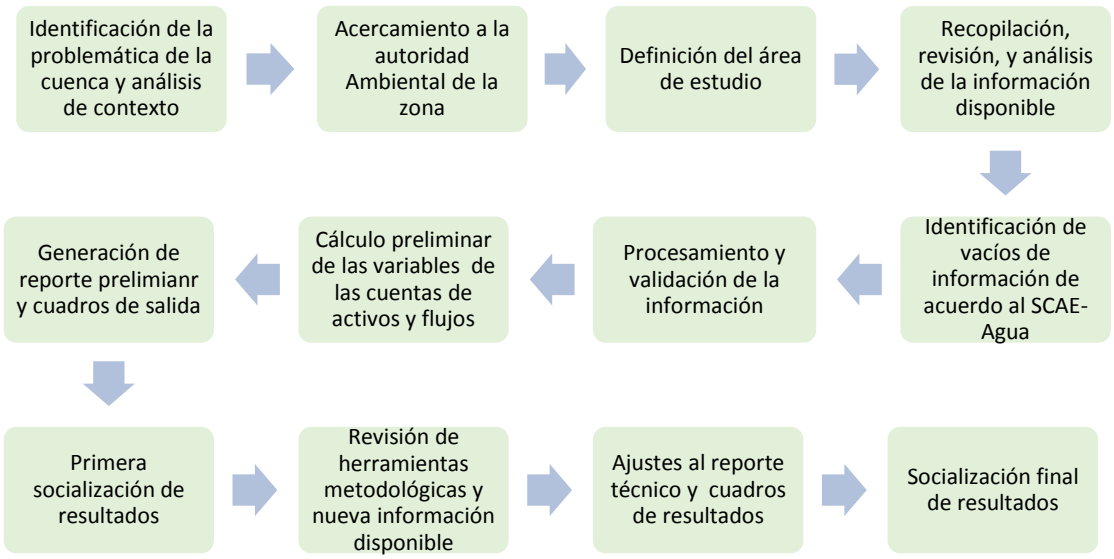
El objetivo principal en la formulación del caso piloto de las cuentas de agua en la Cuenca del Lago de Tota es realizar un análisis de la contribución del agua a la economía local y de los efectos de las actividades económicas en los recursos hídricos de la cuenca utilizando el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el agua (SCAE – Agua). Los objetivos específicos del trabajo son:

- Determinar y cuantificar los flujos de agua en el ambiente y aquellos entre el ambiente y las actividades económicas presentes en la cuenca;
- Cuantificar los volúmenes de agua utilizados y retornados por las actividades económicas y los hogares, así como también su emisión de carga contaminante vertida;
- Establecer los recaudos y gastos asociados al recurso hídrico; y
- Proveer información de base para la generación de indicadores derivados asociados a las necesidades de gestión y política.

3.2 PROCESO DE IMPLEMENTACION

La elaboración de las cuentas del agua en la Cuenca del Lago de Tota se inició con el acercamiento y a la autoridad ambiental, CORPOBOYACA quienes fueron actores clave para el desarrollo de las actividades de planeación y provisión de información. A través de CORPOBOYACA fue posible tener acceso a los registros de concesiones y estudios específicos en la zona que brindaron información fundamental para el conocimiento del contexto y la generación de los resultados. Una vez recopilada la información disponible, se llevó a cabo el trabajo con los datos que incluyen la revisión, agregación, análisis, y procesamiento para la generación de cuadros de resultados y elaboración del reporte técnico. Con el fin de recibir retroalimentación de los actores clave, se socializaron los resultados con CORPOBOYACA y miembros de las instituciones del orden nacional. En la figura 3 se muestran los pasos que se siguieron para construir las cuentas del agua en la Cuenca del Lago de Tota.

Figura 3. Pasos en la Construcción de las Cuentas del Agua en la Cuenca del Lago de Tota



Fuente. Elaboración Propia

3.3 CLASIFICACION DE LAS ACTIVIDADES ECONOMICAS

Con el fin de estandarizar la organización de los resultados de las cuentas del agua, el SCAE-Agua propone utilizar la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas CIIU- la cual tiene como propósito principal ofrecer un conjunto de categorías de actividades que se pueda utilizar para la reunión y presentación de estadísticas y es la misma utilizada por el Sistema de Cuentas Nacionales. En el caso de Colombia, existe la CIIU revisión 4 publicada por el DANE, cuya estructura se presenta en el 11. Basados en esta clasificación y teniendo en cuenta las actividades económicas desarrolladas en la cuenca, la correspondencia entre las actividades de la cuenca y la clasificación CIIU se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Estructura General CIIU Adaptada para Colombia y Actividades que aprovechan agua de la Cuenca

Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU versión 4)		Actividad Económica en la Cuenca
01-03	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	Agricultura Ganadería
03	Pesca y Acuicultura	Piscicultura
24	Fabricación de productos metalúrgicos básicos	Industria manufacturera de fuera de la cuenca
36	Captación, tratamiento y distribución de agua	Distribución de agua para uso doméstico, comercial e industrial incluyendo las empresas de servicio público de acueductos y alcantarillado Distribución agua de riego

37	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	Evacuación y tratamiento de aguas residuales
55	Alojamiento	Hoteles

Fuente. Elaboración propia. Basado en DANE. CIIU Rev. 4 Adaptada para Colombia.

Teniendo en cuenta que uno de los insumos para el cálculo de variables fue el registro de concesiones de CORPOBOYACA, la clasificación de usuarios del agua en este registro hace referencia a uso doméstico, riego, industrial, piscícola y pecuario. En este sentido, con el fin de homogenizar la clasificación de acuerdo a las categorías del SCAE-Agua, se reclasificaron los usuarios de los registros teniendo en cuenta las correspondencias que se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Correspondencias entre Usos de Agua y Actividades Económicas

Uso en el registro de concesiones	CIIU v4	Actividad económica en la cuenta del agua
(D) Doméstico	36	De acuerdo al tipo de usuario: – Hogares – Distribución de agua – Distribución de agua fuera de la cuenca
(IND) Industrial	24	Industria fuera de la cuenca
(P) Pecuario	01	Ganadería
(R) Riego	01	Agricultura
(PISC) Piscícola	03	Acuicultura

Fuente. Elaboración propia

4 FUENTES DE INFORMACION Y METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE VARIABLES

4.1 FUENTES DE INFORMACION

Una de las premisas en la conducción de este caso piloto fue el de hacer uso de fuentes oficiales de información. La información utilizada fueron principalmente registros administrativos provenientes de CORPOBOYACA combinados con estadísticas nacionales, regionales y locales para las diferentes actividades económicas identificados en la zona de estudio.

Las fuentes de información para el trabajo desarrollado se dividen en tres grupos:

Información proporcionada por entidades: corresponden a registros administrativos, información procesada o estadísticas que se solicitó a las entidades o se tomó de las páginas oficiales y a las cuales se realizó un proceso de análisis, estructuración y validación; los datos se utilizaron como base para el cálculo de las variables relacionadas con el uso de agua, el pago por tasas de uso y el gasto en protección ambiental.

Información específica del área de referencia: son estudios de carácter local de los cuales se extrajo información de referencia para la estimación de variables de las cuentas de activos, uso, retornos y vertimiento de carga contaminante.

Bibliografía de referencia: son documentos nacionales o internacionales relacionados con las actividades económicas estudiadas de donde se tomaron coeficientes para la estimación de variables relacionadas con el retorno de agua y emisiones.

A continuación se listan las principales fuentes de información utilizados:

Información proveniente de entidades nacionales y locales

- Registros de las concesiones de CORPOBOYACA para los años 2010, 2011, 2012, 2013[3].
- Información de gasto en protección ambiental para la zona de estudio proveniente del DANE.
- Registros de variables meteorológicas de las estaciones El Túnel, Las Cintas y Potrerito del IDEAM para el periodo comprendido entre 1971 a 2012
- Evaluaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para el periodo de 2007 a 2013.
- Datos de consumos facturados, tarifas, valor facturado y estados de resultados de las empresas de acueducto que extraen agua del Lago de Tota, información proveniente del Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos.

[3] Es importante tener en cuenta que recientemente a través de la resolución 1539 de 2012, CORPOBOYACA reglamentó el uso del recurso hídrico en las microcuencas de los Pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, principales afluentes del Lago de Tota; actualizando el censo de usuarios, lo cual brinda mayor solidez a la información de utilización y emisiones para los años posteriores a dicho proceso.

Información específica del área de estudio

- Proyecto PEER, Impactos del cambio climático en humedales tropicales, Universidad de Antioquia, (2015)
- Plan de ordenación y manejo de la cuenca del Lago de Tota, CORPOBOYACA, (2005).
- Reglamentación del uso del recurso hídrico en las microcuencas de los pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, afluentes del lago de Tota y motores eléctricos y/o otros combustibles que deriven agua del Lago de Tota. Corporación Áreas naturales protegidas, CORPOBOYACA .
- Estudio de crecientes y modelo de operación del Lago de Tota Aquitania-Boyacá. CORPOBOYACA , Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2007).
- Documento CONPES 3801, Manejo Ambiental Integral de la cuenca hidrográfica del Lago de Tota Departamento Nacional de Planeación.
- Directrices para el ordenamiento pesquero y acuícola del Lago de Tota (Boyacá), diagnóstico de la piscicultura en el Lago de Tota. Hidrósfera.

Para realizar los cálculos del valor de la producción, valor del consumo intermedio y el valor agregado de la cuenca del Lago de Tota se tomó la mejor información disponible a la fecha. Los resultados corresponden a una primera iteración sobre la cual es necesario tomar atenta nota para mejorarla y completarla, seguramente generando nuevos criterios para utilizar la información disponible a esa fecha futura.

4.2 METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE VARIABLES

4.2.1 Cuentas de Activos

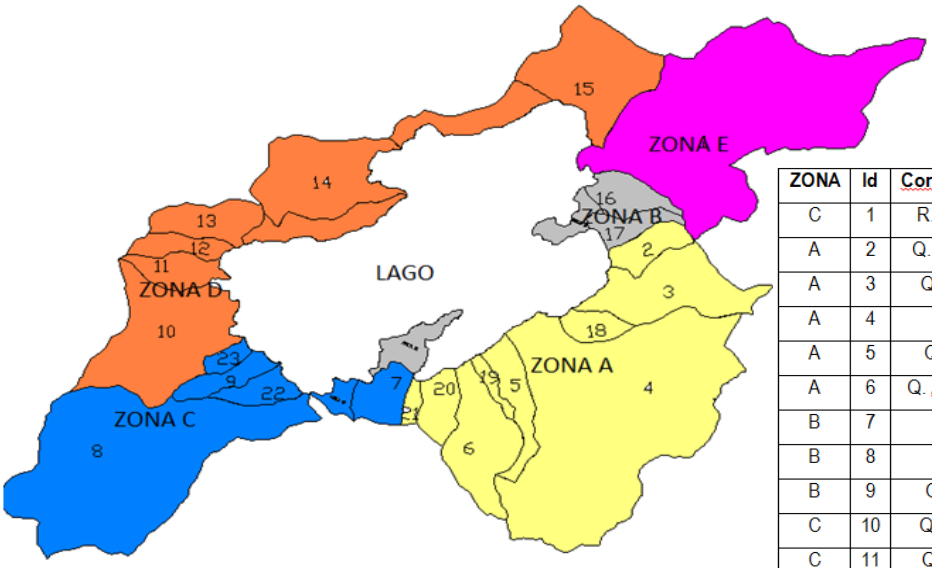
Precipitación, evaporación, nivel y volumen del Lago de Tota

Los datos de precipitación, evaporación, nivel y volumen del lago fueron tomados del Proyecto PEER sobre Impactos del Cambio Climático en Humedales Tropicales[4] que viene siendo implementado por la Universidad de Antioquia. Estos datos fueron complementados con información del estudio batimétrico del Lago de Tota desarrollado por el IDEAM en 2014([5])

Para el análisis el proyecto PEER utilizó la división de la cuenca hecha en el POMCA la cual consiste en cinco zonas de estudio como se muestra en la figura 4.

[4] Proyecto PEER http://peerlagoscolombia.udea.edu.co/indexes.html
[5] Batimetría Lago de Tota http://www.ideam.gov.co/web/agua/batimetrias

Figura 4. Zonas en que se dividió la cuenca y sus ríos o quebradas principales



ZONA	Id	Corriente Cuenca	ZONA	Id	Corriente Cuenca
C	1	R. Hatolaguna	C	13	Q. Casasia
A	2	Q. Los Corrales	C	14	Q. Guaquira
A	3	Q. Los Pozos	C	15	Q. Salitre
A	4	R. Tobal	B	16	Q. Mojan
A	5	Q. La Mugre	B	17	Q. Savia
A	6	Q. Aguasblancas	A	18	Cañada Sarna
B	7	Q. Ajies	A	19	Q. Intermedia
B	8	R. Olarte	A	20	Cañada Lemus
B	9	Q. Hatoviejo	A	21	Q. El Manzano
C	10	Q. Guayachal	B	22	Q. San Antonio
C	11	Q. Arrayanes	B	23	Q. Zapatero
C	12	Q. Donsiquira			

Fuente. Elaboración propia. Basado en Proyecto PEER, Universidad de Antioquia, 2015. POMCA, Universidad Javeriana, 2005.

Para hacer el análisis de la precipitación el proyecto PEER utilizó el método de polígonos de Thiessen[6] tomando como base los datos pluviométricos de siete estaciones (Las cintas, Colorados, Guaquira, Potrerito, Olarte y Aquitania). En el caso de la evaporación los datos analizados provienen de las estaciones del Olarte, Las Villitas, Tota, Potrerito, Colorados, Las Cintas y El Túnel. Este proyecto utilizó los niveles del lago de la estación Limnimétrica de Santa Inés operada por CORPOBOYACA y la curva de nivel-capacidad del estudio de Laserna, Universidad Javeriana año 2000 para determinar los volúmenes históricos. El periodo de tiempo tomado para los datos de precipitación, evaporación, nivel y volumen fue desde 1971 a 2013.

Entradas

Para determinar las entradas de agua al lago provenientes de ríos y quebradas, por disponibilidad de información y teniendo en cuenta que es el principal afluente del lago, se tomaron los caudales aportados por el río Olarte. El río Olarte fue desviado hacia el lago en la década de los años sesenta con el fin de aumentar el caudal aprovechable y elevar los niveles en el lago principalmente por las necesidades de la siderúrgica Acerías Paz del Río (UPTC, 2007). Los datos del caudal promedio aportado por el río Olarte fueron tomados del Estudio de Crecientes elaborado por la Universidad Pedagógica y tecnológica de Pereira y CORPOBOYACA.

Evapotranspiración real

Para el cálculo de la evapotranspiración real se utilizó el método de Turc el cual de acuerdo con el estudio de Barco y Cuartas (1998) es uno de los métodos más confiables para hacer esta estimación en Colombia. La ecuación de Turc permite el cálculo de la ETR a partir de la siguiente expresión:

[6] Polígonos de Thiessen. método para determinar la precipitación media en una zona en la cual existen varios pluviómetros.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0{,}9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Dónde:

ETR = evapotranspiración real (mm/año)
P = Precipitación media (mm/año)
T = temperatura promedio anual °C
L = variable que se obtiene de la siguiente ecuación

$$L = 300 + 25T + 0{,}05T$$

Los datos de entrada para las ecuaciones fueron en el caso de la precipitación los correspondientes al proyecto PEER y para la temperatura los datos de la estación El Túnel operada por el IDEAM.

4.2.2 Utilización, oferta y uso final de agua

Se estimó la utilización de agua teniendo en cuenta tres consideraciones: la primera el territorio de referencia donde se hace uso del recurso interno, usado al interior de la cuenca y externo, exportado fuera de la cuenca, la segunda si se extrae para uso propio o distribución y la tercera si el agua se toma directamente del lago, de sus afluentes o se trata de agua del suelo que capturan los cultivos para su crecimiento.

Extracción de agua por parte de los acueductos e industrias de fuera de la cuenca

La extracción de agua que hacen los acueductos de fuera de la cuenca los cuales abastecen a los municipios de Sogamoso, Firavitoba, Iza y Nobsa, así como las industrias localizadas fuera de la cuenca son las únicas concesiones que tienen sistemas de macromedición y son registrados por parte de la autoridad ambiental, CORPOBOYACA. Para estas actividades económicas se tomaron los datos anuales de concesiones del periodo comprendido entre 2010 y 2013 y la fuente de donde se extrae el agua como lo muestra la siguiente ecuación.

$$Ex = \sum_{i=1}^{n} Vxi$$

Dónde:
E= extracción de la actividad económica (m^3/año)
x= corresponde a una de las siguientes actividades: acueductos fuera de la cuenca o industria de fuera de la cuenca
V = volumen captado (m^3/año)
i corresponde a cada concesión con destino a las actividades de acueductos o industria de fuera de la cuenca

Extracción de agua en los hogares

En los hogares el agua proviene principalmente de sistemas de acueducto. En el casco urbano del municipio de Aquitania el servicio es prestado por la Unidad de Servicios públicos del municipio y en la zona rural los acueductos veredales se encargan de suplir de agua a los usuarios de los municipios de Aquitania, Cuitiva,

Tota y Sogamoso. Además, los hogares también captan agua para uso propio a través de concesiones otorgadas por CORPOBOYACA que benefician a usuarios de la zona rural de los municipios de Aquitania, Tota y Cuitiva quienes extraen el agua directamente del lago o de sus afluentes.

Para realizar la estimación de agua utilizada por los hogares se parte de los volúmenes concesionados bien sea a los acueductos localizados dentro de la cuenca o a través de concesiones para uso propio de los años 2012 y 2013 los cuales presentan mayor consistencia y confiabilidad. A estos datos se aplican las variaciones de población de 2011 a 2012 y 2010 a 2011 de acuerdo a los habitantes registrados en las proyecciones del censo del DANE para así determinar el volumen de agua utilizado en 2010 y 2011.

$$Ehx = \frac{V_{x+1}}{1 + K}$$

Dónde:

Ehx = extracción de agua por parte de los hogares (puede ser para uso propio o por medio de acueductos) (m^3/año)

x = año a estimar (2011 o 2012)

V = volumen de agua utilizado (puede ser para uso propio o por medio de acueductos) (m^3/año)

K = variación de población año (%)

Con el fin de desagregar los resultados de acuerdo a la fuente de donde se extrae el agua ya sea directamente del lago o de sus afluentes.

Extracción de agua en la actividad agrícola

La extracción de agua en la actividad agrícola se determina para los cultivos predominantes en la cuenca los cuales de acuerdo a información de las Evaluaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural corresponden a la cebolla en rama y la papa que sumados representan el 94% del área cultivada en los municipios pertenecientes a la cuenca. Adicionalmente, con el fin de tener coherencia con el sistema de Cuentas Nacionales se incluyen en esta actividad los pastos, los cuales soportan la actividad de ganadería.

La utilización de agua para la actividad agrícola se determina a partir del modelo CROPWAT cuyo propósito principal es el de calcular los requerimientos de agua de los cultivos y sus requerimientos de riego con base en datos climáticos y del cultivo. Para el cálculo de los Requerimientos de Agua del Cultivo, CROPWAT calcula la evapotranspiración de referencia (ETo) la cual aplicando un método desarrollado por la FAO basado en la ecuación de Penman-Monteith para la cual es necesario ingresar datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar al programa.

De acuerdo al enfoque utilizado por CROPWAT, la evapotranspiración del cultivo ETc el cual hace referencia al requerimiento de agua del cultivo para su desarrollo se calcula por medio de la multiplicación de la Evapotranspiración de Referencia (ETo) por el Coeficiente de Cultivo (Kc) que corresponde a un factor adimensional el cual representa la variación de la evapotranspiración en cada etapa del cultivo con respecto a la evapotranspiración de referencia (ETo). Los requerimientos de riego del cultivo son entonces calculados como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva multiplicados por un factor de eficiencia en el riego.

A continuación en el cuadro 7 se muestran las premisas de cálculo utilizadas como entrada de datos al programa.

Cuadro 7. Premisas de cálculo de la utilización de agua para la actividad agrícola

Variable	Unidad	Fuente y/o valor											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura	°C	10,4	10,7	11,6	11,4	11,3	10,3	10	10,2	10,3	10,7	11,2	10,6
Humedad	%	71	71	73	75	77	78	78	76	77	76	75	74
Velocidad del viento	km/día	147	138	121	138	164	181	190	164	156	121	121	104
Radiación solar (MJ/m2/día)	(MJ/m2/día)	18.7	24.5	18.9	15.9	16.4	14.8	16.4	17.2	17.6	13.9	16.2	13
Precipitación	(mm)	26	16	56	94	107	119	134	106	77	88	71	37
Valor de Kc		Cebolla en rama				Papa				Pastos			
Etapa inicial		0.7											
Etapa de desarrollo		1,0											
Etapa final		1,0											
Duración del cultivo (días)		Cebolla en rama				Papa				Pastos			
Etapa inicial		65				55				200			
Etapa de desarrollo		20				45				120			
Etapa final		10				30				45			
Hectáreas de cultivos		Evaluaciones Agropecuarias (EVA´s) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural											
Pérdidas en los distritos de riego		30%											
Eficiencia del riego		70%											
Numero de cultivos		Cebolla en rama 3, Papa 2, Pastos 1.											

Fuente. Elaboración propia. Basado en FAO. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Datos meteorológicos estación Aquitania.

Los resultados arrojados por el CROPWAT hacen referencia al requerimiento total de agua por hectárea de cultivo sembrada, la cantidad de agua que es aportada por las precipitaciones teniendo en cuenta el régimen de lluvias específico de la zona y el requerimiento de riego. Teniendo en cuenta que cualquier sistema de riego tiene asociadas unas pérdidas técnicas, a los resultados del modelo se les aplica un porcentaje de pérdidas en el sistema de riego y un porcentaje de eficiencia en el riego el cual da como resultado la cantidad de agua total que se requiere extraer de la fuente. Los requerimientos resultantes se resumen a continuación en el cuadro 8.

Cuadro 8. Requerimiento de agua por cultivo resultante del CROPWAT (mm/ha/año)

Cultivo	Requerimiento total de agua	Agua del suelo	Requerimiento neto de riego
Cebolla en rama	618	477	141
Papa	285	221	64
Pastos	789	789	0

Fuente. Elaboración propia. Cálculos propios basados en resultados del modelo CROPWAT.

Una vez obtenidos los requerimientos de agua por cultivo por hectárea se combinan con la cantidad de hectáreas sembradas al año para obtener la extracción de agua hecha por la actividad agrícola directamente y la que se hace a través de distritos de riego.

$$Ea = 10 \sum_{i=1}^{n} Ai * Ri$$

Dónde:

Ea = extracción de agua en la agricultura (m^3/año)
10 = factor para convertir a m^3/ha
A = Área sembrada (ha)
R = requerimiento de agua del suelo (mm/ha/año)
i = diferentes tipos de cultivo (cebolla en rama, papa o pasto)

Para determinar el agua que extraen los distritos de riego se utilizan las áreas sembradas, las eficiencias del sistema de riego y el porcentaje de pérdidas en las conducciones de los distritos de riego.

$$Ea = 10 \sum_{i=1}^{n} Ai * \frac{Ri}{E * (1 - P)}$$

Dónde:

Ed = extracción de agua hecha por los distritos de riego (m^3/año)
10 = factor para convertir a m^3/ha
A = Área sembrada (ha)
R = requerimiento de agua de riego (mm/ha/año)
E = eficiencia de los sistemas de riego (%)
P = Pérdidas en la conducción de los sistemas de riego (%)
i = diferentes tipos de cultivo (cebolla en rama, papa o pasto)

El volumen de agua proveniente de riego se divide de acuerdo a su fuente de origen (lago o ríos) teniendo en cuenta las proporciones arrojadas por el registro de concesiones.

Extracción de agua actividad de la ganadería

Para la estimación del uso de agua en la ganadería se asumió la cría de bovinos y se estimó el agua que beben los animales. Inicialmente se tomó el número de animales del registro de concesiones para el año

2013 y 2012 los cuales se extrapolaron para hallar la cantidad de animales en 2010 y 2011. El número total de animales se clasificó de acuerdo a su etapa de crecimiento basado en la composición nacional de bovinos citado en el ENA 2010 y a esta clasificación se aplicaron coeficientes de consumo (ver cuadro 14) por animal que arrojan como resultado el agua que requieren los animales para beber. .

$$Eg = \sum_{i=1}^{n} Ci * Ai$$

Dónde:
Eg = extracción de la actividad pecuaria (m^3)
Ci = consumo de agua por etapa de crecimiento (l/cabeza/día)
Ai = Numero de animales en la etapa de crecimiento
i corresponde a cada una de las etapas de crecimiento del animal.

Los coeficientes de consumo utilizados se resumen a continuación en el cuadro 9.

Cuadro 9. Coeficientes de consumo de la actividad de ganadería

Etapa de crecimiento	Composición	Consumo (l/día/cabeza)
Machos y hembras 0-12 meses	20%	25
Machos y hembras 12-24 meses	23%	45
Machos y hembras 24-36 meses	24%	90
Mayor a 36 meses	34%	90

Fuente. IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2010

Extracción de agua en la piscicultura

Para la actividad de piscicultura se tiene en cuenta únicamente el agua utilizada para las actividades de lavado y eviscerado en la post-cosecha de trucha, no se considera su utilización en la cría ya que este es un uso "in situ" y no se hace extracción de agua. En este sentido, se hizo una selección de los registros de concesiones tomando solo aquellos usos que requieren extracción.

$$Ex = \sum_{i=1}^{n} Vxi$$

Dónde:
E= extracción de la piscicultura
V = volumen captado
i corresponde a cada concesión con destino a la piscicultura

Utilización de agua en los hoteles

La utilización de agua el esta actividad se estima tomando en cuenta la cantidad de hoteles en la zona junto con el número total de camas disponibles y la ocupación hotelera anual. A esta ocupación de turistas al año se le asigna un consumo por turista al día[7] para obtener así la utilización anual.

$$UH = C * O * T$$

Dónde:

UH = utilización de agua en hoteles (m^3/año)
C = Número total de camas disponibles al año
O = Ocupación hotelera anual (%)
T = Utilización por turista al día (l/turista/día)

El cuadro 10 muestra las premisas para el cálculo del uso del agua por la actividad hotelera.

Cuadro 10. Premisas de cálculo para estimar el uso de agua en la actividad hotelera

Variable	Fuente de información	Valor
Cantidad de hoteles	CONPES Lago de Tota	10
Número de camas		250
Ocupación hotelera	MinCIT (perfil Dpto Boyaca), Cotelco	
Consumo por turista (l/día)	Gossling et al 2012	275

Fuentes. Elaboración propia. Basado en las fuentes descritas en el cuadro

Distribución de agua por parte de los acueductos

Con el fin de determinar el usuario final del agua extraída por los acueductos se consultó la información del Sistema Único de Información en el módulo de volúmenes de agua facturados de las empresas de acueducto de Sogamoso y Nobsa. En el caso de los acueductos de Firavitoba e Iza debido a que no se encontró información en la fuente de consulta se aplicaron las proporciones de volumen facturado según tipo de usuario del municipio de Nobsa y se aplicaron a las extracciones registradas en el registro de concesiones de CORPOBOYACA. Al disponer información de la distribución y la extracción de agua se hallan las pérdidas como la diferencia de las dos variables.

Con el fin de relacionar la clasificación de las empresas de acueducto con la clasificación CIIU se asumió el uso oficial y de servicios como las actividades CIIU 45 a 99.

[7] Tomado de Tourism and water use: supply, demand, security. An international review.

$$Dx = \sum_{i=1}^{n} Vxi$$

Dónde:

D = Distribución de agua (hm^3/año)
x = tipo de usuario (hogares, industria o servicios)
V = volumen de agua facturado (hm^3/año)
i = municipios de fuera de la cuenca

$$P = E - D$$

Dónde:

P = pérdidas (hm^3/año)
E = Extracción (hm^3/año)
D = Distribución (hm^3/año)

Oferta de agua

Con el fin de mantener la coherencia con el lenguaje de las cuentas nacionales, se utiliza el término "oferta" que en unidades físicas se refiere al volumen de agua residual que retornan las actividades económicas ya sea a través del alcantarillado o directamente al ambiente. Estos retornos se desagregan de acuerdo a la actividad que los produce y el medio por al cual se vierte el agua residual ya sea a través de sistemas de alcantarillado o de forma directa al suelo como es el caso de los sistemas sépticos. Se debe considerar que los retornos hacen referencia al agua que es vertida dentro de la cuenca, por este motivo los acueductos y las industrias de fuera del territorio de referencia quienes utilizan el 50% de la cantidad de agua total no aportan retornos.

Alcantarillado y Hogares

Para los retornos hechos por el alcantarillado y los hogares se utilizó un porcentaje de retorno teórico del 80% sugerido por el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y en el caso del alcantarillado la cobertura de este servicio en la zona urbana de Aquitania que de acuerdo al plan de desarrollo de este municipio corresponde al 92%. Los retornos se calculan a través de la siguiente ecuación:

$$RHalc = Vuh * k$$

Dónde:
RHalc = Volumen de retorno de los hogares al alcantarillado (hm^3/año)
Vusa = volumen de utilización en zona urbana con alcantarillado (hm^3/año)
k = coeficiente de retorno

Para el caso de los retornos al ambiente se tuvieron en cuenta los hogares que no son cubiertos por el alcantarillado en la zona urbana que corresponden al 8% y la totalidad de los que están localizados en la zona rural.

$$RHamb = (Vusa + Vur)\ k$$

Dónde:
RHamb = Volumen de retorno de los hogares al ambiente (hm^3/año)
Vusa = volumen de utilización en zona urbana sin alcantarillado (hm^3/año)
Vur = volumen de utilización de agua en zona rural (hm^3/año)
k = coeficiente de retorno

Piscicultura

El volumen de retornos hecho por la piscicultura se estima tomando como referencia la utilización de agua en las actividades de proceso post-cosecha de trucha y a este volumen se aplica un coeficiente de retorno

del 80%. Teniendo en cuenta que estas actividades vierten el agua a través de sistemas sépticos, se considera como medio receptor el agua del suelo.

$$RPamb = Vup * k$$

Dónde:
RPamb = Volumen de retorno de la piscicultura al ambiente (hm^3/año)
Vup = volumen de utilización de agua en la piscicultura (hm^3/año)
k = coeficiente de retorno

Hoteles

Para estimar el volumen de retornos hecho por los hoteles se parte de la utilización de agua en la actividad hotelera a la cual se aplica un coeficiente de retorno del 80%. Teniendo en cuenta que estas actividades vierten el agua a través de sistemas sépticos, se considera como medio receptor el agua del suelo.

$$RHamb = Vuh * k$$

Dónde:
RHamb = Volumen de retorno de los hoteles al ambiente (hm^3/año)
Vuh = volumen de utilización de agua en los hoteles (hm^3/año)
k = coeficiente de retorno

Uso final de agua

El uso final de agua se refiere al agua que entra a la economía pero no se retorna, debido a que parte de esta agua ha sido incorporada a los productos, evaporada, transpirada por las plantas o consumida por los hogares o los animales de la actividad pecuaria. El uso final de agua se calcula deduciendo el volumen de retornos del volumen de utilización de agua en cada una de las actividades económicas que vierten en la cuenca donde se incluyen la CIIU 01 a 03 (agricultura, ganadería y piscicultura), los hogares y hoteles. El uso final de agua de las actividades de fuera de la cuenca no se desarrolla ya que estas actividades no vierten en la cuenca del Lago de Tota, para este análisis se requiere realizar un estudio de macrocuenca que incluya un área mayor.

$$Ufx = Ux - Ox$$

Donde
Uf = uso final de agua (m^3)
x = tipo de actividad económica (m^3)
U = utilización de agua en la actividad (m^3)
O = oferta o retornos de agua (m^3)

4.2.3 Cuentas de Emisiones

En la cuenca los contaminantes vertidos al agua provienen de las actividades agrícolas especialmente del cultivo de cebolla en rama, de los hogares quienes vierten por medio de sistemas de alcantarillado o de forma individual a través de sistemas sépticos en la zona rural y de la piscicultura. Si bien en el municipio de Aquitania existe una planta de tratamiento de aguas residuales esta no se encuentra en operación así que las aguas son vertidas con la misma carga contaminante que se producen.

Alcantarillado y hogares

Para el alcantarillado, los hogares y los hoteles se estimaron las cargas orgánicas y de nutrientes a través de la DBO_5, los SST, el nitrógeno y el fósforo vertidos al alcantarillado o al suelo. Estas cargas contaminantes se calculan a partir del número de habitantes al cual se le aplica un valor de carga unitaria dada en gramos por habitante por día recomendada por el RAS. En el caso del alcantarillado se considera la cobertura de alcantarillado en la zona urbana de Aquitania y para el resto de la población localizada en el área rural se asume el vertimiento de contaminantes al suelo.

$$Ex = \frac{Hy * Q}{10^6}$$

Dónde:
Ex = Generación del contaminante (t/año)
X = Tipo de contaminante que puede ser DBO_5, SST, Nitrógeno o Fósforo (t/año)
Hy = Número de habitantes o en el caso de los hoteles número de turistas al año
Q = Carga unitaria (g/hab/día)

Cuadro 11. Cargas unitarias utilizadas para las emisiones del alcantarillado, hoteles y hogares

Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor sugerido
DBO_5	g/hab/día	25 – 80	50
Sólidos en suspensión		30 – 100	50
Nitrógeno total		9.3 - 13.7	12
Fósforo		3,28	

Fuente. Reglamento de Agua potable y saneamiento básico. RAS 2000. Jorgensen, S. Vollenweider, R. 1988

Agricultura

La estimación de las emisiones provenientes de la agricultura se hizo para el Nitrógeno y Fósforo que llegan al lago provenientes del cultivo de cebolla en rama. Se seleccionó este cultivo por ser el que representa el 73% del total de las hectáreas cultivadas en los municipios pertenecientes a la cuenca (MADR,2013) y de acuerdo con el POMCA constituye una fuente significativa de contaminantes al lago debido a la utilización intensiva de gallinaza como fertilizante (Universidad Javeriana, 2005).

Se estimaron las toneladas de Nitrógeno y Fósforo que llegan al lago provenientes de la fertilización con gallinaza. Para tal fin se tuvieron en cuenta las hectáreas de cebolla sembradas, el uso de gallinaza por hectárea, el contenido de Nitrógeno y fósforo en la gallinaza y una proporción del nutriente que alcanza el lago por escorrentía como se muestra a continuación.

$$E_x = A * G * C * P$$

Dónde:
Ex = Generación del contaminante x (ton/año)
x = contaminante emitido el cual puede ser Nitrógeno o Fósforo
A = Área de cebolla sembradas (ha)
G = uso de gallinaza por hectárea (t/ha/año)
C = contenido del macroelemento en la gallinaza (%)

P = Proporción del macroelemento que se pierde por escorrentía (%)

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2 muestra las variables tomadas en cuenta como premisas para la estimación de emisiones de Nitrógeno y Fosforo proveniente de los cultivos de cebolla en rama.

Cuadro 12. Premisas de cálculo para la cuenta de emisiones de la actividad agrícola

Variable	Fuente	Unidad	Cantidad
Cantidad de gallinaza utilizada	Corpoica	t/ha/año	40
Contenido de Nitrógeno en la gallinaza	Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales, 2011.	%	3,08
Contenido de Fósforo en la gallinaza		%	1,34
Pérdidas de Nitrógeno por escorrentía	Ministry of agriculture, food and rural affairs, 2009	%	5
Pérdidas de Fósforo por escorrentía	USDA, 2003	%	1,5

Fuente. Elaboración propia en base a las fuentes indicadas en el cuadro.

Piscicultura

Las emisiones al agua de la piscicultura se expresan a través del cálculo del Nitrógeno y el fósforo vertidos directamente al lago por la actividad de cría de truchas. Para su cálculo se toma en cuenta la producción anual de trucha en toneladas y se utiliza una carga contaminante expresada en kg por tonelada de trucha producida. Las cargas contaminantes utilizadas fueron de 59,2 kg de Nitrógeno y 11,55 kg de fósforo por tonelada producida[8].

$$\mathrm{Ex} = \mathrm{P} * \mathrm{Q}$$

Dónde:

E = Generación del contaminante por la actividad de piscicultura (t/año)
x = tipo de contaminante el cual puede ser Nitrógeno total o fósforo
P = Producción de trucha (t/año)
Q = Carga unitaria (kg/t trucha producida)

4.2.4 Cuentas Económicas

Estado de la información y criterios establecidos para el cálculo

En general, para todos los sectores la información tiene limitaciones. Por ello fue necesario establecer criterios para los parámetros de cálculo.

Para el sector agrícola. De toda la recogida para la cuenca, es la información con mejor calidad. Existe una serie y de acuerdo con la literatura se puede establecer la importancia del cultivo de papa y de cebolla larga para el área de la cuenca. Los precios al productor en finca.

[8] Bureau et al 2003, Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout.

Se asumió que el total de la producción de cebolla de los municipios se realiza en el área de la cuenca y que una proporción del área de producción de papa se encuentra allí mismo.

La estructura de costos de producción disponible corresponde al año 2009. No se encontró una más reciente por lo que se asume que esta estructura se mantiene a lo largo del periodo de cálculo. 2010 – 2013.

Para el sector pecuario. La información del inventario ganadero corresponde a un cálculo que realizó la consultora del Lago de Tota para determinar el uso de agua en la cuenca para este sector. Se asumió, por falta de información, que todo el ganado presente en la cuenca es vacuno. Se guardó coherencia con el inventario del departamento y se calcularon las proporciones por edad y sexo, tipo de producción de acuerdo con las proporciones departamentales. De la misma manera se estableció una tasa de sacrificio de acuerdo con los porcentajes departamentales.

A partir de tales criterios se calculó la producción de leche y la producción de carne y se valoró de acuerdo a los precios del litro de leche en finca y el kg de carne de ganado en pie.

Para el sector piscícola. De acuerdo con la literatura se encuentra una estimación del crecimiento de la producción a partir del 2012 del 6% y los precios se actualizan con base en el IPP del DANE para los productos agrícolas, pecuarios, silvicultura, caza y pesca.

Para el sector hoteles. De acuerdo con la información de COTELCO, Se asume que la tasa de ocupación es del 20% y se supone que las 171 habitaciones están disponibles durante todo el año. Se asume que los hoteles en promedio tienen 3 habitaciones y que la tarifa promedio es de 145000 pesos.

Para el sector acueducto. Se toma el valor del agua facturada en el municipio de Aquitania, pues es la única información encontrada en los registros. Por ello, es necesario calcular el valor del agua usada por el resto de la población. Para ello, se estima la cantidad de habitantes de la cuenca, a partir de criterios tomados por la consultora del lago de tota, que calculó el volumen de agua. Los criterios fueron los siguientes: se incluye la población de la cabecera de los municipios de Tota y Cuítiva. Se estima la cantidad de habitantes del área rural que hace parte de la cuenca a partir de las proporciones de territorio de cada municipio presente en la cuenca. Esta población se convierte en suscriptores asumiendo que cada suscriptor es una vivienda y que en cada vivienda habita un hogar. Entonces, se asume que en promedio son 4 personas por suscriptor. Como se tiene la tarifa por suscriptor, se calcula suponiendo que hay un número de m3 como mínimo consumidos por el suscriptor (hogar) y se aplica la tarifa correspondiente.

La tarifa utilizada para el resto de la población (una vez al total se le resta el valor del agua consumido por Aquitania) es la correspondiente al municipio de Tota en el área rural. En los resultados se intuye que el valor del agua está sobre estimado pues se tienen indicios de que el agua que se paga en el valor del agua por metro cubico puede ser menor. Sin embargo, no se tiene una manera de corroborarlo.

Para el cálculo del consumo intermedio de los acueductos se actualiza el valor de los costos operativos del acueducto de Aquitania a partir del registro encontrado en el Movit (sistema de consulta de la Superintendencia de Servicios Públicos, para uso interno). Se tomaron los datos para el año 2005 (única información existente) y se actualizó por el IPC. Con esta información se realiza una estimación para el consumo intermedio para los acueductos.

Como la infraestructura de producción es muy diferente para un acueducto urbano que para un acueducto veredal y no se tienen parámetros adecuados para establecer los costos intermedios de este tipo de

estructura, es necesario realizar una investigación en campo para aproximarse al valor de la producción y del consumo intermedio.

Distritos de Riego. Para valorar la producción de los distritos de riego se supuso de acuerdo con la información disponible, que cada usuario tiene al menos una hectárea de tierra. De acuerdo con la información recogida, en promedio cada usuario paga 150000 pesos al año al distrito por el servicio prestado. Se sabe que se paga con esta cuota el valor de la energía utilizada para el bombeo, se paga la administración del distrito, es decir la oficina, el costo de la papelería, y los salarios de una secretaria y del administrador. Sin embargo, no se pudo establecer las proporciones de estos pagos.

Conceptos y Metodología de cálculo

El valor de la producción de la Cuenca del Lago de Tota se establece bajo los conceptos descritos a continuación para las actividades económicas descritas.

Conceptos

De acuerdo con la teoría económica, el concepto más simple de PIB es *el valor de la producción de todos los bienes y servicios* que se han producido durante un año, dentro de las fronteras de un país o del área de estudio, en este caso la cuenca, valorados a precios de mercado.

El *valor del consumo intermedio* se define como el valor de todos los bienes, sean estas materias primas, insumos y servicios que son necesarios para realizar la producción.

El *valor agregado* es el valor de las remuneraciones a los factores de producción involucrados en el proceso productivo del país o del área de estudio. Para el caso de la cuenca es el valor de la mano de obra involucrada en la producción de los bienes y servicios identificados sectorialmente, como el valor de la remuneración del capital utilizado en la producción y de las rentas pagadas por los suelos utilizados.

Con estos conceptos se hace el cálculo para los sectores sencillamente como una sumatoria de todos los valores de la producción de cada uno de ellos. El valor de la producción de cada sector es el producto del volumen de bienes o servicios producidos por el precio pagado al productor.

El valor del consumo intermedio se calcula como una proporción de los costos de producción relativos a los insumos, materias primas y servicios necesarios a la producción.

Y el valor agregado es la diferencia entre el valor de la producción y el valor del consumo intermedio.

Fuentes de información y recolección de datos

De acuerdo con los sectores productivos identificados (Agricultura, Ganadería, Piscicultura, Hoteles, Acueductos y Distritos de Riego) se procedió a identificar la información necesarios para ello. Los datos que se requirieron para desarrollar la tarea fueron datos relacionados con volúmenes de producción:

Volumen: Toneladas de producción de cebolla larga y papa, cabezas o kg de carne en pie, toneladas de trucha, ocupación hotelera por habitación y m3 de agua demandados por la población y las actividades económicas provenientes de los acueductos y de los distritos de riego.

Precios: Precios al productor para cada sector, tarifas a las que se vende el agua.

A partir de la estructura costos de cada sector, se identificaron las proporciones de los insumos y bienes involucrados en el producto final con el fin de calcular el consumo intermedio.

Las fuentes de información fueron la siguiente:

Para agricultura: los volúmenes de producción de cebolla y papa en los municipios que hacen parte de la cuenca hidrográfica, cuya fuente fue el Ministerio de Agricultura, el Sistema Agronet y las Evaluaciones Municipales Agropecuarias (EVAS) para los años 2010 a 2013. Los precios al productor en finca del sistema de información de precios del DANE – SIPSA y las estructuras de producción de los cultivos de cebolla larga y papa cuya fuente fue Corporación Colombia Internacional CCI.

Para Ganadería: se obtuvo una estimación del inventario ganadero de Boyacá producido por FEGEGAN, y para los municipios involucrados en el área de la cuenca. Cabezas de ganado por sexo, número de predios dedicados a la ganadería por tipos (Ceba, Cría, doble propósito y Leche especializada). Precios del ganado en Pie, de Frigoríficos Guadalupe, estructura de costos de FEDEGAN actualizada a 2012, tasas de extracción, de FEDEGAN.

Para piscicultura (trucha): Toneladas producidas en el departamento, dato de toneladas de producción de trucha para la cuenca, de acuerdo con la información de las empresas piscícolas. Los datos de la estructura de costos de producción se toman del documento "El diagnóstico del Estado de la acuicultura en Colombia" elaborado por AUNAP, en donde los relacionados con trucha están referidos al Lago de Tota, es decir para la producción de trucha en jaula. Los precios son tomados de la misma estructura de costos y este incluye el eviscerado y lavado del animal.

Para hoteles: Se establece el número de hoteles alrededor del lago de tota a partir de la información de Cotelco Capítulo Boyacá, y se complementa con una búsqueda en booking.com. Las tarifas y la ocupación para la zona se obtienen de los afiliados a Cotelco. Se utiliza la información de ocupación y de las tarifas para algunos de los hoteles del área, datos que se asumen para todos los hoteles. Se asume también que utilizan agua de los acueductos presentes.

Para acueductos: Se encuentra la información del acueducto urbano para el municipio de Aquitania en el SUI de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Se toma la información del tamaño de población en cabecera y resto del DANE para los municipios que hacen parte del área, Tota, Cuítiva, y Sogamoso. Se trabaja con los factores de uso previstos en el Estudio Nacional del Agua 2014 para estos municipios y se trabaja con las tarifas de acueductos del SUI tanto urbanas para Aquitania como rurales para el municipio de tota.

Se utiliza una estructura de costos para el acueducto de Aquitania obtenida de la Superintendencia de Servicios Públicos, Movit. Se toma el cálculo de uso de agua realizado para la cuenca por la consultora para la Cuenca del Lago de Tota.

Para los distritos de riego. Se establece el número de distritos de riego a partir de la información de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá y el volumen de agua concesionada. Sin embargo, se toma el cálculo realizado por la consultora para la Cuenca del Lago de Tota para determinar las necesidades de riego de la cuenca y se aproxima al valor del agua concesionado.

Para establecer el valor de la producción de los distritos se toma como base algunas encuestas realizadas por Incoder para los distritos en donde determinan las cuotas que los usuarios pagan a la administración del

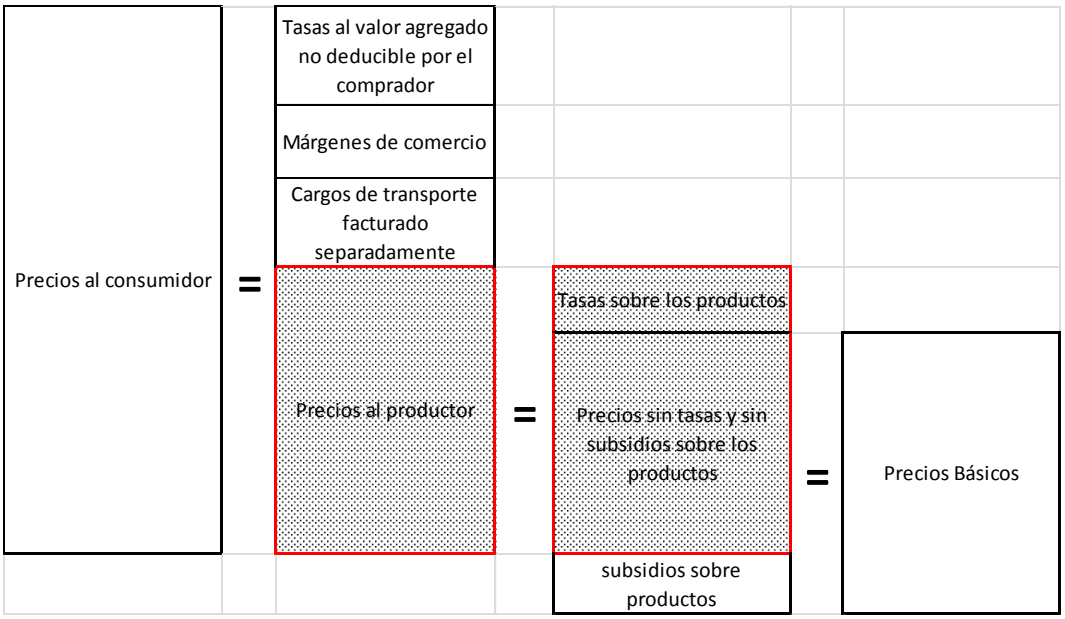
distrito por los servicios producidos de acuerdo con su número de hectáreas. En estas encuestas se describe cualitativamente la estructura existente en el distrito y si es necesario hacer bombeo y otras actividades, pero no es posible establecer cifras al respecto.

Sobre el sector servicios: No fue posible establecer el valor de la producción pues no se cuenta con información acerca de los principales servicios presentes en la cuenca. Se sabe que existen primordialmente pequeños comercios de los que no fue posible establecer datos sobre su venta mensual ni sobre sus costos de venta. Por este motivo se agrega con el sector de hoteles.

Inversión de formación de capital en las empresas de acueducto y alcantarillado: Se estableció que los sectores no hacen inversiones de capital fijo en el sector de acueducto y alcantarillado. Los valores encontrados sobre formación de capital fijo realizada por los acueductos no es una información confiable, pues hay un gran desfase del registro.

Se tuvo el cuidado de establecer los precios al productor de acuerdo con la información suministrada por las estructuras de costos de cada sector respectivamente.

Figura 5. Definición de precios al productor achurada



Fuente: UNSD (2016). Guidelines for the Compilation of Water Accounts and Statistics pag. 43

Gasto en protección ambiental

La información del gasto en protección ambiental se determinó con información proveniente del DANE en la cual se incluyen reportes de CORPOBOYACA y los municipios de Aquitania y Tota; las actividades están categorizadas de acuerdo a la clasificación de actividades de protección ambiental del 2000[9]. En las

[9] La clasificación de actividades y gastos de protección del medio ambiente incluye: protección del aire y el clima; gestión de aguas residuales; gestión de residuos; protección y descontaminación de suelos, aguas subterráneas y aguas

categorías de gastos de protección ambiental realizado durante el periodo 2011 a 2013 se incluyen: conservación de microcuencas, conservación, protección, restauración y aprovechamiento de recursos naturales, manejo y aprovechamiento de cuencas, reforestación y control de la erosión, gestión de aguas residuales, adquisición de predios de reserva hídrica, descontaminación de corrientes de agua y educación ambiental.

Tarifas de acueducto, valor y volumen facturado por consumo

Para estas variables se consultó la información del módulo comercial de acueducto del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos al cual reportan las mismas empresas de servicios públicos anualmente. De acuerdo a la información disponible y la que representa el mayor grado de confiabilidad se tomaron los datos de las empresas de acueducto de Sogamoso y Aquitania para el periodo 2010 a 2013. Las variables consultadas fueron los siguientes: a) Valor total facturado, b) tarifas aplicadas, c) valor facturado por consumo y d) volumen facturado por consumo. Una vez compilados y estructurados los datos se hizo un proceso de análisis y depuración con el fin de obtener la información requerida de forma agregada.

Tasa por uso de agua

La tasa por uso del agua (TUA) corresponde al cobro que se realiza a un usuario por el uso del agua de una fuente natural y tiene el propósito de servir como un instrumento de gestión y fuente de recursos financieros para la conservación y uso eficiente del agua. La entidad encargada de realizar este cobro es la autoridad ambiental.

CORPOBOYACA, quienes proporcionaron a través del registro de concesiones información de las tasas por uso cobradas para el periodo comprendido entre 2010 a 2013.

$$\text{TUAx} = \sum_{i=1}^{n} Txi$$

Dónde:

TUAx = tasa por uso de agua
x =actividad económica
Tx = tasa cobrada al año por concesión de agua
I = corresponde a cada concesión

superficiales; reducción del ruido y las vibraciones, protección de la biodiversidad y los paisajes; protección contra las radiaciones; investigación y desarrollo; y otras actividades de protección del medio ambiente.

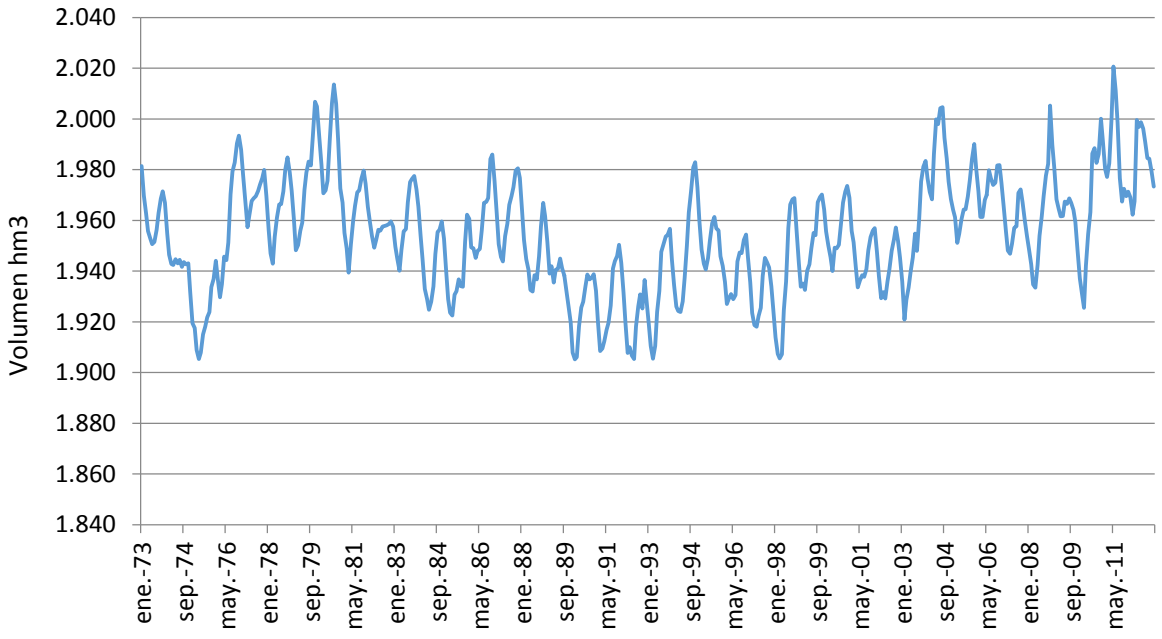
5 RESULTADOS

5.1 CUENTAS DE ACTIVOS

5.1.1 Nivel y volumen Lago de Tota

Los niveles del Lago de Tota han presentado descensos importantes en el periodo de tiempo analizado, siendo los más significativos en 1975, 1984, 1988, 1990, 1991, 1998 y recientemente en 2009 (ver figura 6). Los descensos en el nivel del Lago han obedecido a una combinación de factores dentro de los cuales se destacan la disminución de la pluviosidad, el alto consumo, la degradación de los suelos y la presencia del Fenómeno de El Niño (UPTC & CORPOBOYACA, 2007). Para contrarrestar estos descensos la autoridad ambiental ha implementado diferentes acciones en la cuenca tales como la puesta en marcha de la derivación del río Olarte al Lago de Tota en 1976 y la restricción de los caudales concesionados principalmente a la actividad industrial.

Figura 6. Comportamiento del Nivel y volumen Lago de Tota periodo 1973—2012



Fuente. Proyecto PEER, Impactos del cambio climático en humedales tropicales, Universidad de Antioquia, 2015.

Como parte de sus estudios de investigación, el IDEAM realizó en 2014 un levantamiento batimétrico del Lago de Tota con el equipo ADCP mediante el cual se estimó la curva de nivel-capacidad del lago, obteniendo como resultado una capacidad máxima de almacenamiento de 1650 hm^3 con el máximo nivel de agua en la cota 3.015 msnm. De acuerdo a la batimetría realizada por Hidroestudios en 1978 la capacidad de almacenamiento del Lago para la cota 3.015 msnm fue de 1941 hm^3.

Teniendo en cuenta estas cifras se deduce que el lago ha perdido aproximadamente 15% de su capacidad de almacenamiento en 36 años correspondiente a un volumen de 291 hm^3. En 2007, se estimó una reducción

del 2,2% en la capacidad del lago entre los años 1978 a 1998 con una estimación de aporte de sedimentos al lago de 4,1 millones de toneladas al año (UPTC, 2007).

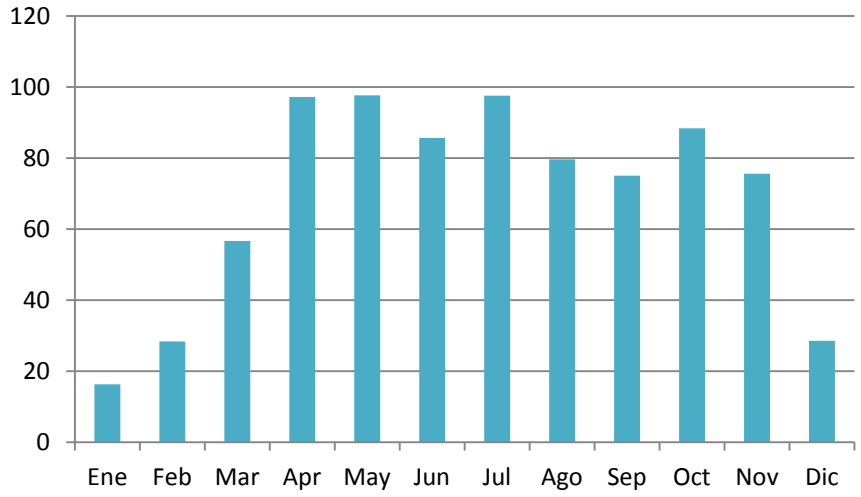
Estas cifras indicarían entonces que durante el periodo comprendido entre 1998 a 2014 la reducción de la capacidad del lago ha aumentado significativamente pasando de 2,2% a 15% en tan solo 16 años. Sin embargo, es importante realizar un análisis en detalle de las metodologías utilizadas en los estudios batimétricos e identificar el grado de comparación de sus resultados para lograr mayor confiabilidad del análisis.

5.1.2 Aumento en los stocks

Precipitación

La precipitación media en la cuenca para el periodo comprendido entre 1971 y 2013 fue de 827 mm/año lo cual corresponde a entradas anuales promedio de 185 hm^3/año. Los meses más lluviosos son el periodo comprendido entre abril y julio con promedios multianuales que alcanzan los 98mm/mes y los meses más secos diciembre, enero y febrero cuando las precipitaciones descienden significativamente hasta los 16mm/mes (ver figura 7). El comportamiento anual de las lluvias se muestra en la figura 8, los años pico de las precipitaciones se ven altamente influenciados por el fenómeno oceánico-atmosférico de "El Niño" (ENOS) [10] con años en los que las precipitaciones fueron considerablemente menores a la media siendo 1997 el año más crítico con una precipitación anual de 556 mm/año. Por otro lado, la influencia de "La Niña" se evidencia en 2011 el año más húmedo del periodo en el cual las precipitaciones ascendieron a 1193 mm/año.

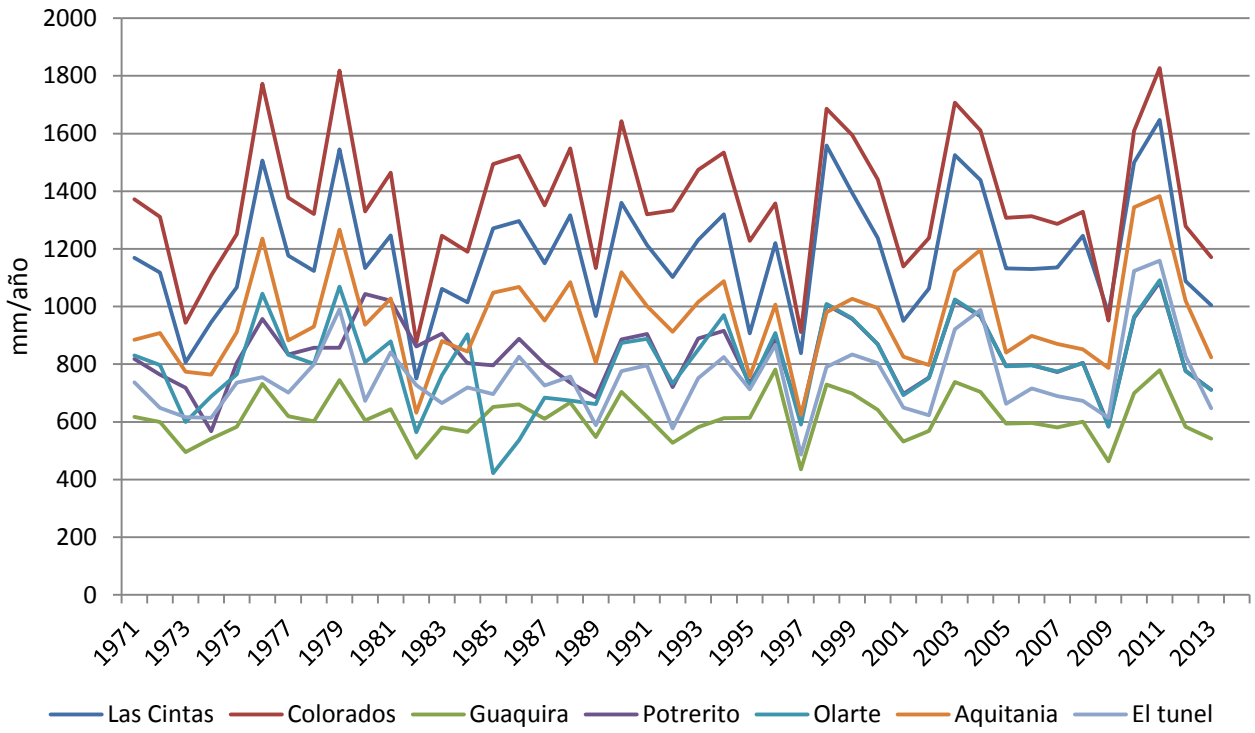
Figura 7. Comportamiento de la lluvia mensual periodo 1971-2013, mm/mes



Fuente. Elaboración propia. Basado en datos del proyecto PEER. Universidad de Antioquia 2015.

[10] El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS) es un patrón climático que implica cambios en la temperatura del Océano Pacífico. En períodos que van de tres a siete años, las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical se calientan o enfrían entre 1 ° C y 3 ° C, en comparación a la normal. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Ingles), afectando directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en los otras partes del mundo. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS.

Figura 8. Comportamiento de la lluvia periodo 1971-2013, mm/año



Fuente. Elaboración Propia. Basado en datos del proyecto PEER. Universidad de Antioquia, 2015

Entradas

En la década de los años sesenta Acerías Paz del Río construyó las obras para el desvío del Río Olarte hacia el lago con el propósito de elevar los niveles del lago y así aumentar el agua disponible para su aprovechamiento. El caudal aportado por el río Olarte es el principal afluente del Lago de Tota el cual aporta en promedio 12,7 hm^3 al año (UPTC, 2007) como se ve en el cuadro 13.

Cuadro 13. Aportes Rio Olarte, mensual multianual

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Aportes Rio Olarte (hm^3)	0,3	0,2	0,3	0,5	1,2	1,8	2,9	2,3	1,4	0,8	0,6	0,4	12,7

Fuente. Estudio de crecientes y modelo de operación del Lago de Tota Aquitania-Boyacá Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia & Copoboyacá, 2007

5.1.3 Disminución en el stock

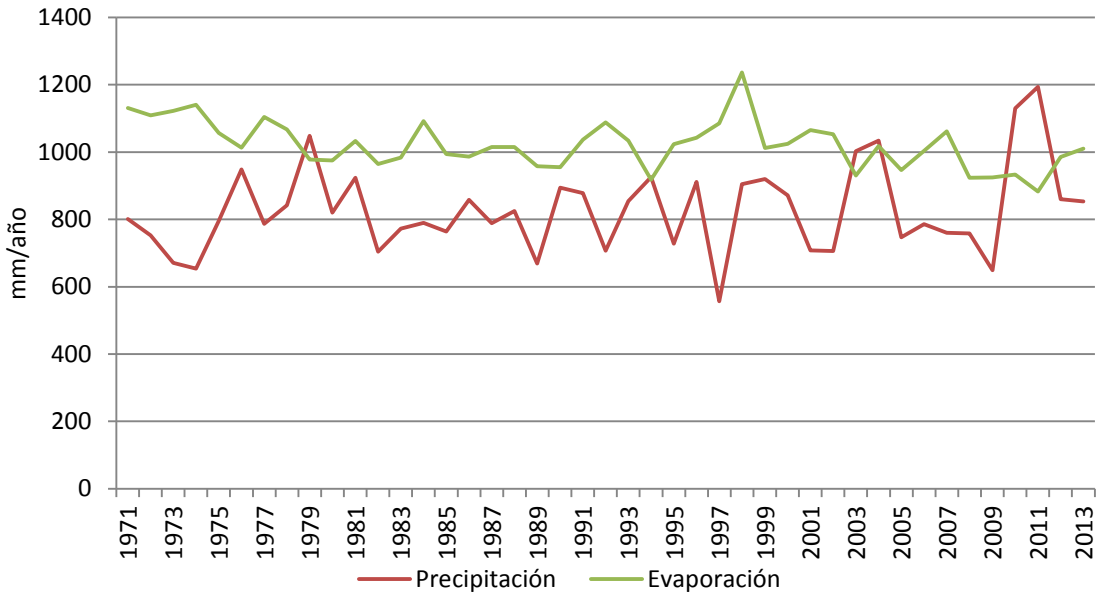
Evaporación

Los datos muestran que en la mayoría de los años del periodo analizado la evaporación supera a la precipitación, exceptuando los años 1979, 1994, 2003, 2004, 2010 y 2011 cuando las precipitaciones aumentaron logrando un exceso (ver figura 9). Los meses de diciembre a marzo son los que presentan más

altas evaporaciones mientras que durante el periodo comprendido entre abril a noviembre la evaporación es menor, alcanzando una evaporación promedio de 1022 mm/año.

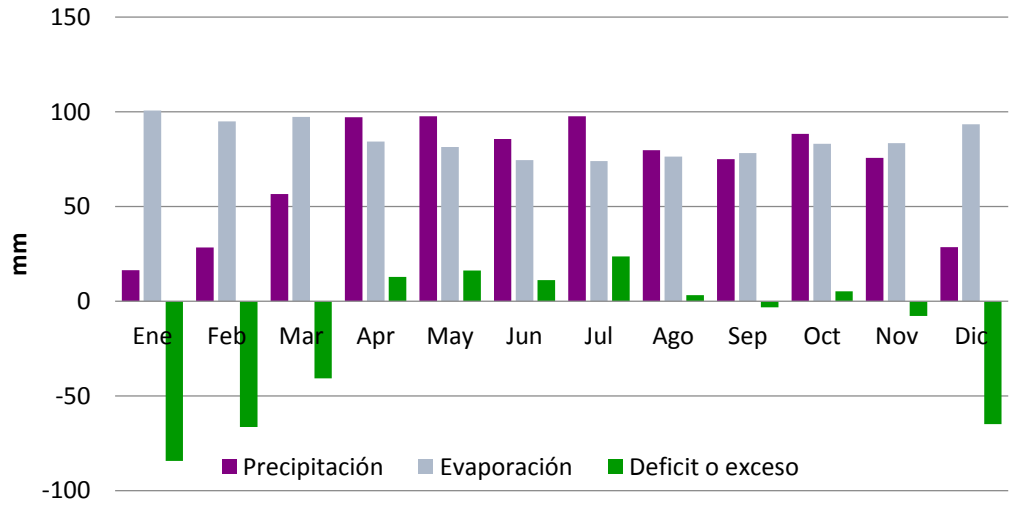
Al realizar el análisis mensual, durante los meses de noviembre a marzo y el mes de septiembre la evaporación supera a la precipitación llegando a su máximo valor en enero cuando se presenta un déficit por encima de los 80 mm/mes (ver figura 10).

Figura 9. Precipitación y evaporación en la cuenca, periodo 1971-2013, mm/año



Fuente. . Elaboración propia. Basado en datos del proyecto PEER, Impactos del cambio climático en humedales tropicales, Universidad de Antioquia, 2015

Figura 10. Balance precipitación y evaporación periodo 1971-2013



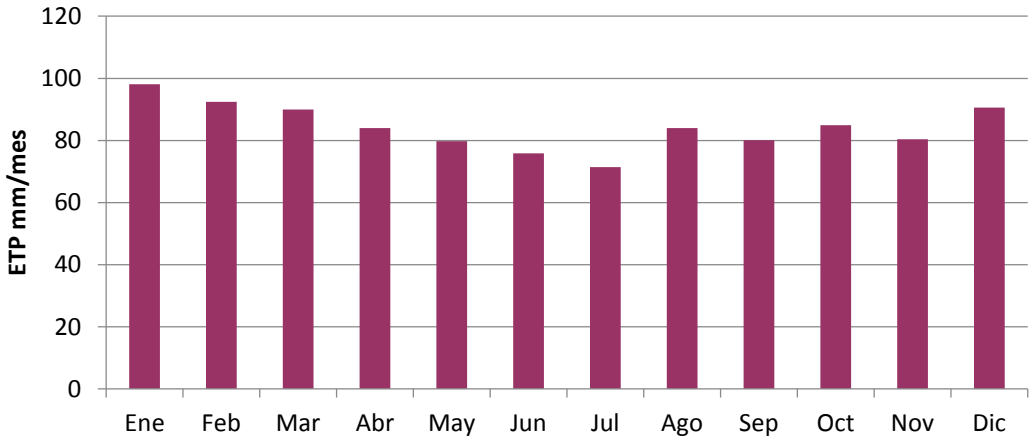
Fuente . Elaboración propia. Basado en datos del proyecto PEER, Impactos del cambio climático en humedales tropicales, Universidad de Antioquia, 2015.

Evapotranspiración

El cálculo por el método de Turc arrojó una evapotranspiración real de 525 mm/año multianual para un promedio multianual de 87,96 hm^3/año en la cuenca.

Como dato de referencia se calculó la evapotranspiración potencial a través del Cropwat, los valores promedio mensuales multianuales de ETP para el periodo comprendido entre 1971-2013 se calcularon mediante el método de Penman-Monteith, el cual arrojó una ETP promedio multianual de 1011 mm/año. Los resultados promedio mensuales se muestran en la figura 11

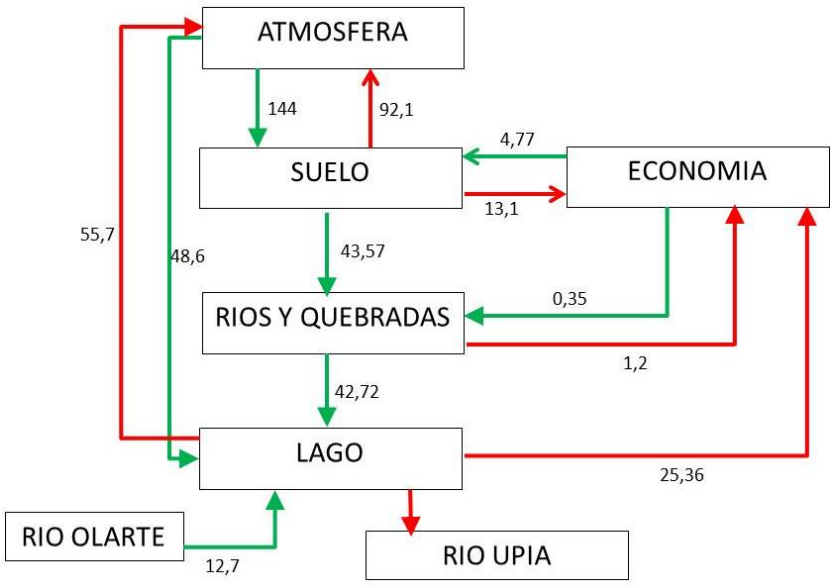
Figura 11. Evapotranspiración potencial multianual periodo 1971-2013



Fuente. Elaboración propia. Basado en datos meteorológicos estaciones IDEAM El Túnel, Las Cintas y Potrerito

Considerando los datos anteriores la disminución en el activo se presentó especialmente debido a la evapotranspiración real seguida por la extracción de agua de las actividades económicas y los hogares.

Figura 12. Aumento y disminución de stocks Lago de Tota año 2012 (hm^3)



Cuadro 14. Aumento y disminución de stocks Lago de Tota año 2012 (hm^3)

Descripción	Lago	Ríos y quebradas	Agua del suelo	Total
1. Stock de apertura	1971			1971
Aumentos en los activos				0
2. Precipitación	48,6		144,0	192,6
3. Retornos		0,3	4,77	5,1
4. Entrada desde otros territorios (Aportes Rio Olarte)	12,7			12,7
5. Entrada desde otros recurso de aguas interiores	42,7	43,57		86,3
Total aumento en los activos	**104,0**	**43,9**	**148,7**	296,7
Disminución en los activos				0,0
5. Extracciones	25,4	1,2	13,1	39,7
6. Evapotranspiración	55,7		92,1	147,8
7. Salidas a otros recursos de agua interior	0	42,7	43,57	86,3
8. Salida a otros territorios	21		0,0	21,0
Total disminución en los activos	**102,0**	**43,9**	**148,8**	294,7
8. Activo de cierre	1973			1973,3

Fuente. Elaboración propia. Basado en datos del proyecto PEER, Impactos del cambio climático en humedales tropicales, Universidad de Antioquia, 2015. Estudio de crecientes y modelo de operación del Lago de Tota Aquitania-Boyacá Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia & Copoboyacá, 2007. Registro de Concesiones, CORPOBOYACA. Cálculos propios.

5.2 Extracción de agua

La extracción de agua, la cual incluye el agua del lago, de ríos y quebradas y el agua del suelo en la cuenca del Lago de Tota en el periodo comprendido entre el 2010 y el 2013 muestra un aumento entre el 5% y el 8% anual, comenzando en 2010 con 39,53 hm^3 y llegando a 2013 a 41,37 hm^3. En 2013, los principales usuarios fueron la CIIU 01-01 (Agricultura, ganadería y piscicultura) con el 44% de la extracción total y las empresas de acueducto de fuera de la cuenca con el 31%. En proporciones menores se encuentran la industria de fuera de la cuenca con el 7%, los acueductos dentro de la cuenca con 4% y los hogares y hoteles que suman menos del 1% como se observa en el cuadro 15 y la figura 11

Cuadro 15. Extracción de agua en la cuenca del Lago de Tota, 2010 a 2013 (hm^3)

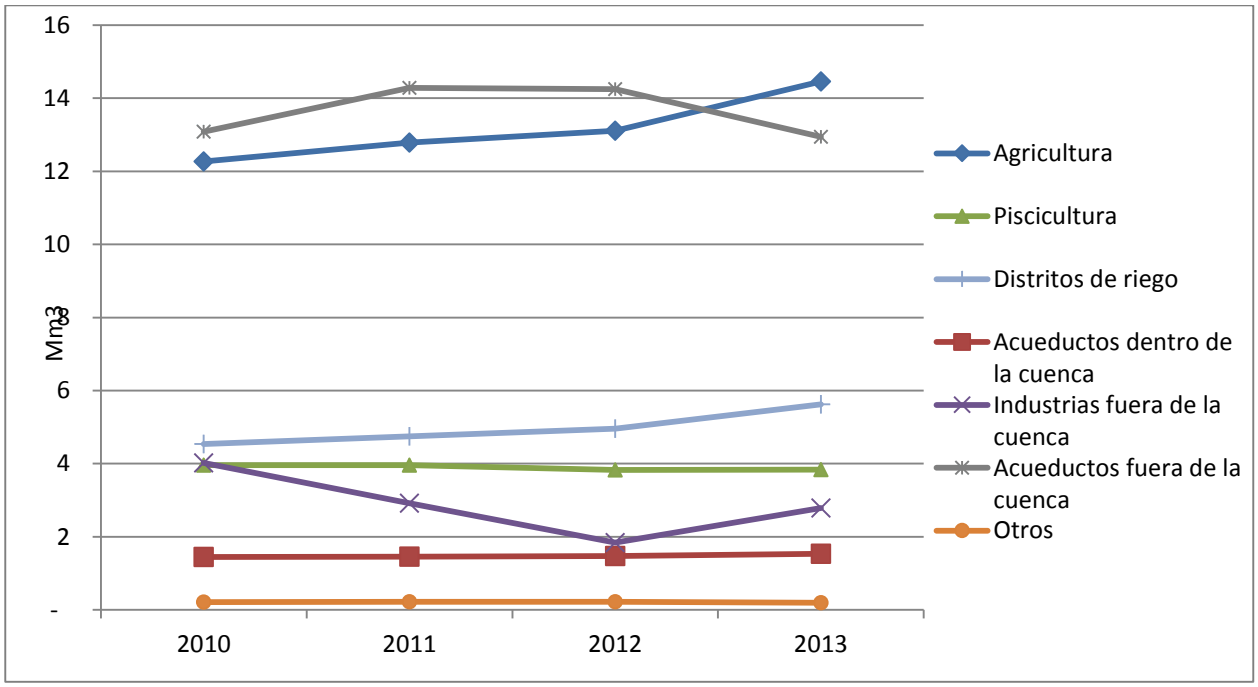
Actividad económica	CIIU v. 4	2010	2011	2012	2013	Proporción en 2013
Agricultura, ganadería y acuicultura	**01-03**	16,32	16,83	17,03	18,38	44%
Agricultura		12,27	12,78	13,11	14,45	35%
Ganadería		0,09	0,09	0,09	0,10	0%
Piscicultura		3,96	3,96	3,83	3,83	9%
Distritos de riego		4,54	4,75	4,96	5,62	14%
Acueductos dentro de la	36	1,44	1,46	1,47	1,53	4%

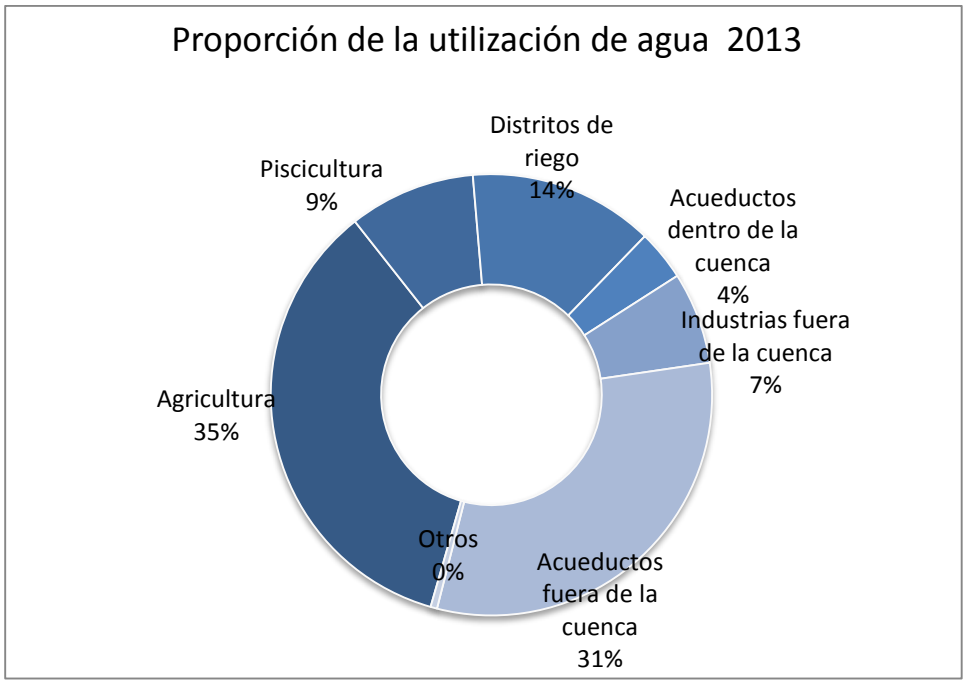
cuenca						
Hogares		0,11	0,11	0,12	0,09	0%
Hoteles	55	0,01	0,01	0,01	0,01	0%
Fuera de la cuenca		17,10	17,20	16,09	15,73	38%
Industrias		4,02	2,92	1,84	2,79	7%
Acueductos	10-33	13,08	14,29	14,25	12,95	31%
Total extracción de agua		39,53	40,37	39,67	41,37	100%

Fuente. Elaboración propia. Incluye agua extraída del lago, de ríos y quebradas y agua del suelo.

Todas las actividades económicas muestran una tendencia al aumento en su utilización a diferencia de la industria de fuera de la cuenca que presentó disminución en el periodo de 2010 a 2012 y los acueductos de fuera de la cuenca que disminuyeron su extracción en 2013. Esta disminución muestra que si bien en el periodo comprendido entre el 2010 y el 2012 la utilización de agua por parte de los acueductos de fuera de la cuenca representaba el principal usuario en la cuenca, en 2013 la agricultura los superó y se sitúa como principal usuario durante este año (ver figura 13).

Figura 13. Extracción de agua en la cuenca del Lago de Tota, agua superficial y agua del suelo 2010 a 2013

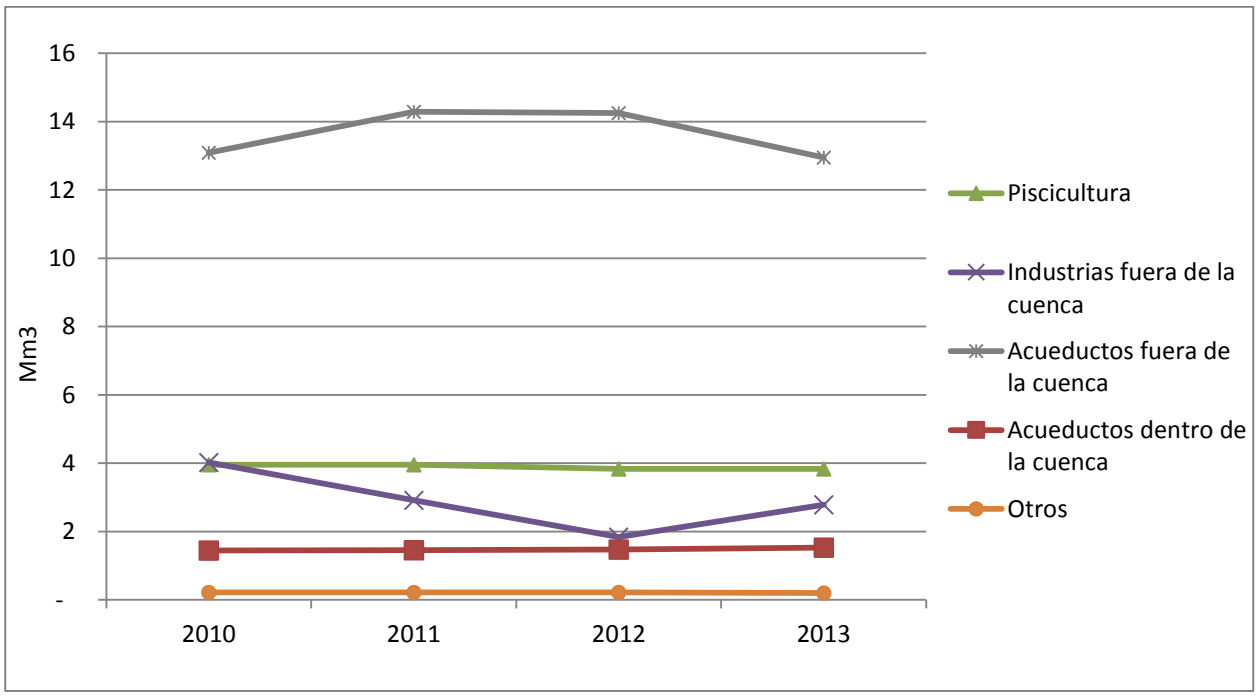


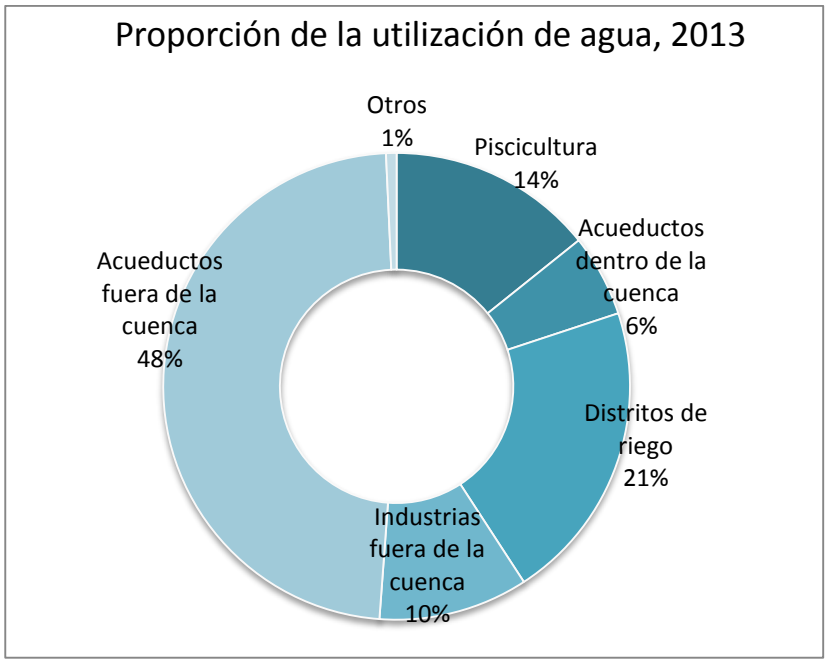


Fuente. Elaboración propia. Incluye agua del Lago, ríos y quebradas y agua del suelo. En otros se incluyen hogares, ganadería y hoteles.

Si se considera solamente la extracción de agua de fuentes superficiales sin tener en cuenta el agua del suelo, las proporciones del agua que utilizan las actividades económicas cambian considerablemente como se ve en la figura 14. La actividad con mayor extracción pasa a ser los acueductos de fuera de la cuenca con el 48% del total en 2013 seguido por los distritos de riego con el 21% tal como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Extracción de agua en la cuenca del Lago de Tota sin incluir agua del suelo, 2010 a 2013

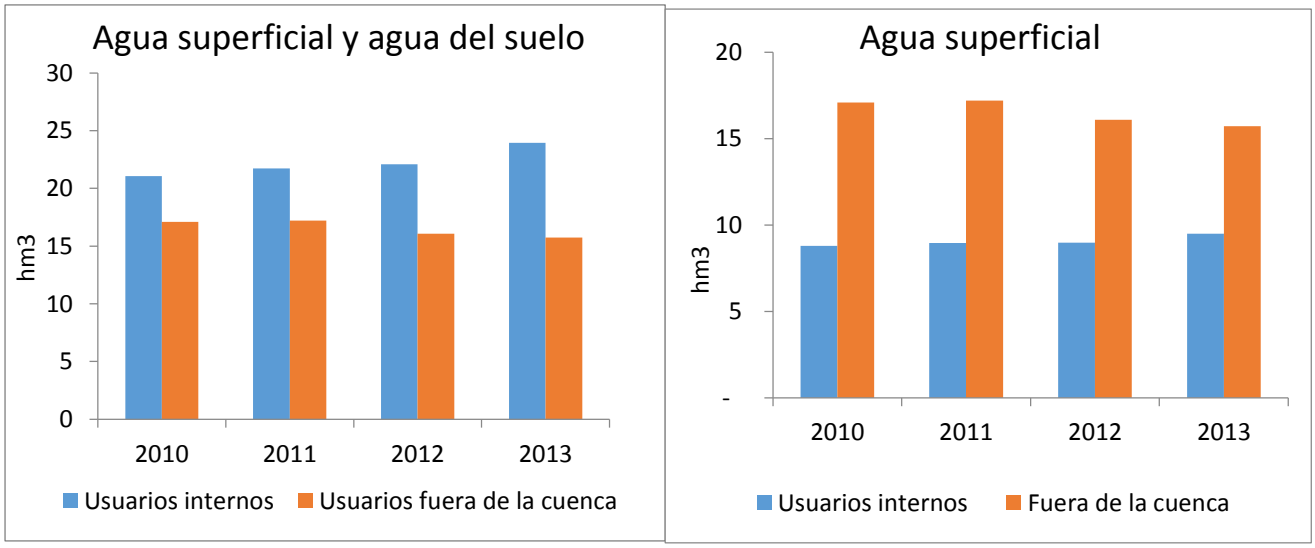




Fuente. Elaboración propia. Incluye agua del Lago y ríos y quebradas. En "otros" se incluyen ganadería, hogares y hoteles.

Los usuarios ubicados dentro de la cuenca están representados en hogares, piscicultura, agricultura, hoteles, la empresa de acueducto de Aquitania y asociaciones de usuarios de acueductos veredales. Por otro lado, los usuarios de fuera de la cuenca incluyen las empresas de acueducto de Sogamoso, Firavitoba, Iza y Nobsa y el uso industrial. Los datos muestran que los usuarios de fuera de la cuenca extrajeron en 2013 38% (15,7 hm^3) del total de agua y han disminuido anualmente su utilización entre el 2% y el 6%. Por otro lado, dentro de la cuenca la utilización ha aumentado anualmente y representó en 2013 el 62% (25,6 hm^3) del total como se observa en la figura 15.

Figura 15. Extracción de agua de la cuenca del Lago de Tota según territorio de uso



Fuente. Elaboración propia.

El agua de la cuenca es aprovechada principalmente del lago de donde extraen los usuarios de fuera de la cuenca, la piscicultura y una importante proporción de los distritos de riego y la ganadería, en 2013 esta fuente fue suministro el 61% (25,3hm^3)del total de agua aprovechada en la cuenca. El agua del suelo es el segundo recurso más utilizado el cual es aprovechado por los cultivos y pastizales para su crecimiento y desarrollo, de esta fuente se aprovecharon 14,4hm^3, el 35% del total extraído en la cuenca para 2013. En menor proporción se extrae agua de los ríos y quebradas que principalmente abastecen a los hogares y acueductos de la zona rural (ver cuadro 16).

Cuadro 16. Utilización de agua de acuerdo a la fuente de origen, 2010 a 2013 (hm^3)

Origen del agua	2010	2011	2012	2013	Proporción en 2013
Lago	26,10	26,41	25,36	25,26	61%
Distritos de riego	4,18	4,37	4,56	4,83	12%
Ganadería	0,06	0,06	0,06	0,07	0%
Piscicultura	3,96	3,96	3,83	3,83	9%
Hogares	0,01	0,01	0,01	0,02	0%
Acueductos	0,79	0,79	0,80	0,76	2%
Alojamiento	0,01	0,01	0,01	0,01	0%
Fuera de la cuenca	17,10	17,20	16,09	15,73	38%
Industrias	4,02	2,92	1,84	2,79	7%
Acueductos	13,08	14,29	14,25	12,95	31%
Rios y Quebradas	1,15	1,18	1,20	1,66	4%
Distritos de riego	0,36	0,38	0,40	0,79	2%
Ganadería	0,03	0,03	0,03	0,03	0%
Acueductos	0,66	0,66	0,67	0,77	2%
Hogares	0,10	0,10	0,11	0,07	0%
Agua del suelo	12,27	12,78	13,11	14,45	35%
Agricultura	12,27	12,78	13,11	14,45	35%
Total utilización de agua	**39,53**	**40,37**	**39,67**	**41,37**	

Fuente. Elaboración propia

5.3 Oferta de agua

Los retornos de agua en la cuenca corresponden principalmente a la empresa de alcantarillado de Aquitania que vierte en la quebrada La Mugre y la actividad de piscicultura. Los retornos son significativamente menores a la utilización ya que gran parte del volumen de agua es utilizado por las empresas de acueducto e industrias fuera de la cuenca las cual no retorna a la cuenca del Lago de Tota y otra fracción significativa es consumida por la actividad agrícola. Los hogares del casco urbano de Aquitania vierten predominantemente a través del alcantarillado y los de la zona rural descargan el agua residual al suelo a través de sistemas sépticos.

Cuadro 17. Retornos de agua por tipo de actividad económica, 2010 a 2013 (hm^3)

Actividad económica	CIIU	2010	2011	2012	2013
Al alcantarillado	37	0,34	0,34	0,35	0,40
Hogares		0,33	0,32	0,33	0,37
Servicios	45-99	0,01	0,02	0,02	0,03
Al suelo		4,77	4,82	4,77	4,87
Agricultura		0,95	1,00	1,04	1,18
Piscicultura	32	3,17	3,17	3,06	3,07
Hogares		0,64	0,65	0,65	0,61
Hoteles	55	0,01	0,01	0,01	0,01
Total retornos de agua		**5,11**	**5,16**	**5,11**	**5,27**

Fuente. Elaboración propia.

5.4 Uso final de agua

El uso final de agua en la cuenca del lago de Tota está representado principalmente por la actividad agrícola cuya evapotranspiración consumió entre 14,5 hm^3 y 17,2 hm^3 al año, seguida por la piscicultura y en menor proporción se encuentran los hogares y los hoteles tal como se muestra en el cuadro 18. El uso final de los hogares corresponde tanto al agua proveniente de la extracción para uso propio como el agua proveniente de los acueductos.

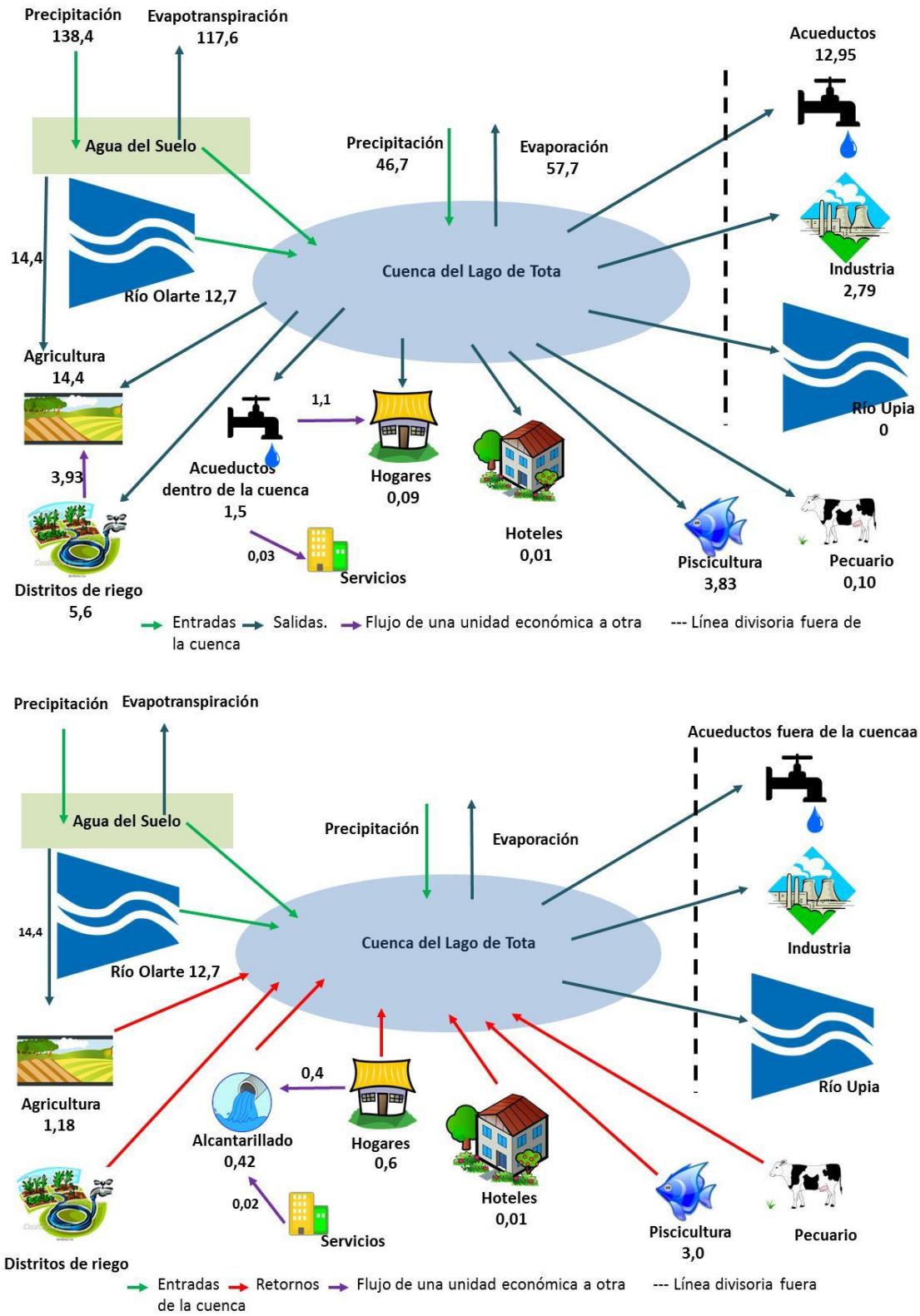
Cuadro 18. Uso final de agua en la cuenca del Lago de Tota, 2010 a 2013 (hm^3)

Actividad económica	CIIU	2010	2011	2012	2013	Proporción consumo 2013
Agricultura, ganadería y acuicultura	01-03	15,38	15,99	16,39	18,07	99%
Agricultura		14,50	15,11	15,53	17,21	94%
Ganadería		0,09	0,09	0,09	0,10	1%
Piscicultura		0,79	0,79	0,77	0,77	4%
Hogares		0,24	0,24	0,24	0,24	1%
Hoteles	55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01%
Servicios		0,00	0,00	0,00	0,01	0,04%
Totales		**15,62**	**16,24**	**16,64**	**18,32**	

Fuente. Elaboración propia.

A continuación se presenta la consolidación de la utilización y oferta de agua para el año 2010 y 2013 y de forma gráfica los flujos de agua para el año 2013.

Figura 16. Flujos de agua en la cuenca del Lago de Tota, 2013 (hm³)



Fuente. Elaboración propia

Cuadro 19. Cuadros de oferta y utilización, año 2013 (hm^3)

OFERTA	Agricultura	Ganadería	Piscícola	Hoteles	Servicios	Acueducto	Distritos de Riego	Alcantarillado	Hogares	Medio Ambiente	Fuera de la cuenca	Total
Aguas superficiales										26,92		**26,92**
Aguas subterráneas										0,00		**0,00**
Aguas del suelo										14,45		**14,45**
Precipitación												**0,00**
Agua potable						1,18						**1,18**
Agua para riego							3,93					**3,93**
Perdidas						0,35	1,69					**2,04**
Agua residual	1,18		3,07	0,01	0,03			0,40	0,99			**5,67**
Uso final del agua	17,21	0,10	0,77	0,00	0,01				0,24			**18,32**
	18,39	**0,10**	**3,83**	**0,01**	**0,03**	**1,53**	**5,62**	**0,40**	**1,23**	**41,37**	**0,00**	**72,52**

UTILIZACIÓN	Agricultura	Pecuario	Piscícola	Hoteles	Servicios	Acueductos	Distritos de Riego	Alcantarillado	Hogares	Medio Ambiente	Fuera de la cuenca	Total
Aguas superficiales		0,10	3,83	0,01		1,53	5,62		0,09		15,73	**26,92**
Aguas subterráneas												**0,00**
Aguas del suelo	14,45											**14,45**
Precipitación												**0,00**
Agua potable					0,03				1,14			**1,18**
Agua para riego	3,93											**3,93**
Perdidas										2,04		**2,04**
Agua residual								0,40		5,27		**5,67**
Uso final del agua										18,32		**18,32**
	18,39	**0,10**	**3,83**	**0,01**	**0,03**	**1,53**	**5,62**	**0,40**	**1,23**	**25,64**	**15,73**	**72,52**

Fuente. Elaboración propia

5.5 Análisis de la utilización de agua por actividad económica

5.5.1 Agricultura y distritos de riego

La actividad agrícola capta agua para uso propio y la recibe a través de los distritos de riego. La extracción de agua para la actividad agrícola está ampliamente vinculada a las hectáreas de cultivos sembrados, el tipo de cultivo y el régimen de precipitaciones en la zona el cual determina la cantidad y la época en la que se requiere riego adicional. Durante el periodo analizado la extracción de agua para la actividad agrícola correspondió entre 12,2 hm^3 y 14,4 hm^3 los cuales en 2013 correspondieron al 35% del total de agua extraído. Por otro lado los distritos de riego extrajeron el 14% del total donde se incluyen el agua del lago y el agua de ríos y quebradas como se ve en el cuadro 20.

Al obtener estos resultados se hizo una comparación del volumen de agua requerido como riego resultante del Cropwat y el otorgado como concesión y se encontró que los valores se mantienen en órdenes de magnitud similares.

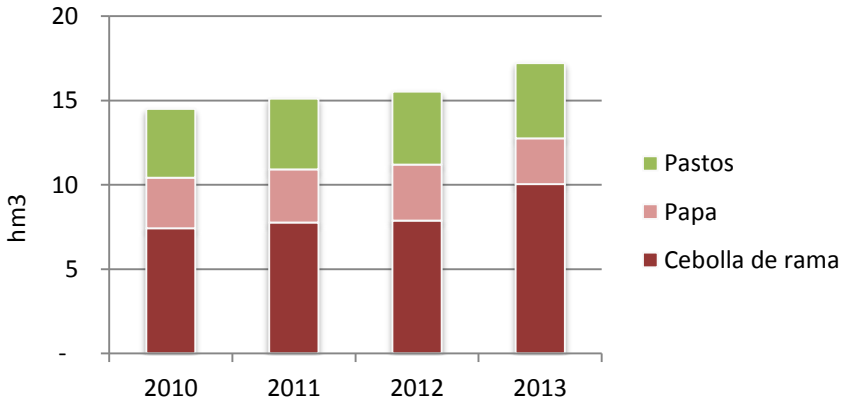
Cuadro 20. Utilización de agua actividad agrícola, 2010 a 2013 (hm^3)

Año	Agua del suelo	Extracción del lago	Extracción de ríos y quebradas	Pérdidas en los distritos de riego	Entrega de los distritos de riego	Retornos	Uso final de agua
2010	12,27	4,18	0,36	1,36	3,18	0,95	14,50
2011	12,78	4,37	0,38	1,43	3,33	1,00	15,11
2012	13,11	4,56	0,40	1,49	3,47	1,04	15,53
2013	14,45	4,83	0,79	1,69	3,93	1,18	17,21

Fuente: Elaboración propia.

El cultivo de cebolla en rama por ser el predominante en la zona es el que utiliza la mayor cantidad de agua en la actividad agrícola, seguido por los pastos que soportan la actividad de ganadería y el cultivo de papa tal como lo muestra la figura 17.

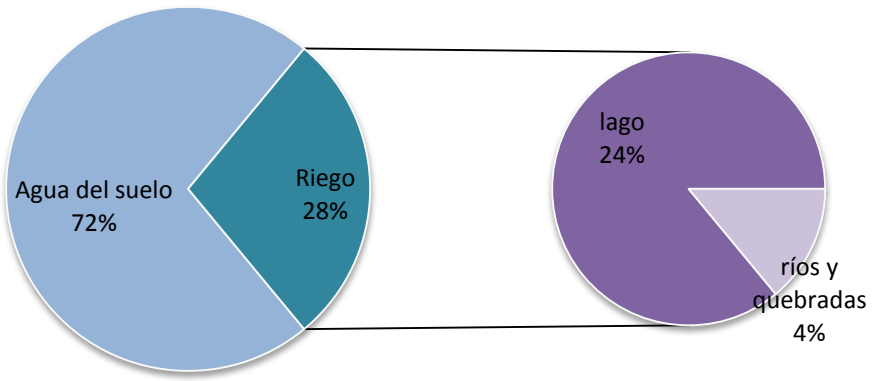
Figura 17. Extracción total de agua por tipo de cultivo, 2010 a 2013 (hm3)



Fuente. Elaboración propia. Incluye agua del suelo, agua superficial.

En los cultivos así como para los pastos se aprovecha significativamente el agua de lluvia, la cual representa el 72% del total de agua extraído por la agricultura y los distritos de riego, en época seca cuando así se requiere se utiliza agua proveniente de los distritos de riego o de concesiones individuales que extraen el agua principalmente del lago como se muestra en la figura 18.

Figura 18. Origen del agua en la actividad agrícola, año 2013



Fuente. Elaboración propia.

5.5.2 Ganadería y piscicultura

En el caso de la actividad de ganadería para el consumo de los animales el agua proviene de concesiones individuales y el agua proviene principalmente del lago tal como lo muestra el cuadro 21.

Cuadro 21. Utilización de agua en la actividad ganadera, 2010 a 2013 (hm^3)

Año	Utilización total de agua	Utilización agua del Lago	Ríos y Quebradas	Uso final
2010	0,09	0,06	0,03	0,09
2011	0,09	0,06	0,03	0,09
2012	0,09	0,06	0,03	0,09
2013	0,10	0,07	0,03	0,10

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado la utilización de agua en la actividad de piscicultura representada por su uso en los procesos de lavado y eviscerado de trucha en la post-cosecha asciende en promedio a 4 hm^3 al año.

Cuadro 22. Utilización, retornos y uso final de agua en la actividad de piscicultura (hm^3)

Año	Utilización	Origen	Retornos	Uso final
2010	3,96	Lago	3,17	0,79
2011	3,96		3,17	0,79
2012	3,83		3,06	0,77
2013	3,83		3,07	0,77

Fuente. Elaboración propia.

5.5.3 Acueductos dentro de la cuenca

Los acueductos dentro de la cuenca proveen agua principalmente a los hogares localizados en la zona urbana y rural y en una menor proporción a las actividades de servicios localizadas en la zona urbana. La extracción total de estos sistemas fue de 1,5 hm^3 en promedio de los cuales el 98% se distribuyó para ser usado en los hogares.

Cuadro 23. Distribución de agua por parte de los acueductos, 2010 a 2013, (hm^3)

Variable	2010	2011	2012	2013
Acueductos dentro de la cuenca	1,44	1,46	1,47	1,53
Hogares	1,09	1,10	1,11	1,14
Servicios	0,02	0,02	0,02	0,03
Perdidas	0,33	0,34	0,34	0,35

Fuente. Elaboración propia.

5.5.4 Fuera de la cuenca

La extracción de agua para uso en las actividades económicas localizadas fuera de la cuenca es realizada por los acueductos de los municipios de Sogamoso, Firavitoba y Nobsa y la zona rural de Iza así como también la industria, principalmente la Fabricación de productos metalúrgicos básicos. La extracción de estas empresas se hace a través de conducciones directas desde el lago y su volumen es registrado por medio de macromedición por la autoridad ambiental.

Acueductos

Las empresas de acueducto de fuera de la cuenca extrajeron entre 12,9 hm^3 y 14,3 hm^3 durante el periodo comprendido entre el 2010 a 2013 de los cuales la empresa de acueducto de Sogamoso extrajo el 87% tal como lo muestra la figura 19.

Figura 19. Utilización de agua por sistemas de acueductos de fuera de la cuenca, 2010 a 2013.

Fuente. Elaboración propia

La distribución de agua de los acueductos de fuera de la cuenca se hace principalmente a los hogares y en menor proporción a la industria y servicios. De acuerdo a la información de extracciones y volumen de agua facturado se observan pérdidas por encima del 50% durante el periodo analizado.

Cuadro 24. Distribución de agua por parte de los acueductos de fuera de la cuenca, 2010 a 2013 (hm^3)

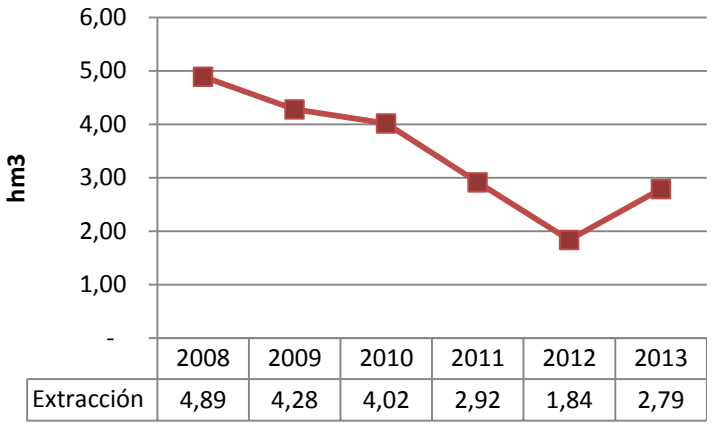
Variable	2010	2011	2012	2013
Total Distribución	13,08	14,29	14,25	12,95
Hogares	4,75	5,28	5,13	5,30
Industria	0,07	0,08	0,04	0,03
Servicios	0,72	0,84	0,85	0,92
Pérdidas	7,54	8,09	8,23	6,69

Fuente. Elaboración propia. Basado en SUI y registro de concesiones, CORPOBOYACA. *La distribución de las empresas de acueducto corresponde al volumen facturado por consumo.

Industria

Por otro lado la utilización de agua en la actividad industrial muestra un descenso significativo desde 2008 hasta 2012 con reducciones hasta del 40% entre 2011 y 2012 como lo muestra la figura 20.

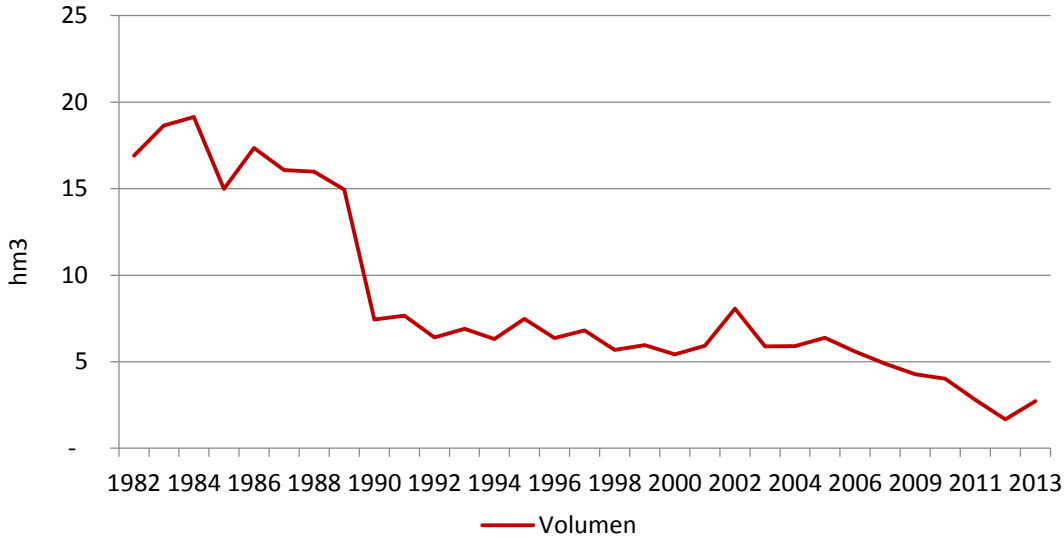
Figura 20. Extracción de agua para la actividad industrial



Fuente. Elaboración propia.

La industria que representa la mayor parte de la extracción de agua es la CIIU 24 (Fabricación de productos metalúrgicos básicos) con más del 95% del total, para la industria siderúrgica, el agua es una de las materias primas utilizadas en la fabricación del acero y su extracción ha disminuido significativamente tal como se muestra en la Figura 2121. Estas reducciones pueden ser atribuidas a las restricciones impuestas por la autoridad ambiental para la extracción del agua y el mejoramiento en el uso eficiente y reutilización del agua en la industria.

Figura 21. Extracción histórica de agua del Lago de Tota por parte de la producción de productos metalúrgicos básicos



Fuente. Elaboración propia. Basado en Ucros, Juan Carlos. Propuesta para la Implementación de Instrumentos de política Ambiental en la planta Siderúrgica de acerías paz del Río. Registro de concesiones, CORPOBOYACA. Conpes 3801.

5.5.5 Hoteles

El uso del agua para la actividad hotelera no muestra cambios significativos en el periodo de 2010 a 2013 debido principalmente a una tendencia similar en la ocupación hotelera durante el periodo analizado. La utilización de agua de esta actividad alcanza los 12,396 m^3/año, cifra que es baja comparada con otras actividades que aprovechan el agua de la cuenca.

Cuadro 25. Utilización, retornos y uso final de agua en la actividad hotelera, 2010 a 2013 (m^3)

Año	Utilización	Retorno	Uso final
2010	0,012	0,010	0,002
2011	0,012	0,010	0,002
2012	0,012	0,010	0,002
2013	0,013	0,010	0,003

Fuente. Elaboración propia

5.5.6 Hogares

El total de agua utilizado en los hogares correspondió a menos de 1 hm^3 por año y fue suministrado principalmente por sistemas de acueducto los cuales entregaron el 94% del total. Este volumen se extrajo en proporciones similares desde el lago y de ríos y quebradas afluentes. Completan el uso en los hogares las extracciones para uso propio que se hacen principalmente desde el lago y representaron el 6% del total. El agua residual que se vierte a través del alcantarillado es básicamente la del casco urbano de Aquitania que corresponde al 51% del total, el 49% restante es vertida al ambiente, principalmente al suelo. El uso final total de los hogares representa una pequeña proporción comparada con el resto de actividades en la cuenca con el 1% del total (ver cuadro 26)

Cuadro 26. Utilización, retornos y uso final de agua por los hogares, 2010 a 2013 (hm^3)

Variable	2010	2011	2012	2013
Agua suministrada por los acueductos	**1,09**	**1,10**	**1,11**	**1,14**
Lago	0,59	0,59	0,59	0,55
Ríos y quebradas	0,50	0,51	0,51	0,59
Extracción para uso propio	0,11	0,11	0,12	0,09
Lago	0,01	0,01	0,01	0,02
Ríos y quebradas	0,10	0,10	0,11	0,07
Pérdidas en los sistemas de acueductos	**0,33**	**0,34**	**0,34**	**0,35**
Retornos	**0,98**	**0,99**	**1,00**	**1,01**
Al Alcantarillado	0,33	0,32	0,33	0,37
Al ambiente	0,64	0,65	0,65	0,61
Uso final	0,24	0,24	0,24	0,24

Fuente. Elaboración propia

5.6 CUENTA DE EMISIONES AL AGUA

Las emisiones de contaminantes, medidos en términos de la DBO_5 y los SST, son hechas principalmente por el alcantarillado que recoge las aguas residuales de la cabecera municipal de Aquitania y las vierte directamente al lago sin tratamiento. Los hogares de la zona rural vierten generalmente al suelo a través de sistemas sépticos así como también los hoteles. La DBO_5 y los SST estimados se mantuvieron constantes en el periodo de 2010 a 2013 oscilando entre 103 y 105 t/añoEmisiones de DBO_5 y SST, 2010 a 2013 (t/año)

Actividad	CIIU v4	DBO5				SST			
		2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Al Lago									
Alcantarillado	37	103	104	105	105	103	104	105	105
Al suelo									
Hogares		168	167	166	165	168	167	166	165
Hoteles	55	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente. Elaboración propia

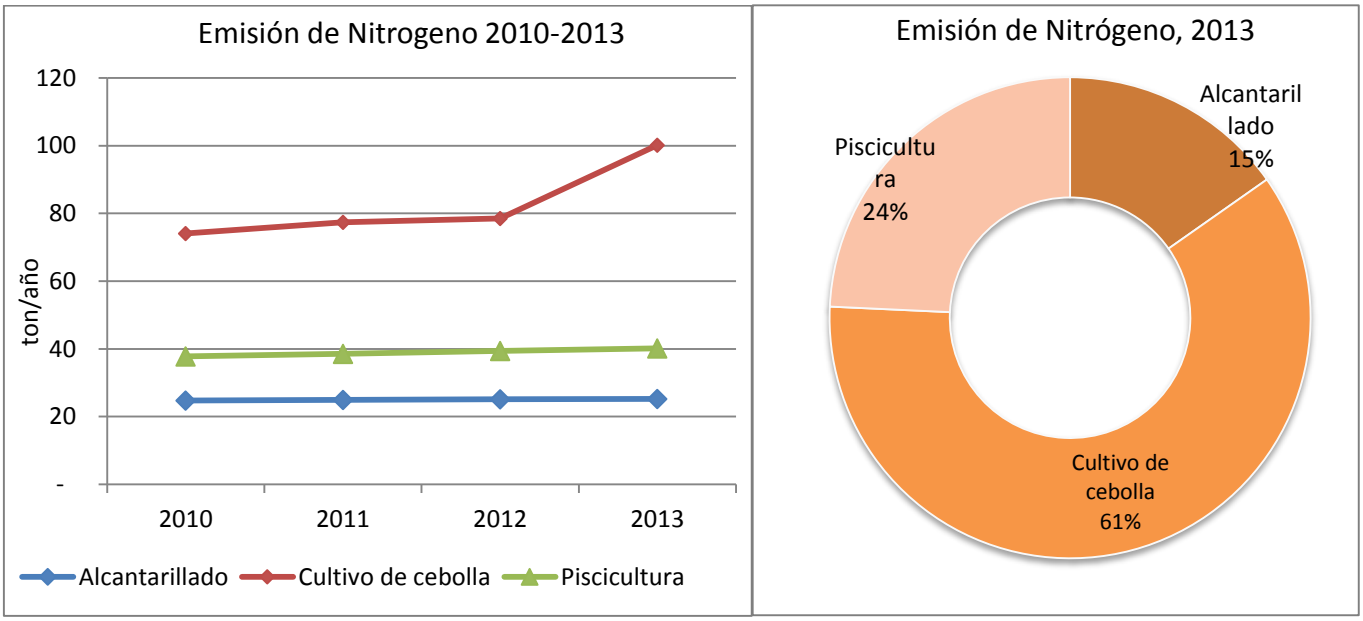
En el caso del nitrógeno y el fósforo, elementos de gran importancia para la calidad del agua del lago, la actividad que realiza el mayor aporte de estos elementos es el cultivo de cebolla en rama. Anualmente, llegan al lago en promedio 147 toneladas de nitrógeno de los cuales aproximadamente 83 provienen de estos cultivos. Por otro lado, anualmente alcanzan el lago aproximadamente 25 toneladas de fósforo de las cuales los cultivos de cebolla en rama aportan entre 10 y 13 t/año y la piscicultura y el alcantarillado vierten entre 7 y 8 t/año cada uno (ver cuadro 27 y figuras 22 y 23).

Cuadro 27. Emisiones al agua de nitrógeno y fósforo 2010 a 2013 (t/año)

Actividad	CIIU v4	Emisiones de nitrógeno				Emisiones de fósforo			
		2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Al Lago		**137**	**141**	**143**	**166**	**24**	**24**	**25**	**28**
Alcantarillado	37	25	25	25	25	7	7	7	7
Agrícola	0113	74	77	78	100	10	10	10	13
Piscicultura	032	38	39	39	40	7	8	8	8
Al suelo		**362**	**372**	**381**	**390**	**76**	**78**	**80**	**82**
Hogares		40	40	40	40	11	11	11	11
Hoteles	55	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1
Ganadería	014	322	331	341	350	65	67	69	71

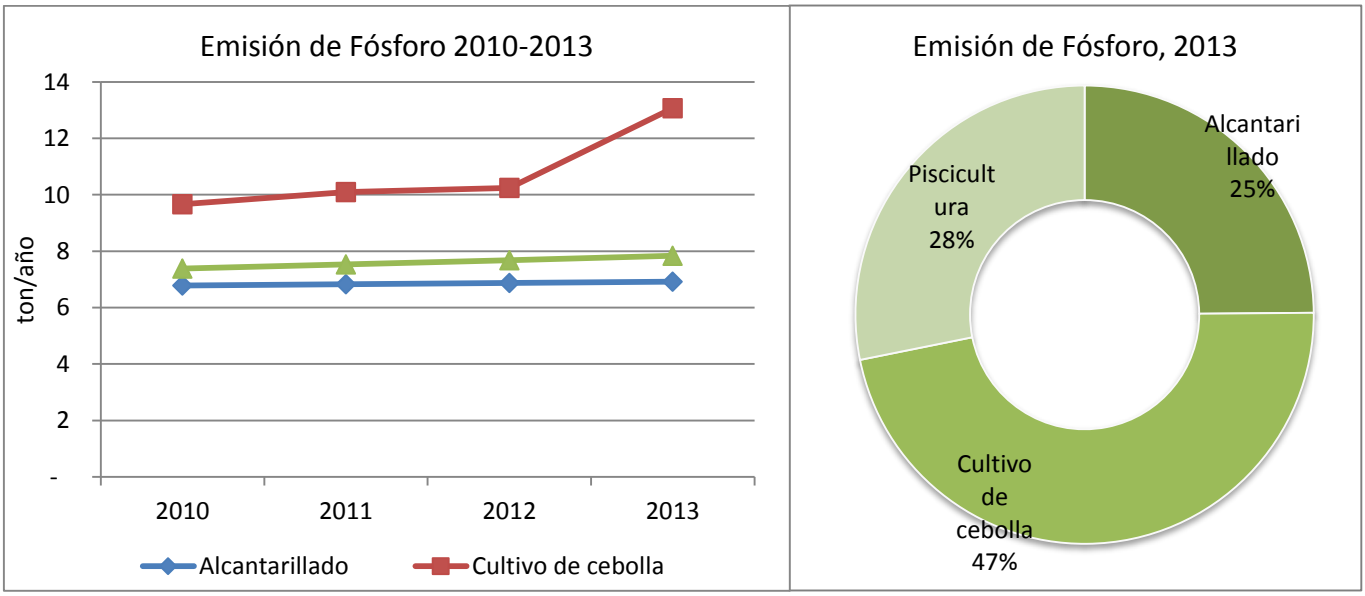
Fuente. Elaboración propia.

Figura 22. Emisiones de Nitrógeno que llegan al lago, 2010 a 2013



Fuente. Elaboración propia

Figura 23. Emisión de Fósforo que llegan al lago, 2010 a 2013



Fuente. Elaboración propia

Si bien CORPOBOYACA adelanta campañas de monitoreo fisico-químico en el Lago de Tota y sus principales tributarios desde el año 2000, no se cuenta con un registro periódico y sistemático de la valoración de estos parámetros que permita disponer de información consistente de la temática. Con base en estas mediciones estudios de la calidad del agua del lago hechos a través del POMCA en 2005 y el estudio hidrosfera en 2012 han dado como resultado buenas condiciones

fisico-químicas del agua con un aumento paulatino del pH e incremento en la presencia de nitrógeno y en la dureza. En cuanto a la materia orgánica, los sólidos suspendidos y el fósforo el lago presentó comportamientos estables con un ligero aumento del fósforo. En términos de eutroficación, se ha detectado el rápido crecimiento de elodea cubriendo para el año 2005 mas de 1200 hectáreas del espejo de agua.

Es importante tener en cuenta que los resultados aquí consignados así como los que se encuentran disponibles corresponden a estimaciones indirectas y no provienen de programas de monitoreo rigurosos y sistemáticos. Sin embargo, se identifican focos importantes de contaminación que vierten directa o indirectamente al lago los cuales se requieren estudiar a profundidad.

Dentro de los estudios que esta realizando actualmente CORPOBOYACA para el Lago de Tota se encuentra un estudio de flujo de nutrientes el cual puede contribuir significativamente a afinar los datos y el análisis de esta cuenta así como los estudios encaminados a determinar la calidad de agua en el lago.

5.7 CUENTAS ECONOMICAS PARA ACTIVIDADES Y PRODUCTOS RELACIONADOS CON EL AGUA

El valor de la producción por sectores se presenta en el cuadro 28. Cuentas Económicas de la Cuenca del Lago de Tota, en este informe. En este se puede observar que la agricultura participa con el mayor valor que se aporta al conjunto de la cuenca. Le sigue la piscicultura, la ganadería, los acueductos, los distritos de riego y el sector hotelero, en su orden.

Se puede decir que todos los sectores, excepto la agricultura y los hoteles y servicios no registra el valor del agua como consumo intermedio pues no la compran a un acueducto. Tan solo el agua para riego usada por el sector agrícola se estima a partir del valor de la producción de los distritos de riego y se define como un agua por la que se hace una erogación de mercado.

Se hizo una estimación global de 50 millones de pesos anuales para los 5 distritos existentes y corresponde al valor del riego que pagan los agricultores.

El valor de la producción de la agricultura alcanza 73.900 millones de pesos y el consumo intermedio alcanza el 48% del valor de la producción. El empleo del sector alcanza cerca de 3100 personas al año.

La ganadería bovina distribuida en carne y leche, aporta al valor de la producción de la cuenca 4.250 millones y su consumo intermedio representa el 37%. No se tiene un dato de empleo. En este sector es necesario investigar un poco más sobre los tipos de ganadería presentes. Es necesario para ello que la corporación desagregue en mayor medida los registros sectoriales.

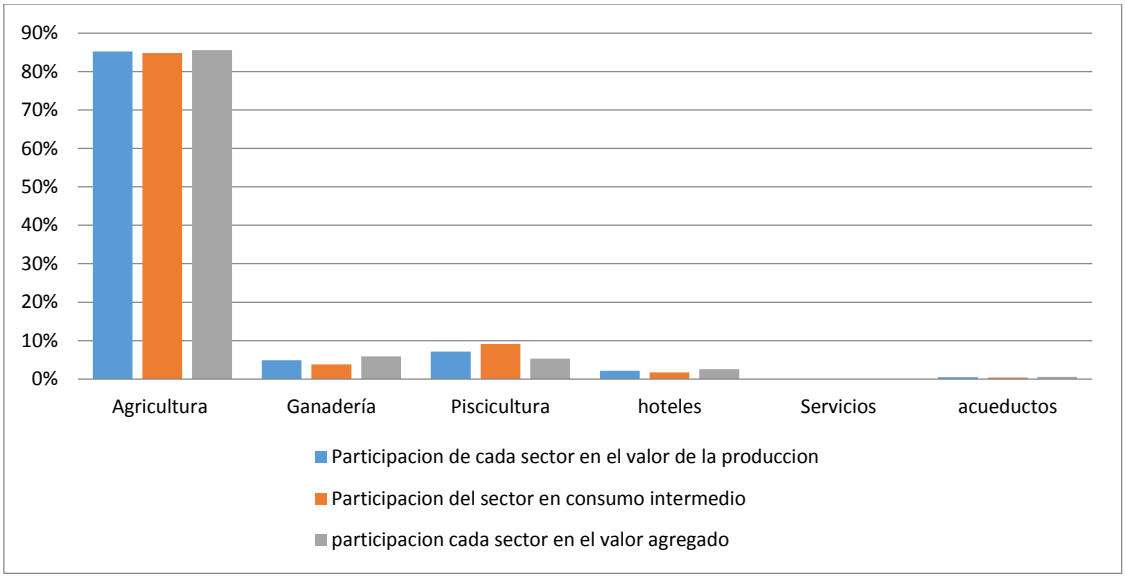
La piscicultura es la actividad con gran presencia en la cuenca utilizando al lago como su insumo principal. El valor de la producción alcanza 6.200 millones de pesos y el valor del consumo intermedio alcanza el 61%.

Los hoteles si bien tienen una buena presencia en la cuenca, el valor que aporta a la producción es muy bajo. Tan solo alcanza 1.860 millones de pesos al año. El valor del consumo intermedio

alcanza el 38%. El valor del agua alcanza 58 millones de pesos incluyendo la facturada para otros servicios no identificados para el municipio de Aquitania.

El servicio de acueducto se presta para cerca de 11 mil personas, produce 429 millones y el consumo intermedio alcanza el 38%. En este caso es necesario hacer una investigación más puntual sobre las empresas de acueducto veredales con el fin de establecer valores y reconocer las estructuras específicas de tales servicios.

Figura 24. Participación de los sectores en el valor de la producción, Lago de Tota, 2012



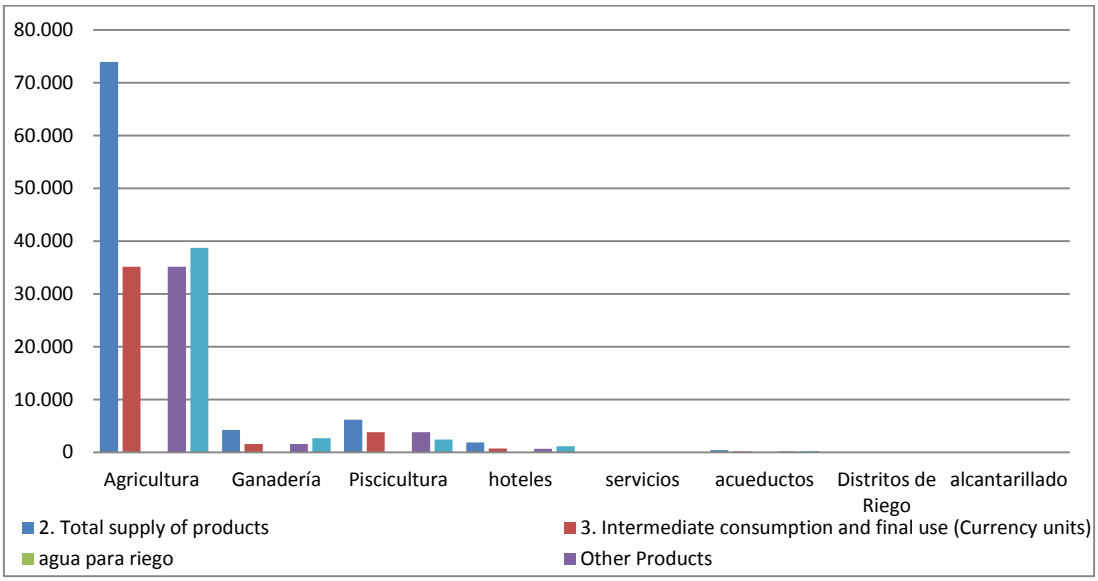
La figura 24 muestra la importancia de los sectores en el valor total de la producción de la cuenca. Se destaca la participación de la agricultura en el área de la cuenca. Esta representa más del 80% de lo calculado. Le sigue la piscicultura y luego la ganadería. La industria hotelera en términos de valor de la producción no es representativo. Sin embargo, por la literatura, pareciera que es muy importante la afectación que hace del agua de la cuenca.

El uso de agua en la agricultura es el mayor de la cuenca aunque no se tiene (en este informe) la comparación con la oferta disponible y no se puede saber la presión sobre el recurso. Sin embargo, en la literatura, el plan de ordenamiento de la cuenca y el Conpes se habla de la presión sobre la calidad del recurso.

Es cierto que la cantidad de ingresos que genera la actividad agrícola es significativa, pero ambientalmente es muy significativa en términos de calidad.

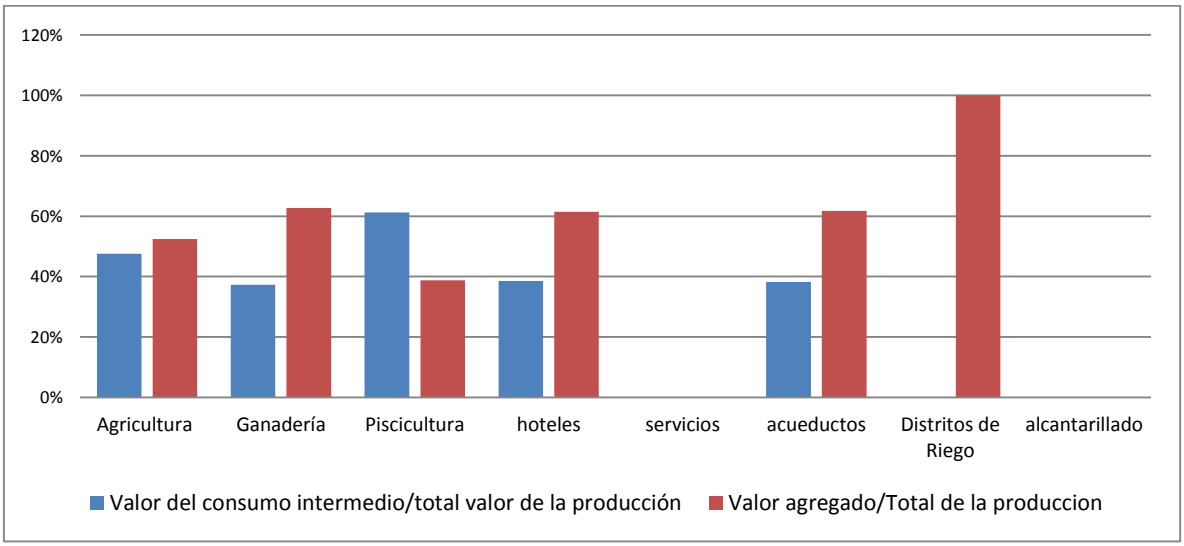
La figura 25 muestra en barras el valor de la producción en millones de pesos y lo compara con el consumo intermedio y el valor agregado.

Figura 25. Valor de la producción cuenca del Lago de Tota, 2012



Los porcentajes del consumo intermedio y el valor agregado en el valor de la producción se ilustran en la figura 26. Es importante resaltar que el valor agregado es un porcentaje mayor del 50% para todos los sectores excepto en la piscicultura, que es un 39%. Es decir que en la piscicultura el consumo de insumos y materias primas es mayor que el valor de la remuneración del trabajo, del capital, y del suelo. En el caso de los distritos de riego no se pudo determinar el valor del consumo intermedio. Sin embargo, se tiene la intuición de que este valor es muy pequeño pues no se potabiliza, aunque si es necesario bombear el agua hasta los terrenos de los usuarios.

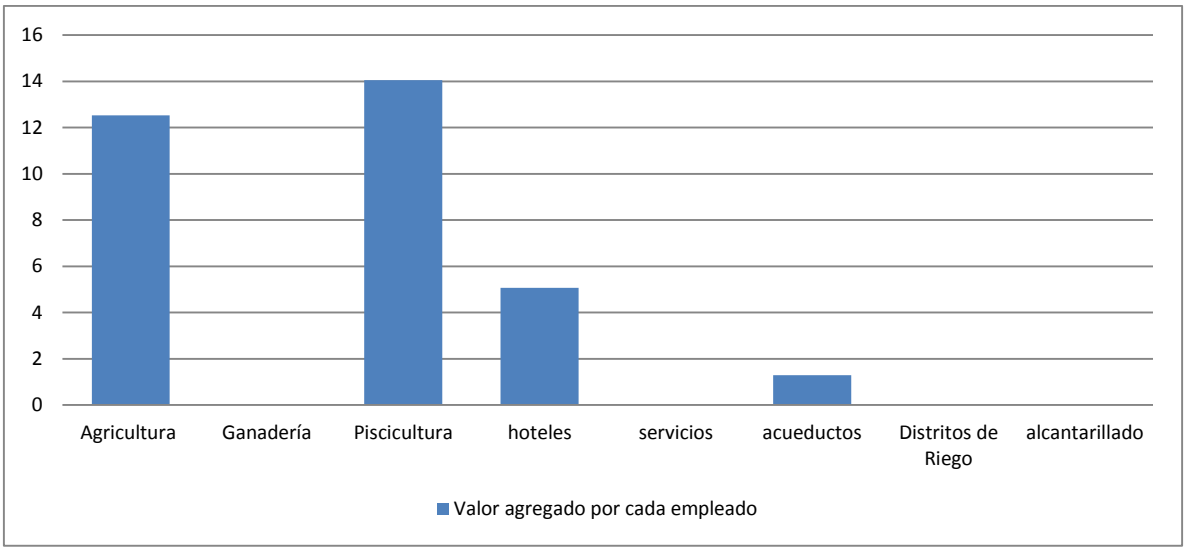
Figura 26. Participación del Consumo Intermedio y del Valor agregado en el Valor total de la producción. Cuenca del Lago de Tota 2012



Con relación al empleo (figura 27) se puede establecer cuanto valor agregado genera cada empleo en el sector. Es evidente que el que mayor cantidad de mano de obra utiliza y tienen un mayor valor agregado es la piscicultura seguido del sector agrícola. Por cada empleo en piscicultura se producen 14 millones de pesos y por cada empleo en agricultura se producen un poco más de 12 millones.

Si se relaciona con el uso de agua se tiene un valor agregado muy alto por empleado y un uso de agua relativamente bajo. (aunque no se tiene el valor de la oferta disponible de agua). Sin embargo, habría que relacionarlo con cifras que den cuenta de la evolución de la calidad del recurso para tener una visión completa. Ver figura 5.

Figura 27. Valor agregado por cada empleado



De acuerdo con el sistema de cuentas ambientales, las cuentas combinadas se presentan para la Cuenca del Lago de Tota presentan la comparación de las cifras físicas (extraídas y utilizadas) con sus correlativas en valor del proceso productivo con las que se puede hallar la eficiencia económica en el uso de agua.

Los datos se presentan agregados por grandes sectores económicos de las cuentas nacionales y por los sectores presentes en la cuenca.

El cuadro 28 incluye solo 3 grandes sectores presentes. Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y pesca, Captación depuración y distribución de agua, Distritos de Riego y Comercio, Reparación, Restaurantes y Hoteles.

Los resultados muestran que el valor de la producción está conformado principalmente por la agricultura, la ganadería y la piscicultura, para la cuenca. La participación de los demás sectores es muy pequeña con los valores en millones de pesos que se incluyen a continuación:

Cuadro 28. Cuentas Económicas de la Cuenca del Lago de Tota. Grandes Sectores económicos de cuentas nacionales

	Grandes Sectores													hogares	total	Resto del mundo			Impuestos menos subsidios sobre productos y margenes	Consumo final efectivo		Formación de Capital	Total
	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	Explotación de minas y canteras	Industrias manufactureras	Generación, captación y distribución	Generación, captación y distribución de	Captación, depuración y	Distritos de Riego*	Construcción	Comercio, reparación,	Transporte, almacenamiento y	Establecimientos financieros,	Actividades de servicios sociales, comunales y personales	Eliminación de desperdicios y aguas residuales,			acueducto resto del mundo	industria resto del mundo	Total Resto del mundo		hogares	Gobierno		
	01 - 03	05 - 09	10 - 33	35	35	36		41 - 43	45 - 47 55 - 56	49 - 53 58 - 63	49 - 53 58 - 63	64 - 66, 68 77 - 82	37										
1. Ofertas de productos de agua (millones de																							
Agua Natural						429									429								429
Servicios de eliminación de aguas residuales															0								0
Otros productos															0								0
2. Oferta total de productos	**84.350**					**429**	**50**		**1.860**						**86.689**								**86.689**
3. Consumo Intermedio y utilización final (millones	**40.550**					**164**			**718**						**41.432**								**41.432**
Agua Natural									58						58					371			429
Agua para Riego	50														50								50
Servicios de eliminación de aguas residuales															0								0
Otros productos	40.500					164			660						41.324								41.324
4. Valor agregado Bruto (millones de pesos)	**43.800**					**265**	**50**		**1.142**						**45.257**								**45.257**
5. Empleo* (Personas)	**3.263**					**30**			**226**						**3.519**								**3.519**
6. Oferta de agua (millones de m^3)																							
Oferta de agua a otras unidades económicas						1,13	3,47								4,60	14,25		14,25					18,85
Total de devoluciones	4,10					0,34	1,00		0,03						5,47					,98			6,45
7. Utilización de agua (millones m^3)	**17,03**					**1,47**	**4,96**		**0,01**						**23,47**			**16,09**					**39,56**
Extracción total	17,03					1,47	4,96		0,01						23,47			16,09					39,56
de lo cual extracción propia:	17,03														17,03		1,84	1,84					18,87
Utilización de agua recibida de otras unidades	3,47														3,47					1,11			4,58
8. Formación bruta de capital (millones de pesos)																							
Para la oferta de agua																							
Para saneamiento del agua																							
9. Stock final de activos fijos para oferta de agua																							
10. Stock final de activos fijos para saneamiento de agua (miles de millones de pesos)						0,00																	
11. Consumo de agua (millones de m^3)	**16,39**					**0,00**			**0,01**						**16,40**					**,24**			16, 64

Cuadro 29. Cuentas Económicas del Lago de tota. Sectores económicos presentes en la Cuenca del Lago de Tota

	Sectores económicos presentes en la Cuenca del Lago de Tota								Resto del mundo			Impuestos menos subsidios sobre productos y margenes de comercio y transporte	Consumo final efectivo		Formación Bruta de Capital	Total
	Agricultura	Ganadería	Piscicultura	acueductos	hoteles y servicios	Distritos de Riego	alcantarillado	total	acueducto	industria	Total Resto		hogares	Gobierno		
1. Ofertas de productos de agua																
Agua Natural				429				429								429
Servicios de eliminación de aguas residuales																0
Otros productos																0
2. Oferta total de productos	**73.900**	**4.250**	**6.200**	**429**	**1.860**	**50**	**0**	**86.689**								**86.689**
3. Consumo Intermedio y utilización	**35.150**	**1.600**	**3.800**	**164**	**718**			**41.432**								**41.432**
Agua Natural					58			58					371			429
Agua para Riego	50															0
Servicios de eliminación de aguas																0
Otros productos	35.100	1.600	3.800	164	660	0	0	41.324								41.324
4. Valor agregado Bruto (millones de	**38.750**	**2.650**	**2.400**	**265**	**1.142**	**50**	**0**	**45.257**								**45.257**
5. Empleo* (Personas)	**3.092**		**171**	**30**	**226**			**3.519**								**3.519**
6. Oferta de agua (millones de m^3)								0								
Oferta de agua a otras unidades				1,13		3,47		4,60	14,25		14,25					18,85
Total de devoluciones	1.04		3.06	0,34	0,03		0,35	0,72					0,98			1,70
7. Utilización de agua (millones m^3)																
Extracción total	13,11	0,09	3,83	1,47	0,03	4,96		23,49			16,09					39,58
de lo cual extracción propia:	13,11	0,09	3,83		0,01			17,04		1,84	1,84					18,88
Utilización de agua recibida de	3,47				0,02			3,49					1,11			4,60
8. Formación bruta de capital																
Para la oferta de agua																
Para saneamiento del agua																
9. Stock final de activos fijos para																
10. Stock final de activos fijos para																
11. Consumo de agua (millones de	**15,53**	**0,09**	**0,77**		**0,01**			**16,40**					**0,24**			**16,64**

El cuadro 29, detalla los sectores presentes en la cuenca en donde la agricultura es el sector con mayor participación en el PIB de la Cuenca. La ganadería y la piscicultura tienen valores de producción en el orden de 4 mil y 6 mil millones respectivamente. En hoteles y servicios se incluye solamente el valor de la producción de los hoteles, y el volumen de agua utilizado en hoteles y algunos servicios.

El agua valorada como parte del consumo intermedio corresponde al valor del agua que usan los hoteles y el agua facturada para otros servicios que no especifican pero que se registran en el SUI para el municipio de Aquitania.

Los datos de empleo permiten establecer que en agricultura se emplea la mayor cantidad de personas. En hoteles por habitación y sumando bajas temporadas con altas temporadas el empleo alcanza 226 empleados para el total de habitaciones.

En acueductos se establece que el empleo de los acueductos veredales pueden alcanzar hasta 30 empleados estimando un administrador, una secretaria, fontaneros para los acueductos del área de influencia de la cuenca que abarca 3 cabeceras y algunos acueductos veredales.

El agua registrada en la piscicultura corresponde a la usada en el proceso de lavado y eviscerado de la trucha. El valor de la producción corresponde a todo el proceso productivo de la trucha desde la entrada de los alevinos, su crecimiento, mantenimiento y cosecha.

Finalmente es importante resaltar que la tabla incluye el volumen de agua que es extraída de la cuenca, para la producción de agua por los acueductos municipales, pero estos no aportan valor agregado a la cuenca. Dicha extracción tiene una proporción mayor del 50% de lo utilizado en la cuenca.

Indicadores

Los indicadores de eficiencia del uso de agua en la cuenca para los grandes sectores económicos de cuentas nacionales se presentan en el cuadro 30.

Cuadro 30. Indicadores de eficiencia en el uso de agua por grandes sectores. Cuenca del Lago de Tota

	Grandes Sectores				total
	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	Captación, depuración y distribución de agua*	Distritos de Riego*	Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	
2. Oferta total de productos	**84.350**	**429**	**50**	**1.860**	**86.689**
3. Consumo Intermedio y utilización final (miles de millones de pesos)	**40.550**	**164**		**718**	**41.432**
4. Valor agregado Bruto (miles de millones de pesos)	**43.800**	**265**	**50**	**1.142**	**45.257**
5. Empleo* (Personas)	**3.263**	**30**		**226**	**3.519**
7. Utilización de agua (millones m3)	**7,39**	**1,47**	**4,96**	**0,03**	**13,85**
Indicadores					
(Valor de la) Producción por unidad de volumen ($/m3)	24.308	292	10	62.000	8.352
VAB/AGUA UTILIZADA COP/m3	12.622	180	10	38.067	4.360
VAB/CONSUMO DE AGUA COP/m3	2.672			120.317	2.760
EMPLEO/AGUA UTILIZADA Per/hm3	940	20	0	7.524	150
Participaciones					
1. Participación de la Oferta total de productos en el total de la producción de la cuenca	97,3%	0,5%	0,1%	2,1%	100%
2. Participación del Consumo Intermedio y utilización final en el total de del consumo intermedio de la	97,9%	0,4%	0,0%	1,7%	100%
3. Participación del Valor agregado Bruto en el total del valor agregado de la cuenca	96,8%	0,6%	0,1%	2,5%	100%
4.Participación del Empleo* (Personas) en el total del empleo de la cuenca	93%	1%	0%	6%	100%
5. Participación del consumo intermedio en la produccion total	48%	38%	0%	39%	48%
6. Participación del valor agregado en la produccion total	52%	62%	100%	61%	52%
7. Participación del agua utilizada por sector entre total del agua utilizada	53%	11%	36%	0%	100%

Los indicadores por grandes sectores muestran que el sector Comercio, Reparación Restaurantes y Hoteles es el más eficiente de la cuenca. En todos los indicadores como valor de la producción, valor agregado y empleo

por volumen de agua utilizado es mayor que los indicadores de Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca. Sin embargo, es pertinente llamar la atención sobre la participación de este último sector en el valor de la producción, que representa el 97% del valor producido en la Cuenca.

La captación, producción y depuración de agua como los distritos de riego son sectores que participan con menos del 1% del valor de la producción total individualmente y en conjunto. Los indicadores de eficiencia del uso del agua por valor de la producción para estos sectores son $292 y $10 por cada por cada m^3 usado, respectivamente. Si bien, esta es la mejor información disponible, es necesario realizar una nueva iteración para lograr una información mucho mas ajustada al uso de la cuenca, sobre todo en lo que se refiere a los distritos de riego.

Cuadro 31. Indicadores de eficiencia en el uso de agua detallado. Cuenca del Lago de Tota

	Agricultura	Ganadería	Piscicultura	acueductos	hoteles y servicios	Distritos de Riego	total
2. Oferta total de productos	**73.900**	**4.250**	**6.200**	**429**	**1.860**	**50**	**86.689**
3. Consumo Intermedio y utilización final (millones de pesos)	**35.150**	**1.600**	**3.800**	**164**	**718**		**41.432**
4. Valor agregado Bruto (millones de pesos)	**38.750**	**2.650**	**2.400**	**265**	**1.142**	**50**	**45.257**
5. Empleo* (Personas)	**3.092**		**171**	**30**	**226**		**3.519**
7. Utilización de agua (millones m3)	**3,47**	**0,09**	**3,83**	**1,47**	**0,03**	**4,96**	**13,85**
Indicadores							
(Valor de la) Producción por unidad de volumen ($/m3)	21.297	47.222	1.619	292	62.000	10	8.352
VAB/AGUA UTILIZADA COP/m3	11.167	29.444	627	180	38.067	10	4.360
VAB/CONSUMO DE AGUA COP/m3	2.495	29.444	3.117		120.317		2.760
EMPLEO/AGUA UTILIZADA Per/hm3	891			20	7.524		150
Participaciones							
1. Participación de la Oferta total de productos en el total de la producción de la cuenca	85,25%	4,90%	7,15%	0,49%	2,15%	0,06%	100,00%
2. Participacioón del Consumo Intermedio y utilización final en el total del consumo intermedio de la cuenca	84,84%	3,86%	9,17%	0,40%	1,73%		100,00%
3. Participación del Valor agregado Bruto en el total del valor agregado de la cuenca	85,62%	5,86%	5,30%	0,58%	2,52%	0,11%	100,00%
4.Participación del Empleo* (Personas) en el total del empleo de la cuenca	87,87%		4,86%	0,85%	6,41%		100,00%
5. Participación del consumo intermedio en la produccion total	47,56%	37,65%	61,29%	38,26%	38,60%	0,00%	47,79%
6. Participación del valor agregado en la produccion total	52,44%	62,35%	38,71%	61,74%	61,40%	100,00%	52,21%
7. Participación del agua utilizada por sector entre total del agua utilizada	25,05%	0,65%	27,65%	10,61%	0,22%	35,81%	100,00%

El cuadro detallado permite comparar el valor de la producción en relación con el agua utilizada (aquella que se extrae por cada sector, por ello se excluye el agua del suelo). En este sentido, se puede decir que el agua utilizada por el sector de hoteles y servicios, $62.000 por cada m3, sería la que devuelve una mayor eficiencia pues es muy poco el volumen utilizado con relación al valor de su producción. Sin embargo, debe tenerse cuidado con esta interpretación pues la agricultura es el sector con mayor aporte al valor de la producción de la cuenca. Este sector participa con el 85,25% pero tan solo aporta $21.297 por cada m^3 utilizado. El sector de hoteles y servicios tan solo participa con el 2,15% en el valor de la producción de la cuenca.

También la tabla permite observar que el volumen de agua utilizado por el sector de la piscicultura es superior al volumen utilizado en la agricultura. Así la piscicultura aporta tan solo $1.619 por cada m3 utilizado, mientras que la agricultura aporta $21.297 por cada m^3. Se supone todos los sectores que hacen parte del sector primario, deberían ser más eficientes que la agricultura. En el caso de la cuenca, la agricultura es más eficiente que la piscicultura. Se puede explicar esta situación en la medida en que los datos registrados por la corporación constituyen la autodeclaración de los piscicultores y de los agricultores y no se sabe con certeza si éste es el uso real.

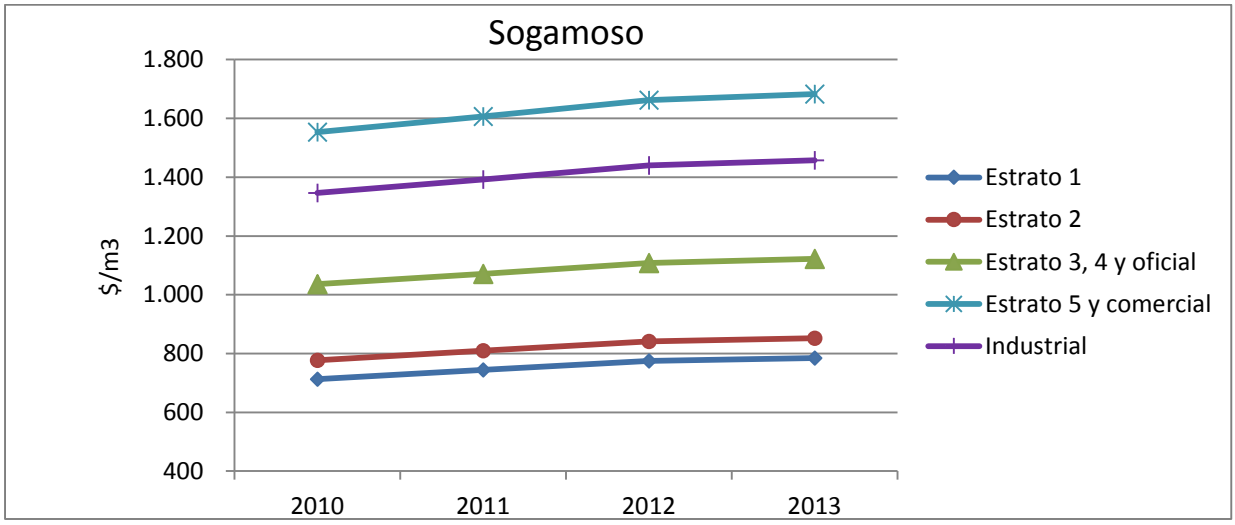
5.7.1 Impuestos, cargos y derechos sobre el agua

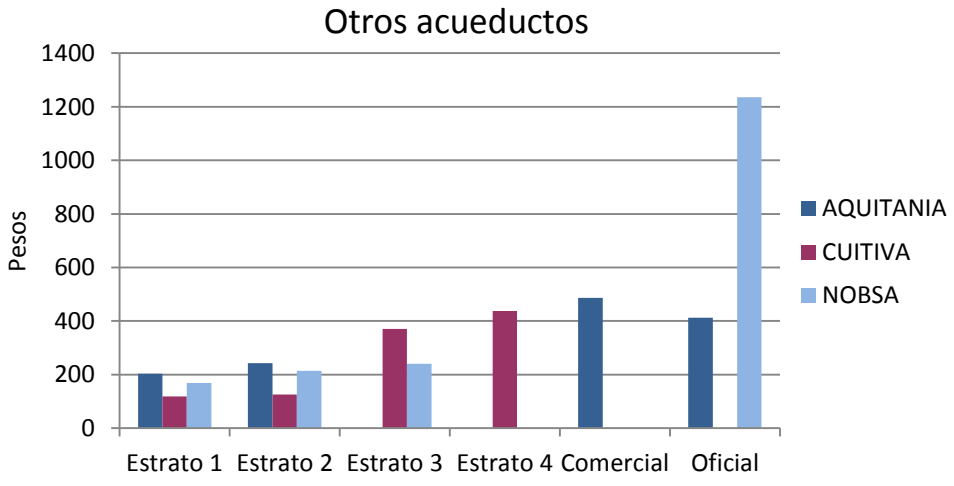
Dentro de este grupo se encuentran los costos asociados con la provisión de los servicios de acueducto y los instrumentos económicos que se utilizan para reglamentar el uso del agua incluida la tasa por uso del agua y la tasa de vertimiento.

Tarifas de acueducto

Las tarifas de acueducto varían considerablemente entre los municipios que aprovechan el agua e la cuenca, por ejemplo, el valor por metro cúbico para uso residencial en los municipios de Aquitania Cuitiva y Tota se encuentra entre 118 y 437 pesos mientras que en el municipio de Sogamoso el metro cúbico se cobra entre 770 y 1662 pesos (ver figura 28). Por otro lado, las tarifas de la empresa de acueducto de Sogamoso muestran una tendencia constante de aumento anual que varía entre el 1% y el 4%, en el resto de las empresas no es posible identificar una tendencia clara debido a las condiciones de la información disponible.

Figura 28. Tarifas de acueducto, Compañía de servicios públicos de Sogamoso, 2010 a 2013

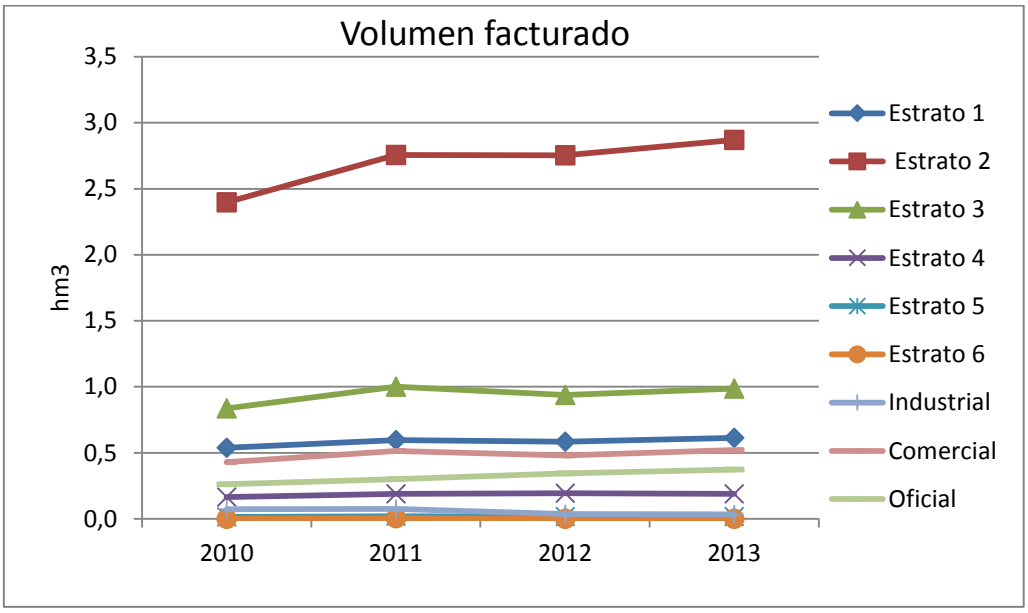


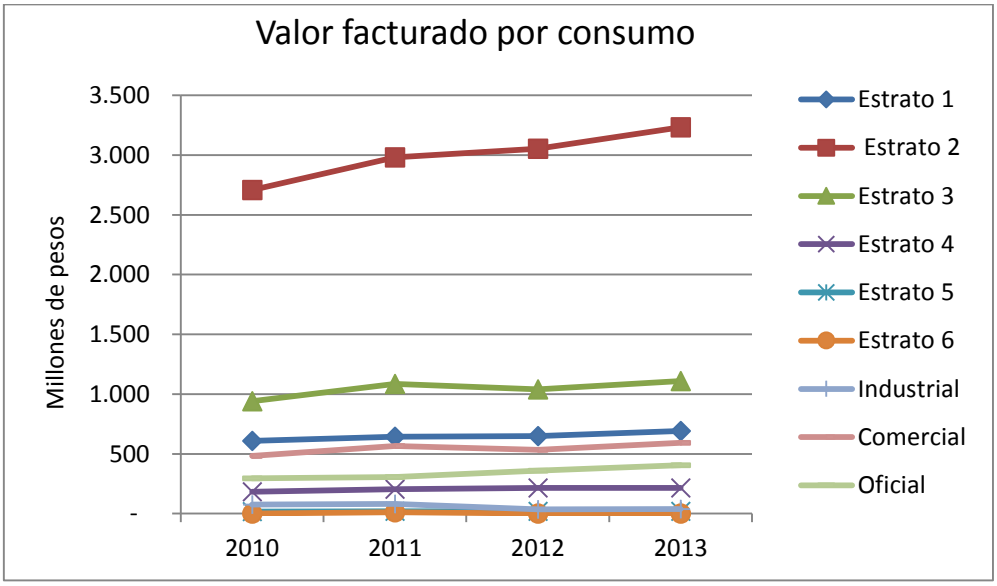


Fuente. Elaboración propia. Basado en información del SUI.

En el municipio de Sogamoso el principal usuario de agua son los hogares a los cuales en 2013 se facturaron 4,6 hm^3 por un valor total de 5,2 mil millones de pesos de los cuales el estrato 2 representó el 51%, seguido por el estrato 3 (18%) y el estrato 1 (11%) (ver figura 29).

Figura 29. Volumen de agua y valor facturado Compañía de servicios públicos de Sogamoso, 2010 a 2013





Teniendo en cuenta estas cifras y la cantidad de agua extraída que se registra a través de macromedición, se resalta que arrojan como resultado en promedio un 55% de agua no contabilizada (ver cuadro 32), a nivel nacional este porcentaje se encuentra en un promedio de 42% (CRA, 2013).

Cuadro 32. Agua extraída vs Agua facturada, Compañía de servicios públicos de Sogamoso.

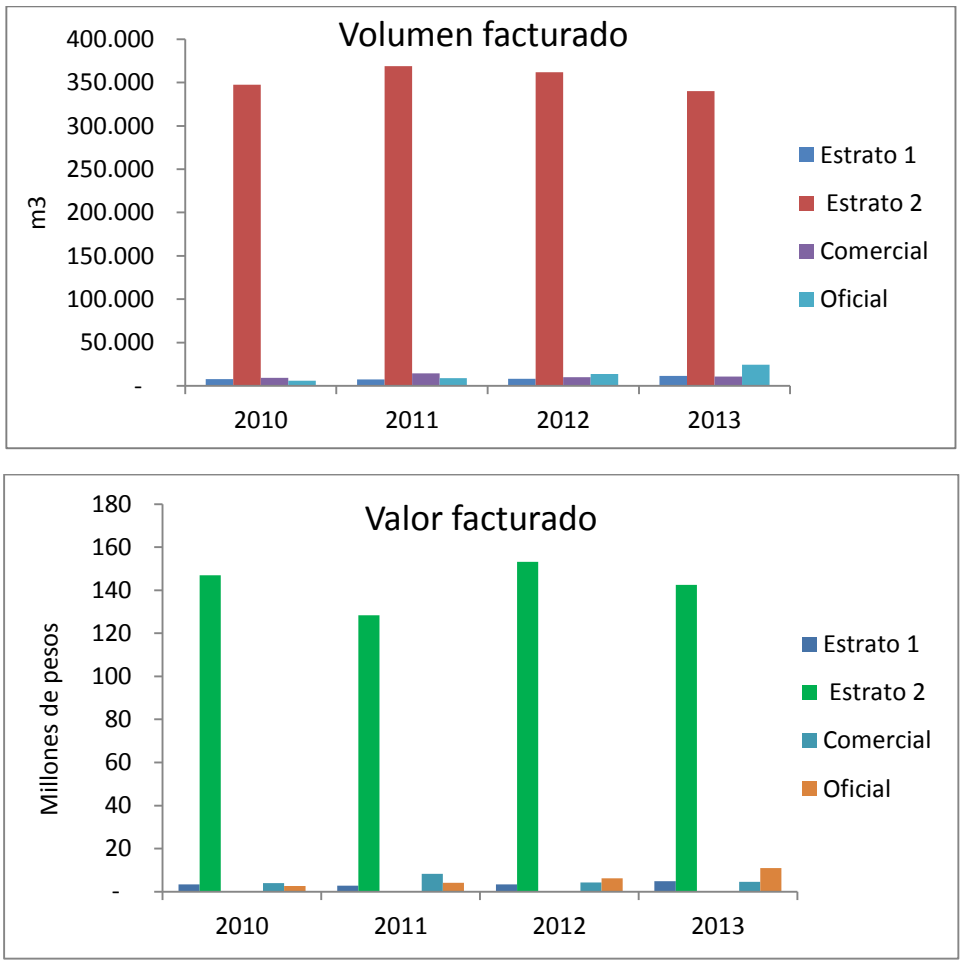
Variable	Unidad	2010	2011	2012	2013
Extracción	m^3	11.416.046	12.039.570	12.426.260	11.321.856

Volumen facturado		4.718.510	5.458.183	5.350.094	5.607.312
Agua no facturada (extracción-facturación)		6.697.536	6.581.387	7.076.166	5.714.544
Agua no facturada	%	59%	55%	57%	50%

Fuente. Elaboración propia. Basado en información SUI y registro de concesiones CORPOBOYACA

En el municipio de Aquitania igualmente el volumen de agua facturado está representado principalmente por los hogares quienes en 2013 utilizaron el 91% del total facturado por un valor de 147,3 millones de pesos de los cuales el estrato 2 es el principal como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Volumen de agua facturado Unidad de Servicios públicos de Aquitania, 2010 a 2013



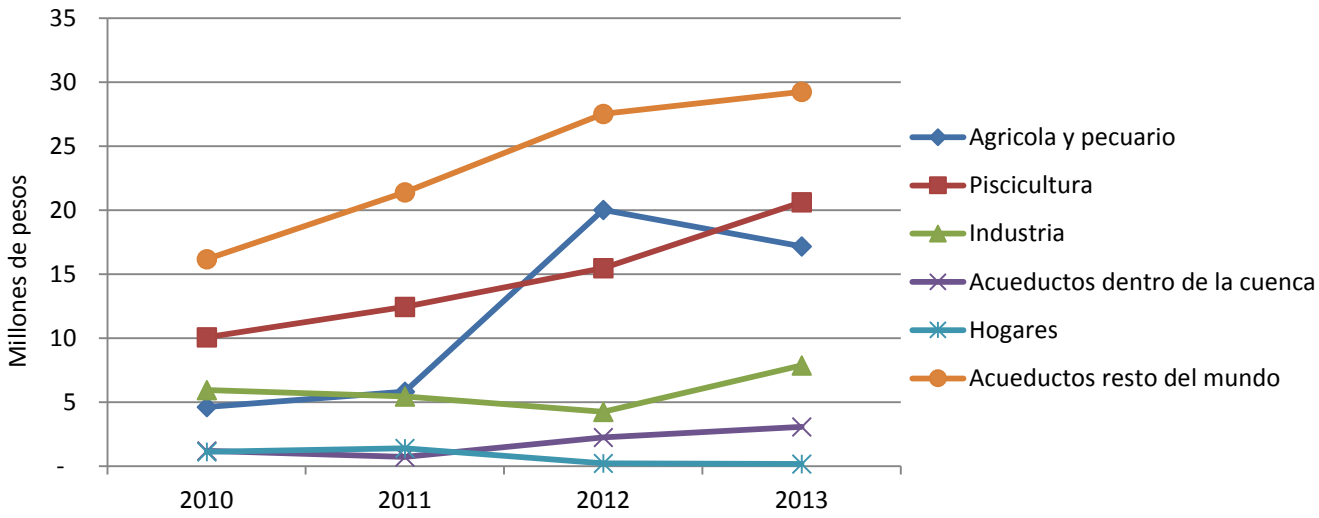
Fuente. Elaboración propia. Basado en información SUI.

Tasa por uso de agua

En la cuenca la tasa por uso del agua corresponde a aproximadamente a dos (2) pesos por metro cúbico para todo tipo de uso. Los resultados muestran una tendencia al aumento del valor total cobrado por tasa de uso para las actividades de agricultura, ganadería, piscicultura y acueductos dentro y fuera de la cuenca y una ligera disminución en el caso de la industria para el año 2012. Anualmente, el cobro total por tasa de uso aumento entre un 12% y un 48%, la actividad que representa el mayor valor dentro del total son los

acueductos de fuera de la cuenca que en promedio representan el 42% seguidos por la piscicultura con el 24%. El aumento más significativo se dio en la actividad agrícola y la ganadera las cuales pasaron de 5,8 millones en 2011 a 20 millones de pesos de en 2012 (ver figura 31), aumento que puede estar influenciado por la actualización del censo de usuarios hecho por la autoridad ambiental ya que al reglamentar mayor cantidad de usuarios se mejora el cobro de la tasa disminuyendo la ilegalidad.

Figura 31. Tasa por uso de agua cobrada, 2010 a 2013



Fuente. Elaboración propia. Basado en registro de concesiones de CORPOBOYACA

5.7.2 Cuentas Nacionales de gasto y financiación

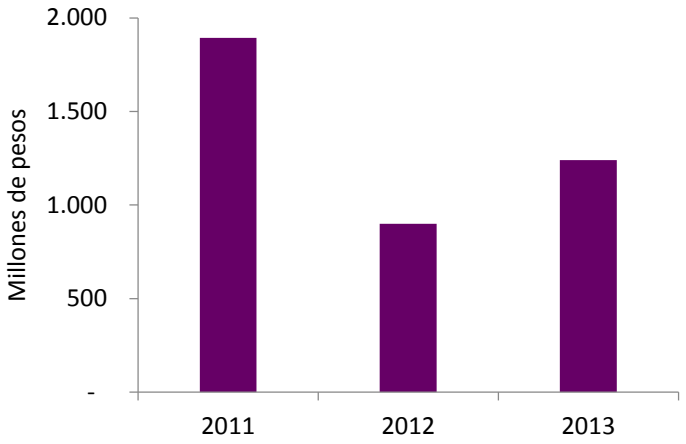
Gasto en Protección Ambiental (GPA)

Las actividades de protección ambiental son aquellas cuyo propósito primordial es la prevención, reducción y eliminación de la contaminación o de otras formas de degradación del ambiente[11].

Las actividades de gestión de aguas residuales tienen gran parte de la inversión en los tres periodos e incluyen principalmente actividades de construcción, ampliación o rehabilitación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, construcción de unidades sanitarias y de tratamiento de aguas residuales. En total, el Gasto en Protección Ambiental oscila entre los 900 y los 1800 millones de pesos en el periodo de 2011 a 2013 como se ve en la figura 32. La actividad que representó la mayor parte del GPA en 2011 y 2012 fue la gestión de aguas residuales con 74% y 88% respectivamente.

[11] DANE. Cuenta de actividades ambientales. Boletín de prensa 2013

Figura 32. Total del GPA de 2011 a 2013



Fuente. Elaboración propia basada en información del DANE.

Cuadro 33. Gasto en Protección Ambiental por finalidad. Millones de pesos.

Actividad de protección ambiental	2011		2012		2013	
	Inversión	**%**	**Inversión**	**%**	**Inversión**	**%**
Protección del suelo, aguas subterráneas y superficiales	524,2	28%	331,9	37%	933,1	75%
Gestión de aguas residuales	1.200,7	63%	534,2	59%	284,0	23%
Gestión de residuos	167,6	9%	4,9	1%	8,5	1%
Capacitación ambiental		0%	12,5	1%		0%
Gestión Ambiental		0%	15,6	2%	15,0	1%
Total	**1.892,5**	**100%**	**899,2**	**100%**	**1.240,6**	**100%**

Fuente. Elaboración propia basada en información del DANE

6 CONSIDERACIONES FINALES

Qué significan para la Cuenca y para la cuenta del agua tener los cálculos económicos

Según la literatura el Lago de Tota es un ecosistema amenazado por la presión que las actividades económicas ejercen sobre el recurso hídrico. La producción del cultivo de cebolla larga y uso de los fungicidas contaminan las aguas de la cuenca. La explotación de la Siderúrgica de Paz del Rio, si bien no se hace dentro de la cuenca si extrae el agua del lago en proporciones muy altas en relación con el uso que se hace al interior. Se une a esto, el proceso de deforestación de la parte alta de la cuenca.

Los problemas del lago no se pueden ver de manera aislada y si bien existe un plan de ordenamiento de cuenca se necesita una mayor fuerza para la gestión.

Ambientalmente, el Lago de Tota tiene una gran dinámica reguladora. Sin embargo, necesita soluciones para evitar su eutrofización. Esta solución pasa por el control de las actividades económicas. El riesgo ambiental es que se pueden agotar 12 especies de aves endémicas y se puede perder un hábitat para 14 especies migratorias. Si se pierde la capacidad ambiental que tiene la cuenca, se pierde un sector que contribuye a la generación de valor agregado para la región. La piscicultura y el uso de agua para el riego de los cultivos de cebolla y papa no serían posibles. Tampoco sería posible abastecer los acueductos de los municipios de la cuenca y el turismo perdería su dinámica.

Con este contexto, el cálculo de las cuentas económicas de la Cuenca permite reconocer el estado del valor de la producción. Cuando se compara el proceso ambiental, es decir, la presión sobre el uso de agua y la presión sobre la calidad del recurso en la cuenca con el valor de la producción, puede dar una magnitud del estado real de la relación entre la economía y el ambiente. Seguramente en este caso, puede evidenciar algunas líneas de trabajo en la política pública regional.

Este primer ejercicio empieza a llenar un vacío de información que es necesario continuar para precisar aún más el comportamiento económico y ambiental con relación al agua de la Cuenca del lago de Tota.

La participación de las entidades regionales estatales es definitiva en este proceso de análisis y de definición de política pública. De acuerdo con la literatura consultada, los sectores económicos están dispuestos a trabajar en la ejecución del plan de ordenamiento de la cuenca, sin embargo, sienten que falta el liderazgo de la corporación y de la gobernación. Lo cierto es que el proceso de degradación de los recursos de la cuenca persiste y en particular el agua es uno de los más afectados tanto en cantidad como en calidad.

De los resultados específicos de la cuenta del agua

- La agricultura representa un alto valor económico y social para la cuenca, además es altamente dependiente de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad. Así lo evidencian los resultados que muestran a esta actividad con la mayor producción económica dentro de la cuenca y como uno de los mayores usuarios del agua. Por tal razón, fomentar la investigación y el desarrollo de estrategias de producción sostenible es un proceso importante para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y la producción de los cultivos en el tiempo.

- El agua de la cuenca del Lago de Tota representa un valor importante para la producción de las actividades y el consumo humano. Sin embargo, se observa que el valor pagado por la tasa de uso

es de 2 pesos por metro cúbico para todo tipo de uso, el cual parece bajo teniendo en cuenta la contribución económica que el agua genera a la región.

- De los usuarios concesionados solamente el 2% tienen sistemas de macromedición, si bien los volúmenes medidos corresponden al 59% del total ya que los mayores consumidores de agua tiene macromedidores, existe mayor incertidumbre en el resto. Bajo estas condiciones, considerar programas de medición priorizando a los grandes consumidores es beneficioso para la cuantificación y gestión del recurso.

- En cuanto a la oferta hídrica y el activo que almacena la cuenca, las intervenciones que se han realizado con el propósito de derivar el recurso del río Olarte al lago han influenciado ampliamente el comportamiento de los niveles del lago. Así mismo, las condiciones meteorológicas en la cuenca y especialmente los episodios del Fenómeno de El Niño y La Niña han sido determinantes en las variaciones importantes del volumen almacenado.

- Teniendo en cuenta el fenómeno de variabilidad climática (El Niño), como ya se anotó este influye significativamente en la disminución del volumen de agua almacenado en el lago; sumado a este efecto, la actividad agropecuaria es altamente dependiente del agua de las precipitaciones y en época seca requiere una cantidad importante de riego lo cual significa una mayor presión sobre el cuerpo de agua. En este sentido, es importante considerar los efectos de variabilidad climática en las decisiones que se tomen sobre el recurso.

- En el ejercicio se evidenció como desde el año 2012 aumentaron considerablemente la cantidad de concesiones lo cual se presume sucedió debido a la reglamentación de uso del recurso hídrico. Este hecho, ejemplifica como los instrumentos de gestión (en este caso la reglamentación con el censo de usuarios) mejoran el conocimiento del uso del recurso que es la base fundamental para un manejo integral y eficiente. En este sentido, a través de la cuenta del agua es posible hacer seguimiento y evaluación de los resultados obtenidos a través de la implementación de estos instrumentos.

- En algunas actividades tales como la agrícola, piscícola y hoteles no existe información específica de utilización de agua y vertimiento de contaminantes para la zona de estudio. Por ejemplo, no se encontró información disponible del uso de agroquímicos utilizados en los cultivos. En este sentido, fomentar la investigación sectorial y disponer de esta información a través de un sistema disponible al público, favorece la ejecución de estadísticas que permitan conocer mejor las actividades económicas y sus interacciones con el ambiente.

- El servicio de provisión de agua por parte de las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios es otro punto relevante al analizar la información, puesto que cerca de 140.000 personas se abastecen de agua dela cuenca del Lago de Tota para consumo humano. En este sentido es importante que exista coherencia y complementariedad entre la información que tiene CORPOBOYACA y lo reportado por las empresas al SUI, puesto que en los datos analizados se encontró nivel considerable de asimetría lo que dificulta establecer con certeza la población beneficiada y el volumen de agua utilizada.

- Con el fin de mejorar el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas del agua es importante consolidar programas de caracterización de la calidad del agua que permitan determinar tendencias a través del tiempo tanto en el Lago como sus afluentes y así complementas la contabilidad del capital con las cuentas de calidad.

Del proceso de gestión de información

- Los registros administrativos constituyen la herramienta fundamental en el proceso de elaboración de las cuentas del agua. Por este motivo, es primordial que los datos sean consistentes, coherentes, oportunos y de fácil comprensión para aprovechar la información allí consignada. Por lo tanto, es importante estandarizar y normalizar las metodologías de manejo de información como la del registro de concesiones, ya que si bien la información allí consignada es muy valiosa y puede llegar a ser insumo fundamental para la generación de estadísticas, existen vacíos e inconsistencias los cuales se pueden mejorar para aprovechar adecuadamente los datos y disminuir la incertidumbre en los resultados.

- Es importante contar con información actualizada sobre la cobertura y uso de la tierra, puesto que no se tiene certeza de la distribución espacial de las actividades económicas, especialmente de la actividad agropecuaria.

- Es necesario mantener actualizada la información procedente de las estación de monitoreo de CORPOBOYACA ubicada en la cuenca, ya que actualmente no existen datos procesados y validados de dicha estación que permitan robustecer el trabajo de análisis en las cuentas de activos.

- A pesar de que existen vacíos, duplicidad e inconsistencias en la información que aumentan la incertidumbre y dificultan el trabajo. Con el ánimo de avanzar en la elaboración de estadísticas y cuentas del agua, es importante trabajar con los datos existentes identificando fortalezas y limitaciones para convertir las debilidades en posibilidades de mejoramiento.

- Con el fin de obtener un mayor beneficio de los resultados de las cuentas del agua es importante continuar con su realización y actualizar los datos periódicamente (se recomienda cada año) con el fin de obtener series de tiempo que faciliten el análisis. Con la información existente en CORPOBOYACA y estadísticas del orden nacional, es posible continuar con su realización e ir mejorando la certidumbre de los datos en la medida que se tengan fuentes más confiables.

- Para mejorar el cálculo del valor de la producción de los distritos de riego es muy importante establecer un registro adecuado de su actividad, pues siendo unas estructuras que cumplen una función prioritariamente social pues las fincas son muy pequeñas, no tienen macromedición aunque tienen una concesión. Por tal razón, no se sabe exactamente cuánta agua usan y tampoco se conoce con exactitud el valor de sus costos administrativos y del servicio que prestan a los usuarios.

- En el sector piscícola se encuentra información en el sector y sus gremios y muy poca a través de los registros oficiales.

- En el sector de acueductos y alcantarillados se requiere recoger información de los acueductos veredales y mejorar la información de costos de los acueductos urbanos pequeños.

- En general, se requiere conocer mucho más las fuentes y acercarse a los agentes locales para entender sus dinámicas de producción y de uso de los recursos para obtener una visión más concreta al respecto.

Del proceso a nivel institucional

- En la elaboración de la cuenta intervienen diversidad de actores, por lo tanto la coordinación interinstitucional, el trabajo colaborativo y estrategias de comunicación y participación efectivas son aspectos claves a considerar durante todo el proceso. En el desarrollo de este piloto el apoyo de CORPOBOYACA fue clave para el conocimiento del contexto, obtención de información específica y el logro de resultados.

- La construcción de las cuentas ambientales de manera periódica y sistemática permite obtener información sobre la sostenibilidad y compromiso ambiental de las actividades económicas que se desarrollan la cuenca. Sin embargo, para que cumplan con este fin es necesario mejorar el conocimiento sobre las relaciones entre la producción económica y el servicio de provisión del recurso hídrico, esto implica mejorar las capacidades de las entidades de orden local y en especial de CORPOBOYACA, para capturar, procesar y disponer de información ambiental y económica con el suficiente detalle, nivel de coherencia y rigurosidad que permitan desarrollar las cuentas de manera sistemática.

7 GLOSARIO[12]

Aguas del suelo: Aguas suspendidas en la capa superior del suelo o en la zona de aeración cercana a la superficie del suelo.

Aguas residuales: es el agua que ya no es requerida por su propietario o usuario. Incluye el agua descargada al alcantarillado, el agua entregada a las plantas de tratamiento de aguas residuales y el agua descargada directamente al ambiente.

Descarga: son las sustancias entregadas por las actividades económicas y los hogares a otras unidades económicas principalmente los alcantarillados. En la cuenta del agua nacional para Colombia se denomina liberaciones.

Evapotranspiración: Cantidad de agua transferida desde el suelo hacia la atmosfera por evaporación y transpiración proveniente de la vegetación.

Emisiones: son las sustancias descargadas al ambiente por las actividades económicas y los hogares como resultado de las actividades de producción y consumo.

Extracción: Cantidad de agua retirada de cualquier fuente, en forma permanente o transitoria, en un lapso dado.

Flujo afluente: Agua que discurre hacia un arroyo, lago, depósito, embalse, cuenca, acuífero, sistema de acuíferos, etcétera Incluye las corrientes afluentes desde otros territorios o países y desde otros recursos hídricos dentro del mismo territorio.

Flujo efluente: Agua que sale de un arroyo, lago, deposito, embalse, cuenca, sistema acuífero, etcétera Incluye las corrientes efluentes hacia otros territorios o países, hacia el mar y hacia otros recursos hídricos dentro del mismo territorio.

Precipitación: Volumen total de humedad atmosférica caída en forma de lluvia, nieve o granizo sobre un territorio en un lapso dado.

Retornos de agua: Agua devuelta al ambiente

Unidad económica: Unidad que realiza actividades de producción y/o consumo.

Uso final del agua: es la sumatoria de la evaporación, transpiración y el agua que es incorporada en los productos.

[12] Tomado de SCAE-MC, Naciones Unidas, 2012

8 BIBLIOGRAFIA

Acerías Paz del Rio. (2013) Informe de gestión 2013.

Acerías Paz del Rio. (2013) Informe de gestión 2013.

Alcaldía de Aquitania. (2014). Plan de desarrollo Municipal "Por el bienestar y desarrollo de Aquitania" 2012-2014.

Alcaldía de Aquitania. Esquema de Ordenamiento Territorial Aquitania- Boyacá.

Asociación hotelera y turística de Colombia COTELCO. (2014) Informe mensual indicadores hoteleros.

Asociación hotelera y turística de Colombia COTELCO. (2013) Informe mensual indicadores hoteleros.

Autoridad Nacional de Acuicultura y pesca. (2013). *Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia*. Bogotá.

Barco, O.J. y Cuartas, L.A., (1998). *Estimación de la Evaporación en Colombia*. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Bureau, D. Gunther, S. & Cho, Y. (2003). Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout reares in commercial cage culture operation in Ontario. *North American journal of aquaculture*. 65. 33-38.

Cañon, J. (2002). Balance hídrico del Lago de Tota. Maestría en Recursos Hidráulicos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.

Comisión de regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda. (2013). Nivel de pérdidas aceptable para el cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado

Corpoica, Asohofrucol. (2004). La cebolla en rama (Allium fistulosum) y su cultivo. Mosquera- Colombia.

Corpoica, (2006) Avances de resultados de investigación en cebolla en rama en Aquitania.

CORPOBOYACA, Corporación Áreas naturales protegidas. (2009) Reglamentación del uso del recurso hídrico en las microcuencas de los pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, afluentes del lago de Tota y motores eléctricos y/o otros combustibles que deriven agua del Lago de Tota.

CORPOBOYACA, (2013) Registros de concesiones

DANE. (2013). Cuenta de actividades ambientales. Boletín de prensa.

DANE. (2015) Sistema de Información de precios. Recuperado el día 08 de octubre de 2015. http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa

Departamento Nacional de Planeación DNP (2014). Conpes 3801, Manejo Integral de la cuenca hidrográfica del lago de Tota.

Departamento Nacional de Planeación DNP (2010). Conpes 3675. Política Nacional para mejorar la competitividad del sector lácteo colombiano.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). *Small-scale raibow trout farming*. Rome.

FAO. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Estudio FAO riego y drenaje Paper 56.*

FAO. Chapter 3: Crop water needs. Recuperado el día 22 de mayo de 2014, en http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e07.htm#3.3%20calculation%20of%20the%20crop%20water%20need.

Gossling, S. Peeters, P. Hall, M. Ceron JP. Dubois, Lehmann, LV. & Scott, D. (2012) Tourism and water use: supply, demand, security. An international review. *Elsevier. 33. 1-15*.

Grosell, M. Farrell, A. & Brauner, C. (2011). Fish Phisiology: *The multifunctional Gut of Fish*. United States.

Hidrogeología y Geotecnia ambiental & CORPOBOYACA. Esquema de Ordenamiento Territorial Aquitania- Boyacá.

Hidrósfera. (2012) Directrices para el ordenamiento pesquero y acuícola del Lago de Tota (Boyacá), diagnóstico de la piscicultura en el Lago de Tota.

Hidrósfera. (2012) Diagnóstico de la calidad de agua en el Lago de Tota.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua. Bogotá.

IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación Regional del Agua –ERA.

IDEAM (2014). Informe batimetría Lago de Tota.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012). Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011 y sus calendarios de siembras y cosechas. Bogotá. D.C.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2013). Evaluaciones agropecuarias.

Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Ministry of agriculture, food and rural affairs. (2009). Soil Fertility and Nutrient Use: Manure Management. Recuperado el 10 de Junio de 2015 en http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/index.html#field

Naciones Unidas. (2013). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el Agua SCAE-Agua. Nueva York.

Naciones Unidas (2012). Recomendaciones internacionales para estadísticas del agua. Nueva York.

Pontificia Universidad Javeriana. (2005). Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca del Lago de Tota.

Rojas, J. (2014). Valoración económica del Lago de Tota por sectores.

Sistema Único de información (SUI). www. sui.gov.co

Tobos, JC. (2009). Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Aquitania, Informe final.

Ucros Fajardo, Juan Carlos. (2009) Propuesta para la implementación de instrumentos de política ambiental en la planta Siderúrgica de Acerías Paz del Rio.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia & Copoboyacá (2007). Estudio de crecientes y modelo de operación del Lago de Tota Aquitania-Boyacá.

United States Department of Agriculture (2003). Agricultural Phosphorus and Eutrophication.