



**Cátedra
del Agua**

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

**ESTADO DEL
RECURSO
HÍDRICO
EN ANTIOQUIA
2012 - 2015**



Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia

▪ Impulsamos, articulamos, generamos
y transferimos conocimiento ▪



ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO EN ANTIOQUIA 2012 - 2015

COMPILACIÓN

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia – CTA –

Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua

Un producto de conocimiento



ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO EN ANTIOQUIA 2012 -2015 COMPILACIÓN

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -

Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua

Autores:

Jorge Andrés Villa Betancur - Corporación Universitaria Lasallista.
Yanneth Bibiana Daza Vargas - Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia
Juan Pablo García Montoya - Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia
Jorge Ignacio Montoya Restrepo - Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia
Carlos Augusto Benjumea Hoyos - Universidad Católica de Oriente.
María Isabel Marín Cerón - Universidad Eafit
Juan Fernando Barros Martínez - Universidad EIA
María del Pilar Arroyave Maya - Universidad EIA
Martha Isabel Posada Posada - Universidad EIA
Andrés Felipe Marín Muñoz - Universidad EIA
Andrés Felipe Echandía Arbeláez - Universidad EIA
Jordi Morato Farreras - Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech

Comité editorial Cátedra del Agua:

Janeth Barco Mejía
Juan Camilo Múnera Estrada
José Lino Jurado Montaña
Juan Fernando Barros Martínez
María del Pilar Arroyave Maya
Álvaro Wills Toro

Compilación y edición

Janet Barco Mejía
María Fernanda Monsalve Gómez
Juan Camilo Múnera Estrada
Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia

Diseño y diagramación

Jonathan Estepa Hernández

Fotografías portada y contraportada

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia

Cítese como: Benjumea Hoyos, et. al. (2017) Estado del recurso hídrico en Antioquia 2012 -2015.
Compilación. Medellín, Colombia: CTA.

ISBN: 978-958-8470-42-9

Primera edición
Medellín, 2017

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total de esta publicación
sin la autorización expresa del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -.
Para la reproducción parcial debe citarse la fuente.

TABLEA DE CONTENIDO

		PÁGINA
		PRESENTACIÓN 3
		INTRODUCCIÓN 4
CAPÍTULO 1	CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA	INTRODUCCIÓN 6
		1. METODOLOGÍA 7
		2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 7
		3. CUENCA RÍO PORCE 9
		3.1 Tramo 1: Río Aburrá – Medellín 11
		3.2 Tramo 2: Incluye Ríos Grande, Porce Medio y Guadalupe 17
		3.2.1 Río Grande y río Guadalupe 17
		3.3 Tramo 3: Incluye Porce Medio – Bajo, Porce Bajo Y Río Mata 20
		4. CUENCA RÍO NARE 21
		5. CUENCA RÍO LEÓN 30
		6. CONCLUSIONES 33
		7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35
CAPÍTULO 2	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	INTRODUCCIÓN 38
		1. METODOLOGÍA 38
		2. MARCO CONCEPTUAL 39
		2.1 Normativa asociada a los servicios ecosistémicos 41
		2.2 Herramientas de pago por servicios ambientales 42
		2.3 Servicios ecosistémicos de los humedales 45
		3. RESULTADOS 47
		3.1 Cuenca del río Porce 48
		3.2 Cuenca del río Nare 55
		3.3 Cuenca del río León 58
		4. CONCLUSIONES 59
		5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60
CAPÍTULO 3	CRECIDAS, TORRENTES Y ASENTAMIENTOS HUMANOS	INTRODUCCIÓN 66
		1. METODOLOGÍA 66
		2. ESTADO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA 68
		2.1 Registro general de desastres asociados con eventos hidrológicos en Antioquia 70
		2.2 Distribución espacial de los registros de desastres para cada tipo de evento 76
		2.3 Estaciones disponibles en Antioquia 82
		2.4 Planes de manejo y gestión del riesgo disponibles en Antioquia 85
		2.5 Índice Oni-Enso 88
		3. ESTADO EN LA CUENCA DEL RÍO LEÓN 90
		4. ESTADO EN LA CUENCA DEL RÍO NARE 94
		5. ESTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PORCE 99

		6. PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE ELEMENTOS CLAVE PARA LA GESTIÓN Y MANEJO DEL RIESGO POR EVENTOS HIDROLÓGICO EXTREMOS	105
		6.1 Análisis de desastres asociados a eventos hidrológicos para cada cuenca	107
		7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
		8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
CAPÍTULO	ANÁLISIS DEL USO DEL SUELO Y REPORTES DE DESASTRES AMBIENTALES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS LEÓN, NARE Y PORCE COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTION INTEGRADA DE LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO		
4		INTRODUCCIÓN	114
		1. METODOLOGÍA	115
		2. RESULTADOS	117
		2.1 Cuenca del río Porce	117
		2.2 Cuenca del río León	119
		2.3 Cuenca del río Nare	120
		3. DISCUSIÓN	122
		4. CONCLUSIONES	124
		5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
CAPÍTULO	ESTADO DEL ARTE, PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN DE CUENCAS EN ANTIOQUIA PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO		
5		INTRODUCCIÓN	126
		1. MATERIALES Y MÉTODOS	127
		2. DATOS Y RESULTADOS	129
		2.1 Cuenca del río Porce	132
		2.2 Cuenca del río Nare	145
		2.3 Cuenca del río León	152
		3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	154
		3.1 Río Porce	155
		3.2 Río Nare	157
		3.3 Río León	158
		4. CONCLUSIONES	158
		5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160

| PRESENTACIÓN |

La Cátedra del Agua, como convenio interinstitucional que desde hace 21 años aporta conocimiento académico e investigativo al departamento y al país, enfoca sus esfuerzos cada dos años en la divulgación y en la socialización de los resultados de los estudios y las investigaciones que cada una de las instituciones signatarias desarrollan en el marco del convenio y que aportan al crecimiento social y económico a partir de la comprensión de las dinámicas del territorio y su relación con el recurso hídrico.

Esta mirada académica y científica de la importancia del recurso hídrico para las sociedades exige de las organizaciones que trabajamos en temas medioambientales un esfuerzo y un compromiso en la generación de nuevo conocimiento que aporte a la toma de mejores y más acertadas decisiones en la formulación de políticas públicas, en la promoción y fomento de iniciativas de educación ambiental y en la formación de los futuros ciudadanos que continuarán con nuestra labor.

Esta publicación muestra un ejercicio juicioso de comprensión de nuestro contexto y de la incidencia del recurso hídrico en tres cuencas consideradas de importancia estratégica para la región: Porce, Nare y León; mediante la presentación de resultados y conclusiones que aportarán, tanto a funcionarios y servidores públicos como a investigadores y a otros profesionales de las áreas de la ingeniería, herramientas para incluir en proyectos e iniciativas o como insumo para nuevos estudios e investigaciones.

SANTIAGO ECHAVARRÍA ESCOBAR

Director

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -

| INTRODUCCIÓN |

El libro Estado del recurso hídrico en Antioquia es una publicación que parte del trabajo investigativo desarrollado por algunas universidades del departamento de Antioquia que hacen parte del Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua. En el marco de este convenio se plantean diversos temas de discusión relacionados con los recursos hídricos y su incidencia sobre el medio ambiente y el estado de los ecosistemas en la región y el país. El proceso investigativo involucra el levantamiento de información actualizada, el análisis y la discusión de los resultados, desde una perspectiva multidisciplinar e interinstitucional.

El principal objetivo del libro es presentar los avances del conocimiento en el departamento en algunos temas que revisten especial importancia por su impacto socioeconómico y cultural, como un medio de difusión de esta información a la comunidad académica e institucional y como apoyo a la toma de decisiones en los procesos de planificación ambiental y ordenamiento territorial.

En esta ocasión se ha decidido estudiar el estado del recurso hídrico en tres de las principales cuencas hidrográficas de algunas subregiones Antioquia: Porce en las subregiones norte y del Valle de Aburrá; Nare en el oriente, y León en Urabá.

El libro está compuesto por cinco capítulos, cada uno recoge los resultados de investigación en torno a los siguientes temas:

- Calidad del recurso hídrico en el departamento de Antioquia.
- Servicios ecosistémicos.
- Crecidas, torrentes y asentamientos humanos.
- Análisis del uso del suelo y reportes de desastres ambientales en las cuencas de los ríos León, Nare y Porce como herramienta para la gestión integrada de la gestión del recurso hídrico.
- Estado del arte, programas de restauración de cuencas en Antioquia para la gestión del recurso hídrico.

Este libro corresponde a la quinta versión del estado del recurso hídrico en el departamento de Antioquia. La primera de ellas se presentó en 2002, la segunda en 2008, la tercera en 2010 y la cuarta en 2012. Todas ellas, incluida la actual, fueron compiladas y editadas por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, la segunda en conjunto con la Universidad de Medellín.

La actualización actual fue realizada por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, la Universidad EIA, la Universidad Eafit, la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia y la Universidad Católica de Oriente, con el apoyo de las demás instituciones signatarias del convenio interinstitucional de la Cátedra del Agua.

CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

Carlos Augusto Benjumea Hoyos.

M.Sc. Ingeniería; Docente, Universidad Católica de Oriente.

Yanneth Bibiana Daza Vargas.

Docente, Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia.

Resumen

Se presenta la actualización del estado del arte de la calidad fisicoquímica y biológica entre los años 2010 y 2014 de las cuencas Porce, Nare y León localizadas en el departamento de Antioquia. Se efectuó un análisis de información en 51 documentos desarrollados por diferentes entidades, entre ellas autoridades ambientales, universidades, consultores y otras instituciones interesadas en la gestión integral del recurso hídrico, y se consolidaron los resultados obtenidos de diversos índices de calidad del agua (ICA, ICA Global y BMWP/Col) que representan, de una manera ágil, el estado fisicoquímico y biológico de algunos tramos de las cuencas de interés.

Palabras clave: calidad del agua, índice de calidad, cuenca Porce, cuenca Nare, cuenca León, recurso hídrico.

| INTRODUCCIÓN |

El agua es considerada como el líquido vital prioritario y es necesario disponer de un abastecimiento seguro de este para el desarrollo de diversos usos llevados a cabo en las cuencas. En cada una de las cuencas de estudio se alberga una serie de actividades económicas y sociales que requieren del uso intensivo del agua para su desarrollo lo que genera tensiones sociales en su interior y obliga a profundizar en el conocimiento de la situación actual para aprovechar de forma más eficiente y sostenible la riqueza natural de la cuenca (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -, 2013).

Para conocer el grado de calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, es necesario realizar caracterizaciones de diferentes variables fisicoquímicas y biológicas que son, por sí mismas, indicadores claves de calidad o que contribuyen a determinar índices integradores de calidad de agua (ICA).

En el presente estudio se planteó realizar un acercamiento a la calidad del recurso hídrico en Antioquia, más precisamente a las cuencas de los ríos Porce, Nare y León, mediante el análisis de la información existente en diferentes centros de consulta: universidades, corporaciones autónomas regionales, centros de documentación, etc. Este análisis se enfocó principalmente en la calidad del agua en términos de diferentes parámetros fisicoquímicos, biológicos e índices de calidad que dan cuenta del estado del recurso hídrico superficial en Antioquia con mayor énfasis en las cuencas mencionadas. Esta información se obtuvo de diferentes estudios o proyectos desarrollados por las entidades antes descritas que generosamente compartieron sus resultados para el análisis y la divulgación de este estudio.

Para el caso de la actualización del estado del arte de la cuenca del río Porce los resultados de los indicadores de calidad de agua (ICA, ICA Global y BMWP/Col) aplicados en los diferentes estudios se convirtieron en una herramienta ágil para interpretar y transmitir la información relacionada con la calidad de agua de la cuenca. En cuanto a las cuencas de los ríos Nare y León los índices de calidad del agua se enfocaron en el cumplimiento de lo propuesto sobre indicadores en la política nacional.

Los resultados aquí expuestos hacen parte del proceso de análisis que se desarrolla desde 2001 en el convenio interinstitucional Cátedra del Agua donde se promueve el macroproyecto del estado del arte de la calidad del recurso hídrico en Antioquia. La finalidad de este proceso es identificar vacíos en términos de la información existente para conocer, analizar y diagnosticar el estado de las fuentes hídricas en el departamento.

En la definición de la calidad del agua mediante el análisis de la información existente en las tres cuencas de interés se dio una mirada a los estudios desarrollados sobre el recurso hídrico superficial consolidando los aspectos más relevantes y los indicadores de calidad de agua que permiten dar cuenta del estado del recurso hídrico a nivel físico-biótico para el período 2010 -2014.

| 1. METODOLOGÍA |

Para la definición de la calidad físico - biótica del recurso hídrico en las cuencas Porce, Nare y León se continuó con la metodología implementada en los anteriores trabajos realizados en el convenio interinstitucional Catedra del Agua. Este proceso consistió en la consulta de bases de datos de las diferentes corporaciones autónomas regionales, universidades, entes de control, gobiernos locales, regionales y nacional; así como estudios específicos contenidos en la red de bibliotecas del departamento, informes nacionales pertinentes y trabajos de ONG que consolidan información estadística en torno al estado de los recursos naturales, en especial lo concerniente a temas de calidad fisicoquímica del recurso hídrico. Una vez realizada esta primera etapa se procedió con el análisis de la información recopilada para establecer de una forma general el estado del recurso a nivel de sus características físico - bióticas, de esta manera se pudieron identificar las brechas de información en cuanto a la existencia o accesibilidad en esta temática en particular.

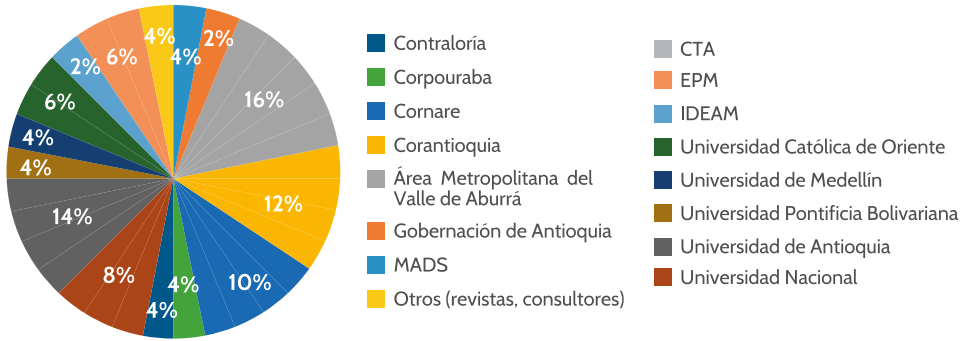
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA |

Se partió de la identificación de los principales estudios asociados con la gestión integral del recurso hídrico para las cuencas de los ríos Porce, Nare y León haciendo énfasis en los documentos relacionados con su calidad de agua. En tal sentido, se visitaron centros de documentación y se indagó en bases de datos virtuales para la compilación de la información pertinente. Fue clave contar con la cooperación de diferentes entidades como autoridades ambientales (corporaciones autónomas) o generadores de nuevo conocimiento (universidades y consultores) que suministraron la información de manera directa. La Tabla 1 presenta un comparativo entre las diferentes entidades consultadas para los trabajos realizados entre 2005 - 2009 y la presente revisión 2010 - 2014. En la Figura 1 se puede observar la representación porcentual de la información analizada, discriminada por entidad.

Tabla 1. Entidades consultadas y número de referencias.

ENTIDAD	REFERENCIAS EN LAS BASES DE DATOS 2005 - 2009	REFERENCIAS EN LAS BASES DE DATOS 2010 - 2014
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	1	2
Gobernación de Antioquia	1	1
Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4	8
Corantioquia	9	6
Cornare	2	5
Corpouraba		2
Contraloría General de la Nación	1	2
Universidad Nacional	3	4
Universidad de Antioquia	4	7
Universidad Pontificia Bolivariana	2	2
Universidad de Medellín	2	2
Universidad Católica de Oriente		3
IDEAM	1	1
Empresas Públicas de Medellín - EPM-	2	3
Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia	1	1
Otros (revistas y consultores)	1	2
TOTAL REGISTROS	34	51

Figura 1. Información discriminada por entidad.



| 3. CUENCA RÍO PORCE |

La cuenca del río Porce tiene un área de 5248 km² y se encuentra localizada en el departamento de Antioquia sobre la cordillera Central colombiana. El nacimiento de su cauce principal está definido por el río Aburrá que nace en el alto de San Miguel en el municipio de Caldas; atraviesa diez municipios y se une al río Grande en Puente Gabino donde cambia de nombre a río Porce que, tras un recorrido total de 252 km, vierte sus aguas en el río Nechí en el municipio de Zaragoza. La topografía de la cuenca es irregular y pendiente con altitudes que van desde los 80 a los 3340 m s. n. m. (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -, 2013). En esta cuenca se aloja la mayor área urbana del departamento que concentra un porcentaje mayoritario de la población y de la actividad económica. En su tramo medio el río Porce es objeto de los aprovechamientos hidroeléctricos Porce II y Porce III. Este hecho evidencia las presiones extraordinarias que históricamente han afectado la calidad del agua en la cuenca.

La información de calidad de agua en esta cuenca ha sido generada, en su mayoría, por las autoridades ambientales, con un total de 17 informes para el período 2010 – 2014, producto de convenios con universidades y consultores. Lo anterior fundamentado en las funciones de control y de vigilancia que deben adelantar las corporaciones ambientales para la protección y la conservación de los recursos naturales. Sobresale dentro de los estudios consultados «La red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá - Medellín en jurisdicción del Área Metropolitana (Red Río)» diseñada desde el 2003 por el Área Metropolitana del Valle

de Aburrá y ejecutada por las universidades de Antioquia, Nacional de Colombia sede Medellín, Pontificia Bolivariana y de Medellín.

Hasta 2009 Red Río se enfocó en el componente de agua superficial, pero en la búsqueda de una visión integral del recurso se incorporó en 2010 el componente de agua subterránea con el seguimiento al acuífero del Valle de Aburrá. Dicha red operó de acuerdo con los lineamientos establecidos en el protocolo de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas del IDEAM (2004), realizando mediciones de parámetros de calidad y de cantidad de agua según las frecuencias establecidas en el diseño de la red. A partir de la puesta en marcha de la red de monitoreo se contó con una herramienta clave en la gestión integral del recurso hídrico siendo un gran acierto que la autoridad ambiental apoyada por las universidades locales la haya consolidado. Se dispone desde entonces de un instrumento eficaz que apoya la planificación, la administración y el seguimiento del recurso hídrico, trabajo que debería mantenerse indefinidamente y que debe ajustarse de acuerdo con los nuevos cambios y las necesidades que se presenten en el contexto (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín, 2012).

Red Río estableció el monitoreo del río Aburrá - Medellín en 19 estaciones ubicadas en las primeras fases del mencionado proyecto y que fueron objeto de medición hasta la fase III. Para la fase IV (2012 - 2014) se monitorearon ocho estaciones bajo campañas de seguimiento a los objetivos de calidad estipulados en la Resolución Metropolitana N.º 002016 de octubre de 2012 para el período 2012 - 2022. Complementario a las mediciones sobre el eje del río se cuenta con información de calidad de agua para 14 de sus quebradas afluentes.

«La formulación del plan de ordenación del recurso hídrico y diseño de un programa de monitoreo y seguimiento a la calidad de cuerpos hídricos en las cuencas de influencia del sector eléctrico en las direcciones territoriales Tahamíes y Zenufaná» contratado por Corantioquia y desarrollado por la Universidad de Antioquia durante el 2009 es otro estudio que reviste de especial relevancia dado que incorpora la definición de una red de monitoreo para los componentes atmosférico, superficial y subterráneo; además, de la caracterización de un gran número de cuerpos de agua con los parámetros y las sustancias de interés sanitario en los municipios ubicados en el norte, nordeste y Magdalena medio de Antioquia (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia - y Universidad de Antioquia, 2009); no obstante, los resultados reportados en este estudio corresponden al año 2009, por lo que se incorporarán en este estado del arte solo los resultados consolidados de los convenios con información a partir de 2010.

Un tercer documento de interés en el estado del arte de la calidad de agua en la cuenca Porce es el «Informe de monitoreo de la calidad y cantidad del recurso hídrico en las cuencas de influencia del sector eléctrico» contratado por Corantioquia y desarrollado por el Tecnológico de Antioquia durante los años 2010 y 2011 donde se monitorearon fuentes abastecedoras y receptoras de vertimientos de aguas residuales domésticas en dichas cuencas con mediciones de diferentes variables fisicoquímicas y la determinación de índices de calidad de agua.

Igualmente, se contó con un estudio reciente de la «Evaluación de la huella hídrica en la cuenca Porce» para cinco sectores prioritarios: agropecuario, industrial, doméstico, generación de energía hidroeléctrica y minería. Este proyecto representó un avance en cuanto al estado del arte de la huella hídrica luego de ser desarrollado bajo un enfoque de trabajo participativo que incorporó a los tomadores de decisiones de la cuenca tanto en el desarrollo operativo como en el diseño y en la formulación de estrategias de reducción de la huella hídrica. El indicador de la huella hídrica es una herramienta que apoya otros indicadores diseñados para la gestión integral de los recursos hídricos en los contextos local y nacional (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -, 2013).

En los estudios consultados se presentaron diferentes indicadores que dan cuenta del estado de la calidad del agua como lo son el índice de calidad del agua - ICA-, el índice de calidad general en corrientes superficiales -ICACOSU-, y el índice de calidad global - ICA Global-. Paralelamente, se presentaron algunos resultados de variables importantes tales como el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, pH, entre otros, de interés sanitario y ambiental. *Con los datos presentados en estos índices y en el análisis de la información disponible aunque no se puede determinar ciertamente el estado de la calidad del agua por su heterogeneidad si permite esbozar de manera general el estado de la calidad de algunas fuentes hídricas de Antioquia (CTA, 2013).*

| 3.1 Tramo 1: río Aburrá - Medellín |

Comprendido desde el nacimiento del río Aburrá hasta su confluencia con el río Grande a la altura de Puente Gabino (aproximadamente a los 105 km), área donde se ubica la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá con una población de más de tres millones de habitantes. En este tramo, aproximadamente hasta los 81 km sitio conocido como Papelsa en el municipio de Barbosa, tanto el río como sus afluentes son principalmente usados como cuerpos receptores del vertimiento de las aguas residuales generadas en los procesos antrópicos desarrollados en la cuenca, teniendo

una incidencia importante el sector doméstico por el aporte de DBO5 (demanda biológica de oxígeno).

Para conocer el estado de la calidad del agua en la cuenca del río Aburrá – Medellín se recopiló y analizó la información de indicadores calculados a través de la «Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica en jurisdicción del Área Metropolitana fase IV – Red Río» desarrollada entre los años 2012 y 2014. Los indicadores calculados en Red Río fueron el ICACOSU y el ICA Global: el primero, ICACOSU, corresponde a un ICA formulado por el IDEAM utilizado como herramienta de seguimiento al recurso hídrico en consonancia con la Política Nacional del Recurso Hídrico publicada en el año 2010 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; el ICA Global, por su parte, es un indicador o ecuación única que representa las condiciones globales más ajustadas para el río que considera ya el efecto del caudal (alto, medio y bajo) y define el peso o la importancia de cada variable que interviene en el cálculo o en la construcción de dicho indicador (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín, 2014)

El ICA Global cualitativo específico establecido para determinar el estado de calidad de las corrientes de agua en la cuenca del río Aburrá – Medellín presenta cinco rangos de clasificación que oscilan desde calidades buenas hasta muy malas (Tabla 2).

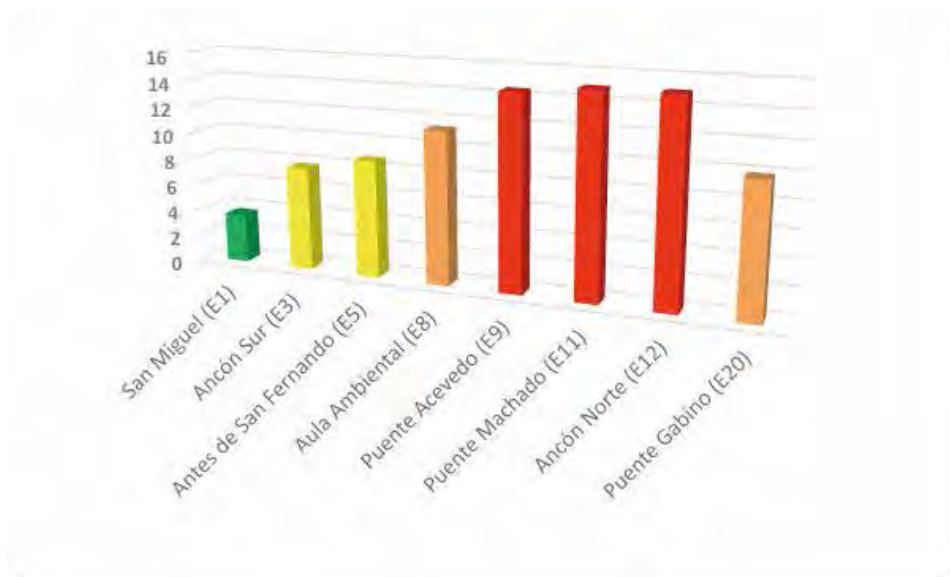
Tabla 2. Rango de clasificación ICA Global.

CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO	RANGO NUMÉRICO DE VALORES	COLOR
Buena	≤ 3	Azul
Aceptable	3.1 – 6.0	Verde
Regular	6.1 – 9.0	Amarillo
Mala	9.1 – 12.0	Naranja
Muy mala	> 12.0	Rojo

Fuente: Informe diagnóstico Red Río fase IV (2014).

Los resultados promedio del indicador de la calidad de agua global para las campañas de las fase III y IV de Red Río muestran que en términos de calidad de agua este primer tramo (río Aburrá - Medellín) presenta una gran afectación como consecuencia de los vertimientos directos que se realizan sobre la cuenca y el desarrollo de actividades como la extracción de material aluvial que genera, frecuentemente, un alto transporte de sólidos, problemática visible en las partes altas de algunas microcuencas afluentes al río como es el caso de Altavista, La Hueso y La García, por nombrar algunas.

Figura 1. Indicador de calidad de agua global para las campañas de la fase III - Red Río (2010 -2011).

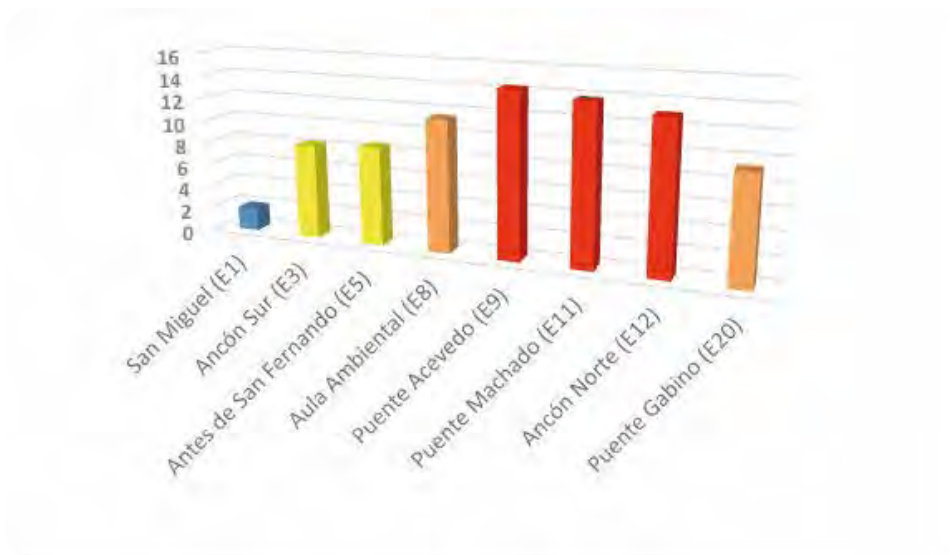


Fuente: Elaboración propia con información de Red Río fase IV (2014).

El comportamiento de la calidad obtenido en el promedio presentado en la Figura 1 y en la Figura 2 resume las valoraciones realizadas de manera individual en cada una de las campañas realizadas por Red Río (en el período comprendido entre 2010 y 2011 y desde el segundo semestre de 2012 hasta el primer semestre 2014). En su cuenca alta el río presentó una calidad de agua entre buena y aceptable (Estación San Miguel - E1-), una vez este atraviesa la zona urbanizada y canalizada exhibió una calidad de agua regular (Estación Ancón Sur - E3- y Estación Antes de San Fernando - E5 -), seguido de un notable deterioro desde la Estación Aula Ambiental - E8 - con calidad

de agua mala, pasando a las condiciones más críticas de este tramo, calidades muy malas, para las estaciones Puente Acevedo - E9 -, Puente Machado - E11 - y Ancón Norte - E12- producto de la acumulación de la contaminación desde la parte medio alta de la cuenca hasta el vertimiento de las aguas residuales de los interceptores oriental y occidental a la altura de Moravia y al ingreso de quebradas afluentes con alta carga contaminante (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín, 2014).

Figura 2. Indicador de calidad de agua global para las campañas de la fase IV.



Fuente: Elaboración propia con información de Red Río fase IV (2014)

Para la parte baja del tramo 1 de la cuenca Porce (río Aburrá - Medellín) se vislumbró una leve recuperación del río (Estación Puente Gabino - E20-) producto del ingreso de afluentes con mejores condiciones de calidad de agua y el aporte de excedentes de aguas de generación eléctrica. Esto se sumó también a los procesos de asimilación y de degradación que ocurren en el cuerpo de agua favorecidos, además, por la interacción con su canal natural (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín, 2014)

Es importante anotar que los indicadores de calidad de agua muestran tendencias y que estos pueden variar de acuerdo con los niveles de caudales presentados en los diferentes periodos evaluados como es el caso del río Aburrá – Medellín donde se ha constatado que los caudales más bajos de las cuatro fases ejecutadas por Red Río corresponden al año 2010 lo que hace que en dicho periodo se presentaran condiciones de calidad más severas.

De otra parte, los resultados de la aplicación del ICA Global en las quebradas afluentes al río Aburrá – Medellín derivados de mediciones realizadas en marzo de 2012 donde se presentaron niveles de caudales medios son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultado índice ICA global en quebradas afluentes al río Aburrá – Medellín.

ESTACIÓN	CÓDIGO ESTACIÓN	VALOR ICA GLOBAL	CLASIFICACIÓN ICA GLOBAL
Quebrada Doña María	E4	4,68	Aceptable
Quebrada La Grande	Q5	3,11	Buena
Quebrada Altavista	Q8	6,86	Aceptable
Quebrada La Hueso	Q9	10,21	Regular
Quebrada Santa Elena	Q10	10,52	Regular
Quebrada Iguaná	Q11	7,63	Regular
Quebrada La Rosa	Q12	14,27	Mala
Quebrada La Madera	Q13	12,57	Mala
Quebrada El Hato	Q14	5,93	Aceptable
Quebrada La Señorita	Q17	16,23	Muy Mala
Quebrada La Picacha	Q20	8,41	Regular
Quebrada La García	E10	10,84	Mala
Quebrada El Tábano	Q26	7,27	Regular
Quebrada El Salado	Q27	3,29	Buena

Fuente: Informe indicadores de calidad de agua Red Río fase IV (2014).

• Calidad del agua de acuerdo con indicadores de la calidad biológica

A partir del proyecto Red Río se estableció la calidad de agua del río Aburrá - Medellín bajo la determinación de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad biológica mediante el índice BMWP/Col. La Tabla 4 presenta un resumen sobre el estado de la calidad del agua en las estaciones ubicadas sobre el río Aburrá - Medellín durante los muestreos realizados en 2013: la condición de muy contaminada a fuertemente contaminada sobresale en el 33,30 % de las estaciones junto con las aguas fuertemente contaminadas (33,30 %).

En menor porcentaje siguen aquellas estaciones establecidas dentro de un rango de moderadamente contaminada a muy contaminadas con un valor de 16,60 %, mientras que las clasificadas como aguas moderadamente contaminadas les corresponde un 8,30 %. Por último, en la clasificación de buena calidad a moderadamente contaminada se encuentra la estación San Miguel (E1) con un porcentaje de 8,30 %. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín, 2014).

Tabla 4. Resumen estado de la calidad del agua según índice BMWP/Col.

CÓDIGO	ESTACIÓN	CALIDAD DEL AGUA
E1	San Miguel	De buena calidad a moderadamente contaminada
E2	Primavera	Moderadamente contaminada
E3	Ancón Sur	De moderadamente contaminada a muy contaminada
E5	Antes de San Fernando	De moderadamente contaminada a muy contaminada
E6	Después de San Fernando	De muy contaminada a fuertemente contaminada
E8	Aula ambiental	Aguas fuertemente contaminadas
E9	Puente Acevedo	Aguas fuertemente contaminadas
E11	Puente Machado	Aguas fuertemente contaminadas
E21	Niquía	De muy contaminada a fuertemente contaminada
E12	Ancón Norte	Aguas fuertemente contaminadas
E16	Papelsa	De muy contaminada a fuertemente contaminada
E20	Puente Gabino	De muy contaminada a fuertemente contaminada

Fuente: Informe diagnóstico Red Río fase IV - 2014

La calidad de agua a partir del índice biológico BMWP/Col reafirma que el tramo más crítico del río Aburrá - Medellín corresponde al comprendido entre las estaciones Puente Acevedo (E9) y Ancón Norte (E12), siendo representativo que bajo este índice se reflejan condiciones ligeramente más críticas de calidad en la mayoría de las estaciones, obedeciendo esto a situaciones que influyen negativamente en la calidad del agua y que se manifiestan a través de la dinámica espacio - temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos; algunas de las que se nombran tienen que ver con la extracción de materiales de construcción, los sustratos constituidos por lodos y arena en algunos de estos sitios y la ausencia de vegetación en las riberas que afectan el establecimiento y la permanencia de los macroinvertebrados; muros de contención, canalización y rectificación del cauce con los cuales se ha modificado la dinámica fluvial y las características del cauce son factores que inciden drásticamente en la ausencia de sitios de colonización de la biota acuática (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín, 2014).

3.2 Tramo 2: incluye ríos Grande, Porce Medio y Guadalupe

El segundo tramo incluye la cuenca de río Grande y continúa desde el punto en el que el río Aburrá cambia su nombre al de río Porce; inicia en Puente Gabino hasta la desembocadura del río Guadalupe en el río Porce. En esta zona se evidencia una clara vocación agropecuaria en un ambiente rural y aumenta la capacidad de asimilación de los contaminantes que llegan desde el Valle de Aburrá por la incorporación de un caudal importante aportado por los ríos Grande y Guadalupe; asimismo, los embalses (Río Grande I y II, Troneras y Porce II) cumplen una función de retención de determinados contaminantes que también favorece al aumento en la capacidad de asimilación de los ríos (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -, 2013).

3.2.1 Río Grande y río Guadalupe

Para el análisis de la calidad del agua en esta cuenca se tomaron en cuenta los informes reportados por el Tecnológico de Antioquia y Corantioquia correspondientes a los años 2010 y 2011. Estos son: «Monitoreo de la calidad y cantidad del recurso hídrico en las cuencas de influencia del sector eléctrico ubicadas en las territoriales de Corantioquia» y «Determinación de las condiciones de calidad y cantidad (físicoquímicas y microbiológicas) de las aguas superficiales abastecedoras y receptoras de vertimientos en las cuencas del área de influencia del sector eléctrico y calcular el ICA (índice de calidad ambiental) para cada una de ellas», donde se reportaron los resultados pertenecientes a algunos efluentes del río Grande y de este mismo en diferentes puntos; así como de algunos efluentes del río Guadalupe y otra quebradas pertenecientes a esta cuenca

La cuenca del río Grande se localiza en jurisdicción de los municipios de San Pedro de los Milagros, Belmira, Donmatías, Entreríos y Santa Rosa de Osos, y surte a los embalses Río Grande I y Río Grande II. Sus principales afluentes son las quebradas San Bernardo, Santa Bárbara, Normandía, La Muñoz, Quebradona, Del Medio, La Turura, La Bramadora, Santa Ana, El Roble, Orobajo, Puente de Arco, Santa Rita, de Los Correa, La Piedrahita, Bartola, Pan de Azúcar, Donmatías (con sus afluentes: La Cascada, Los Elegidos, Quebrada Arriba, Montañas, Iborra y Rincón Santo), La Chorrera, Haitón, Tablaza, Mocorongo (con sus afluentes: Miraflores, El Hoyo, Piedras Blancas y Santa Ana) y los ríos Chico y Chocó (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia -, 2005).

De los diferentes afluentes del río Grande se cuenta con información de calidad ambiental, ver Tabla 6, datos que fueron obtenidos de los informes antes mencionados.

Para medir la calidad del recurso hídrico se utilizó una expresión proveniente de una combinación de nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos: temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos, sólidos totales, demanda biológica de oxígeno a los cinco días, fosfatos, turbiedad y coliformes fecales, denominados **Índice de calidad del agua (ICA)**.

La calificación del ICA se determina de la ponderación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mencionados tomando los valores próximos al 1 como un índice de calidad muy mala y al 100 como excelente, asignándose un color según su calidad como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Clasificación ICA.

VALOR ÍNDICE	CLASIFICACIÓN	COLOR
0 - 25	Calidad muy mala	Rojo
26 - 50	Calidad mala	Naranja
51 - 70	Calidad media	Amarillo
71 - 90	Calidad buena	Verde
91 - 100	Calidad excelente	Azul

Fuente: Corantioquia, 2011.

En la Tabla 6 se pueden observar los resultados promedio obtenidos de acuerdo con los estudios antes mencionados para el río Grande entre los años 2010 y 2011 donde, en general según el ICA, las aguas de calidad de media a buena son afectadas principalmente por actividades ganaderas, agrícolas, pesqueras, mineras y vertimientos por asentamientos urbanos con existencia de invasión de cauces, deforestación, falta de cobertura de alcantarillados municipales y de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Figura 6. ICA para diferentes efluentes del río Grande.

CORRIENTE	MUNICIPIO	TIPO	2010	2011
			ICA CALIDAD	ICA CALIDAD
Quebrada La Bramadora	Santa Rosa de Osos	Receptora (antes del casco urbano)	57,49 Media	67,57 Media
		Receptora (después del casco urbano)	- -	65,54 Media
Quebrada La Piedrahíta	Santa Rosa de Osos	Abastecedora	- -	75,56 Buena
Río Chico	Belmira	Receptora (antes del casco urbano)	59,71 Media	77,26 Buena
		Receptora (después del casco urbano)	49,76 Mala	73,98 Buena
Río Grande	Entrerriós	Receptora	- -	62,55 Media
Río Grande	Santa Rosa de Osos	Receptora (antes del casco urbano)	63,52 Media	71,17 Buena
		Receptora (después del casco urbano)	- -	71,61 Buena
Río Grande Donmatías	Donmatías	Receptora	62,57 Media	65,52 Buena

Fuente: Elaboración propia con información tomada de Corantioquia 2010 y 2011.

En la Tabla 7 para diferentes afluentes del río Guadalupe se observa, en general, aguas, según el ICA, de buena calidad con algunas afectaciones por causa de vertimientos de residuos provenientes de los cascos urbanos y que debido a las actividades agrícolas y pecuarias no cuentan con un adecuado tratamiento.

Figura 7. ICA para diferentes afluentes del río Guadalupe.

CORRIENTE	MUNICIPIO	TIPO	ICA CALIDAD	ICA CALIDAD
Quebrada Las Cruces	Santa Rosa de Osos	Abastecedora	75,18	Buena
		Receptora (antes del casco urbano)	74,94	Buena
		Receptora (después del casco urbano)	74,94	Buena
Quebrada Santa Gertrudis	Guadalupe	Abastecedora	83,83	Buena
Quebrada San Rafael	Gómez Plata	Abastecedora	83,81	Buena
Quebrada Hojas Anchas	Gómez Plata	Receptora	76,66	Buena
		Receptora (después del casco urbano)	73,95	Buena
Río Guadalupe	Guadalupe	Receptora	73,65	Buena
Quebrada Salto de los chorros	Guadalupe	Receptora (antes del casco urbano)	78,69	Buena
		Receptora (después del casco urbano)	61,94	media
Quebrada Sacatín	Carolina del Príncipe	Abastecedora	82,68	Buena

Fuente: Elaboración propia con información tomada de Corantioquia 2011.

3.3 Tramo 3: incluye Porce medio - bajo, Porce bajo y río Mata

Este tramo comprendido entre el complejo hidroeléctrico de Porce III y el punto de descarga del río Porce en el río Nechí corresponde a un área que tradicionalmente combina sectores como el hidroeléctrico, el agropecuario y el minero. Este último ha tomado mayor fuerza en años recientes ya que los precios internacionales del oro crearon un auge en la explotación convirtiendo este territorio en un importante productor de oro en Colombia que genera, por consiguiente, un alto impacto sobre el recurso hídrico por el desarrollo de esta actividad. La calidad del río Porce en este tramo mejora radicalmente en comparación con el río Aburrá, ya que se mantienen las condiciones de asimilación mencionadas a partir del tramo 2. El uso del agua en este punto está asociado a la actividad agropecuaria en especial a la ganadería bovina extensiva que junto con algunos cultivos como cacao, caña de azúcar y café representan los principales consumos de agua. En el caso del sector doméstico la densidad demográfica es baja por lo que este no es un sector crítico de consumo de agua (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -, 2013).

| 4. CUENCA RÍO NARE |

La cuenca del río Nare comprende las cuencas de los ríos Samaná Norte y Nus, además de la cuenca del río Negro. Cuenta con un área total de 5676,86 km². Su temperatura media mensual es de 19° C, su régimen de lluvias es bimodal y la precipitación media anual es de 3137 mm. Esta cuenca hace parte de la jurisdicción de Cornare y se encuentra ubicada en el suroriente del departamento de Antioquia. Dentro de la cuenca del río Nare la cuenca del río Negro es de especial atención, pues es la que concentra el mayor número de población e industrias de la región.

Para la cuenca del río Nare el estudio se centró en la información recolectada por la autoridad ambiental en su labor de monitoreo y de control y de esta manera se encontró que este río se tiene 21 estaciones dentro del plan de monitoreo de calidad del agua; estos sitios de control cuentan con estaciones ubicadas en los principales afluentes y en la parte alta, media y baja de la cuenca. Dentro de las principales fuentes hídricas de menor tamaño y que aportan sus agua al río Negro se tienen: quebrada La Mosca, quebrada Chachafruto, quebrada La Cimarrona, quebrada La Marinilla y quebrada La Pereira.

Complementario a esta información también se contó con datos de calidad del agua de diferentes monitoreos en otras cuencas de jurisdicción de Cornare como es el caso de los ríos Claro Cocorná - Sur, Buey - Arma y Nare. En total, se encontraron registros desde el 2009 hasta el 2012 de la evolución de la calidad del agua mediante la evaluación de algunas variables y la cuantificación del Índice de calidad del agua (ICACOSU) propuesto por el IDEAM.

Adicionalmente, sobre la cuenca del río Nare se localizan los embalses de El Peñol - Guatapé, Playas, Punchiná y San Lorenzo que en su conjunto generan una buena parte de la energía nacional por medio de sus respectivas hidroeléctricas. Asimismo, se encuentra ubicado el embalse La Fe que provee el 33 % del agua que consume la población del Valle de Aburrá.

Un primer documento que aborda la calidad fisicoquímica del recurso hídrico en esta zona es el realizado por Cadavid, Echeverri y Gómez en 2010; este artículo trata de los índices de calidad de agua (ICA) en las cuencas de la región de Cornare para una serie de monitoreos realizados en el año 2008. En este se planteó el cálculo del ICA Global (ICAg) y se tuvieron en cuenta dos componentes: el primero se denomina ICAfa determinado por calidad fisicoquímica del agua y el segundo ILCAG establecido por el caudal. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

- $ICAg = ICAfa * 0,8 + ILCAG * 0,2$
- ICAg: índice de calidad general.
- ICAfa: índice agregado de calidad fisicoquímica,
- ILCAG: índice iótico de capacidad ambiental general (referido al caudal).

La fórmula del ICA Global solo fue aplicada en las estaciones ubicadas en la cuenca del río Negro por disponer de información de caudal, para las demás estaciones únicamente se realizó el cálculo del índice agregado de calidad fisicoquímica –ICAfa– que consta del análisis de variables como porcentaje de saturación de oxígeno (porcentaje de saturación), coliformes fecales, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), conductividad eléctrica, potencial de hidrogeniones (pH) y fósforo total.

El criterio de valoración del ICAg se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Descriptores para presentación de los aplicativos ICAg e ICAfa.

DESCRIPTORES	ÁMBITO NUMÉRICO	COLOR
Muy malo	0 - 0,25	Rojo
Malo	0,26 - 0,50	Naranja
Medio	0,51 - 0,70	Amarillo
Bueno	0,71 - 0,90	Verde
Excelente	0,91 -1,00	Azul

Dentro de los resultados más relevantes en la cuenca del río Negro durante el año 2008 se destacan la demanda bioquímica de oxígeno en las estaciones ubicadas en la cuenca donde se observaron en nueve muestreos equivalentes al 18,75 % valores de DBO5 inferiores a 3.0 mg/L, lo que evidenció agua de excelente calidad; 18 muestreos con valores que oscilaron entre 3.0 y 6.0 mg/L equivalentes a un 37,5 % clasificando las fuentes en una categoría de calidad buena con bajos contenidos de materia orgánica biodegradable; y 21 muestreos equivalentes 43,75 % con valores que oscilaron entre 6.0 y 30.0 mg/L, lo que dio cuenta de contaminación, pero con capacidad de asimilación de cargas generadas por los sectores doméstico e industrial

ubicados en las márgenes de las fuentes hídricas.

Se identificaron algunas estaciones de monitoreo con alta influencia de descargas de aguas residuales que generaron un detrimento en la capacidad de asimilación de la carga contaminante; dentro de estas se destacaron la estación San Sebastián ubicada sobre la quebrada La Pereira en el municipio de La Ceja del Tambo; en este lugar se presentaron vertimientos puntuales provenientes del área urbana del municipio con un caudal importante que no alcanzó a ser diluido por el cuerpo de agua. En el río Negro a la altura de las estaciones Puente Real, Puente Autopista, La Fresera y Río Abajo la capacidad ambiental se encontró dentro de una categoría media ya que los caudales oscilaron entre 10 y 100 m³/s.

Las estaciones Alcaravanes, Casa Mía, Charcomanso, Colte punto, Compañía Abajo, km 26, Autopista Medellín - Bogotá, La Amistad, Montenevado y Riotex los caudales se encontraron entre 1 y 10 m³/s lo que los clasificó dentro de una capacidad ambiental baja y, por último, las estaciones San Sebastián, Flor Silvestre, FAC y Bodegas cuyo caudales fueron inferiores a 1 m³/s se ubicaron dentro de las categorías de muy baja capacidad ambiental.

Además, se realizaron análisis de algunas variables fisicoquímicas y de los ICA calculados en las bases de Cornare para los años 2009, 2010, 2011 y 2012; estos registros hacen parte del programa de monitoreo, control y seguimiento del recurso hídrico bajo jurisdicción de esta corporación ambiental y cuenta con estaciones de estudio sobre el río Negro y sus principales afluentes.

Durante el 2009 el río Negro presentó un pH entre 6,7 y 7,28 unidades de pH en las estaciones ubicadas sobre el eje principal de esta corriente. El río presentó grandes cantidades de *Escherichia coli* provenientes de materia fecal y comparado con el año 2010 estos microorganismos continuaron latentes en el cuerpo de agua; no obstante, para los años 2011 y 2012 se evidenció una disminución en las concentraciones de estos microorganismos. La conductividad de esta corriente se pudo clasificar como media a baja con un rango entre 36,6 y 158 uS/cm teniendo en cuenta que la estación Alcaravanes presentó una conductividad más alta comparada con las estaciones restantes.

Se destacan los resultados de la estación Alcaravanes en cuanto al índice de calidad del agua global (ICAg) que fue malo para los años 2009 y 2010 y con una leve recuperación en 2011; no obstante, en 2012 retornaron a las condiciones iniciales. El ICAg evidencia la capacidad asimilativa o de dilución de la carga contaminante en las corrientes de interés.

Un afluente de interés sobre el río Negro es la quebrada La Cimarrona, fuente que presentó un rango de temperatura entre 17° C y 21,2° C; valores propios de zonas de alta montaña. El pH de la quebrada tiende a la neutralidad con valores que oscilaron entre un mínimo de 6,5 y un máximo de 7,6 unidades de pH. La quebrada La Cimarrona presentó, en términos generales, buena calidad del agua para las estaciones Puente Betania y Flor Silvestre; sin embargo, para la estación Coltepunto se evidenció un descenso en el índice de calidad (de bueno a medio); este resultado, en términos de la calidad del agua, se vio fuertemente influenciado por las descargas de aguas residuales domésticas e industriales que provocaron un aumento en las concentraciones de parámetros como la DQO, los sólidos totales y la turbiedad.

La quebrada La Pereira contó para todos los años de análisis (2009 - 2012) con buena calidad de agua especialmente en el tramo Divino Niño; las concentraciones de DBO fueron bajas al igual que el contenido de sales en solución cuantificadas como conductividad. El pH presentó una tendencia a la neutralidad con valores que se encontraron en un rango de 6,4 a 7 unidades de pH. En esta quebrada se destacan los resultados encontrados en el año 2009 en la estación San Sebastián donde se obtuvo un resultado de ICA malo asociado a una DBO media de 13,7 mg/L y una conductividad en un rango de 84,5 y 101,2 uS/cm; siendo bajos estos valores asociados a condiciones medias de material en solución. El oxígeno disuelto en este sector de la quebrada fue de 1,05 mg/L para el muestreo del mes de julio siendo muy bajo al igual que su porcentaje de saturación lo que tuvo una influencia directa en el resultado del índice de calidad y, por ende, en la capacidad ambiental del ecosistema acuático.

Para esta misma corriente se consultó un estudio titulado «Determinación de la demanda de oxígeno por sedimentos en la quebrada La Pereira» (García y Villegas, 2008) donde se destacó que parámetros como temperatura del agua y el pH presentaron una estabilidad en sus valores medidos tanto espacial como temporalmente y fueron similares a los registros históricos de la quebrada. La temperatura se mantuvo en el rango de 17,3° C a 18,6° C y el pH en valores cercanos a la neutralidad en el rango de 6,30 a 7,10. Los valores de oxígeno disuelto presentaron una variación espacial y temporal con valores similares en las estaciones Aguas arriba PTAR y Pontezuela en los intervalos de 2,2 mg/l a 3,5 mg/l y en la estación Puente a entrada Quirama con valores más altos en el intervalo de 3,9 mg/l a 4,2 mg/l.

Asimismo, la presencia de materia orgánica medida como DBO5 total y la DQO presentaron una variación espacial acorde a los registros históricos con variaciones

entre 6,07 a 22,6 mg/L en demanda biológica y 23,4 a 65,2 mg/L en la demanda química; resultados que pueden ser clasificados como medio bajos en términos de contaminación por materia orgánica. La Figura 3 presenta el comportamiento de los registros históricos y las mediciones realizadas en esta investigación para los parámetros oxígeno disuelto y demanda biológica de oxígeno.

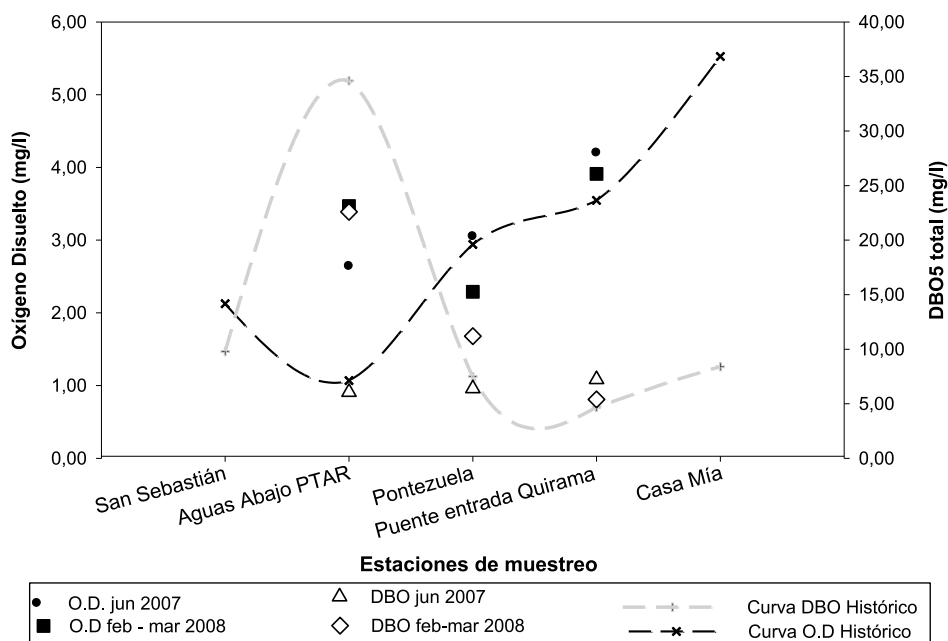


Figura 3: Variación espacial del oxígeno disuelto y DBO - valores históricos y medidos en las campañas de muestreo- (García y Villegas, 2008).

Benjumea (2014) realiza un aporte al conocimiento de la calidad del agua en la parte media y alta de la cuenca del río Negro mediante el estudio de la «Determinación de coeficientes de degradación de materia orgánica en el río Negro» donde se destacan los bajos resultados obtenidos en términos del material biológicamente degradable de los microorganismos por vía aerobia (DBO₅ y DBO última).

Los resultados obtenidos reflejan un ambiente acuático con una carga orgánica muy baja analizada como DBO. La estación con menor concentración promedio de DBO₅ fue Charco Manso (0,99 mg/L); mientras que la de mayor concentración promedio de

este mismo parámetro fue Puente Autopista con un valor de 6,08 mg/L; este comportamiento es coherente con lo observado en cuanto a la concentración de oxígeno disuelto obtenido para cada punto de monitoreo; no obstante, la estación Puente Autopista reflejó concentraciones bajas de este gas para ambos periodos de estudio con lo que se podría inferir una alta concentración en el parámetro de DBO₅, resultado que no se obtuvo mediante el análisis en laboratorio. En cuanto a los resultados entre épocas climáticas: lluviosa (abril) y seca (julio), se evidenció una leve diferencia entre ambos periodos con la tendencia a presentarse mayor concentración de DBO₅ en julio en comparación con lo obtenido en abril, hecho que va ligado a la diferencia de caudal entre ambos periodos.

Los resultados reflejan que aunque estos cuerpos de agua son influenciados por vertimientos líquidos tienen una buena capacidad de autodepuración y asimilación favorecida por la baja temperatura y los procesos de reaeración propios de los ríos de montaña. Los resultados obtenidos para la relación DBO₅/ DBO_u indican la baja presencia de material orgánico iguales o inferiores a 0,42 (42 %); estos dan una primera aproximación al coeficiente de desoxigenación o degradación K, pues al presentarse valores bajos se infiere que la velocidad de degradación tenderá a ser baja. La Figura 4 presenta el comportamiento de los perfiles longitudinales promedio obtenidos de las mediciones de DBO realizadas en laboratorio el quinto y el último día.



Figura 4: Perfiles longitudinales de DBO promedio monitoreos de abril y julio de 2013.

Esta investigación arrojó como conclusión que los rangos promedio de los coeficientes de degradación de materia orgánica oscilaron entre 0,016 y 0,085 d⁻¹ que corresponden a velocidades de degradación de corrientes superficiales con baja carga orgánica; adicionalmente, los resultados para la DBO₅ y DBO_U fueron bajos asociados a altas concentraciones de oxígenos disueltos y cercanos a la saturación de este gas.

Estos resultados de DBO contrastan ampliamente con los registros de oxígeno disuelto para esta investigación (3,2 mg/L en promedio estación Puente Autopista) y los encontrados en la base de datos histórica de Cornare para las estaciones Puente Autopista y La Fresera, promedio anual (Cornare, 2011 - 2014) de 3,8 mg/L y 3,9 mg/L, respectivamente. Estos sitios de monitoreo se encuentran en la zona de influencia de las principales descargas de aguas residuales domésticas e industriales provenientes del municipio de Rionegro; es claro que la carga orgánica cuantificada por parte de la prueba de la DBO no guarda relación con los bajos niveles de oxígeno disuelto.

Para las demás cuencas ubicadas en la región del Oriente antioqueño la información relacionada con trabajos de investigación, documentos académicos o de consultoría son escasos, el grueso de la información se encuentra en los resultados de los monitoreos que realiza Cornare como parte de su plan de control y de seguimiento sobre el recurso hídrico; además, se pueden identificar algunas características generales de la calidad del agua en estas cuencas en el trabajo realizado por Cadavid et al. (2010).

En la cuenca Buey - Arma se encuentran ubicadas las estaciones La Mayoría, Bocatoma, Río Piedras, Embalse y Sonsón con valores de ICAfa que oscilaron entre 0,75 y 0,90 para el primer semestre de 2008 y para el segundo entre 0,838 y 0,938. En la cuenca río Claro se observó un promedio de ICAfa de 0,859 y de 0,753 clasificado dentro de un rango de calidad buena y para los dos monitoreos realizados en los semestres del año 2008 clasificados en categorías de bueno y excelente. Y, finalmente, en la cuenca río Nare se analizaron las estaciones Puerto Bello, Caramanta, El Viento y Los Sirpes con valores de ICAfa que oscilaron entre 0,851 y 0,923 para el primer semestre y para el segundo entre 0,696 y 0,871, ambos con categorías de bueno y excelente. La Figura 5 presenta los resultados del índice de calidad fisicoquímica durante el 2008 para las cuencas Buey - Arma y ríos Claro y Nare.

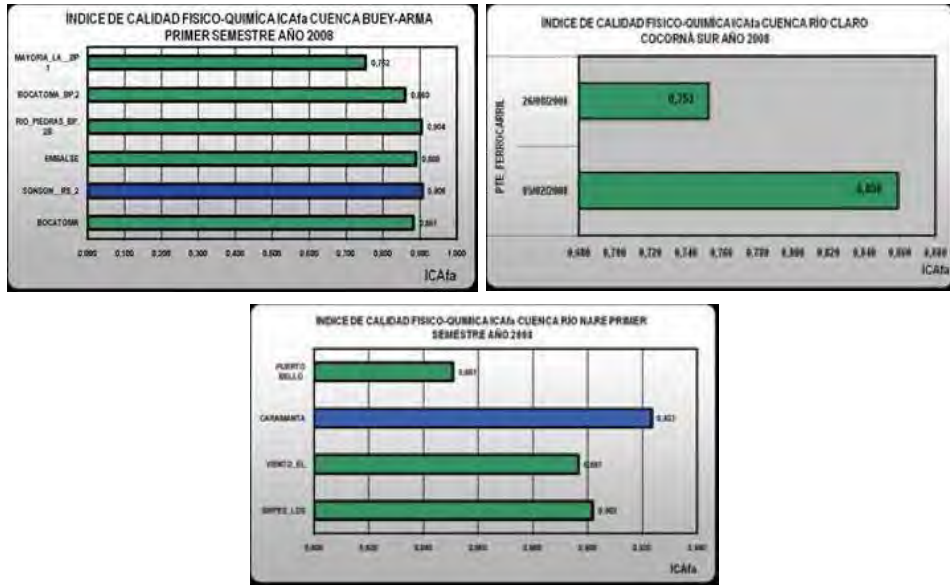


Figura 5: Resultados ICAfa cuencas Buey – Arma y ríos Claro y Nare durante el 2008.

El Oriente antioqueño, específicamente la cuenca del río Nare, tiene una especial relevancia por albergar un buen número de proyectos de aprovechamiento de la energía hidráulica para la generación de electricidad, en este sentido se analizó el trabajo «Análisis de la calidad del agua en cuencas con embalsamiento del recurso hídrico con propósitos de generación de energía» (Palacio y Chica, 2010): el embalse del Peñol - Guatapé es el receptor directo de las aguas residuales del alto Rionegro parcialmente tratadas en las plantas municipales y moderadamente transformadas en su curso inferior. El sistema hidroeléctrico constituye un sistema en cadena que soporta un proceso de transformación progresiva en la calidad del agua de las corrientes y su potencial ecosistémico, y el embalse Punchiná pertenece a la central hidroeléctrica San Carlos que está localizada en jurisdicción del municipio del mismo nombre; las aguas de este embalse provienen de los ríos San Carlos y Guatapé.

Dentro de las variables de calidad de agua analizadas está el porcentaje de saturación que se encontró por debajo de un 60 % en todos los puntos de muestreo del embalse Punchiná lo que indicó una deficiencia en las concentraciones de oxígeno disuelto. La demanda bioquímica de oxígeno fue baja lo que evidenció poca contaminación del agua y baja actividad de microorganismos; en junio se presentaron los valores más altos, probablemente por ser el mes más seco y consecuentemente menos dilución

de la poca contaminación proveniente de los afluentes. La concentración de sólidos totales (ST) en el embalse se presentó de forma muy constante, es decir, con concentraciones muy similares entre épocas y sitios de monitoreo. El pH presentó variabilidad entre estaciones y sitios de monitoreo; no obstante, estas variaciones no representaron anomalías o valores extremos que afecten el desarrollo de la vida acuática. La Figura 6 presenta el comportamiento del porcentaje de saturación, DBO, ST y pH en el embalse y zonas de influencia del mismo para el año 2008.

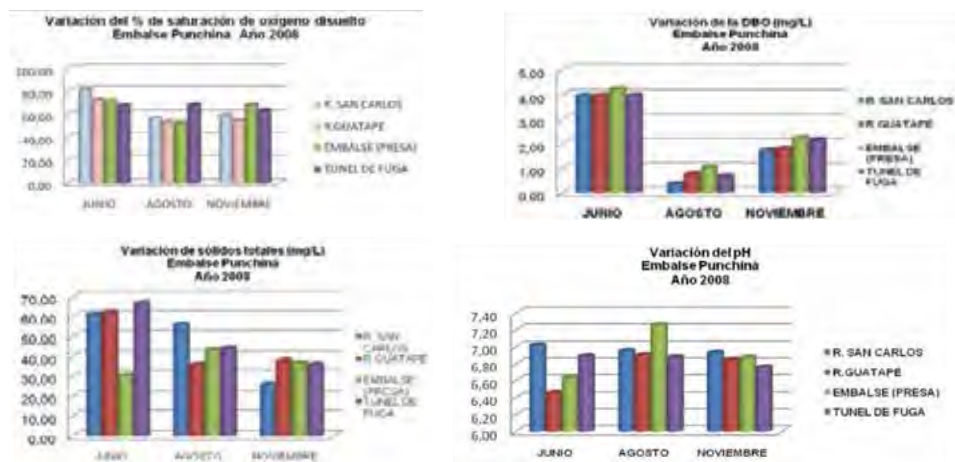


Figura 6: Variación espacio temporal del porcentaje de saturación, DBO, ST y pH en el embalse y zonas de influencia del mismo para el año 2008.

Adicionalmente, en este trabajo se estableció el índice de calidad de agua (ICA), *Water Quality Index* (WQI) desarrollado por la Fundación para la Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF, 1970). La Tabla 9 presenta los resultados de 2008 de este índice en los diferentes puntos de monitoreo asociados al embalse Punchiná.

Tabla 9. Cálculo del ICA para las diferentes estaciones de muestreo del embalse Punchiná durante 2008.

VARIABLE PARA EL CÁLCULO DEL WGI (NSF)	PORCENTAJE DE PONDERACIÓN (W)	RÍO CARLOS (ANTES DEL EMBALSE)			RÍO GUATAPÉ (ANTES DEL EMBALSE)			EMBALSE (ZONA DE PRESA)			(TÚNEL DE FUGA)		
		medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	medida / índice / valor	
% saturación de oxígeno disuelto	23 %	66	50,0	11,5	60,43	50,0	11,5	64,61	50,0	11,5	66,6	50,0	11,5
PH (unidades)	16 %	7	91,3	14,6	6,74	87,6	14,0	6,92	87,9	14,1	6,76	90,4	14,5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ⁵ mg/l)	9 %	1,1	87,4	7,9	1,3	85,5	7,7	2,51	84,1	7,6	1,45	74,1	6,7
Nitratos (NO ³ en mg/L)	12 %	0,3	97,7	11,7	0,27	97,9	11,8	0,6	96,6	11,6	0,5	96,0	11,5
Fosfato totales (PO ⁴ en mg/L)	12 %	0	99,7	12,0	0,01	98,7	11,8	0,14	92,1	11,1	0,08	86	10,4
Desviación de temperatura	10 %	0	94,5	9,5	0	94,5	9,5	0,255	94,1	9,4	-0,12	94,6	9,5
Turbiedad (UNT)	9 %	5,3	85,4	7,7	14,91	68,0	6,1	14,16	64,2	5,8	17,78	69,1	6,2
Sólidos totales (ST en mg/L)	9 %	47,7	85,5	7,7	45,33	85,4	7,7	36,8	85,5	7,7	49	84,9	7,6
TOTAL ICA Y DESCRIPTOR DE CALIDAD	100 %	82,5	BUENO		80,1	BUENO		78,7	BUENO		77,9	BUENO	

Los valores del ICA en todas las estaciones de muestreo fueron altos y superiores a 70 lo que se traduce en una clasificación buena, es decir, adecuada calidad del agua en lo que respecta a parámetros fisicoquímicos asociados al índice.

| 5. CUENCA RÍO LEÓN |

La cuenca del río León nace en la zona suroccidental de la serranía de Abibe al norte del municipio de Mutatá y desemboca en el golfo de Urabá; incluye un conjunto de cuencas entre las que se destacan las de los ríos Chigorodó, Carepa y Apartadó. En la cuenca hidrográfica del río León se asientan los principales núcleos de población de la región y por ello es el área de mayor desarrollo. Los principales afluentes de este río

se hallan en la margen derecha siendo los más importantes Villarteaga, Juradó, Cuapá, Chigorodó, Carepa, Zungo y las quebradas Polines, El Venado, Israel y Los Cedros (Departamento Nacional de Planeación, 2006).

La cuenca del río León, en el Urabá antioqueño, ha sido explotada durante décadas para el desarrollo de las industrias bananera y maderera y para la ganadería. En consecuencia, se han presentado intervenciones antrópicas (Duque y Posada, 2011). La información existente y accesible sobre la calidad fisicoquímica del recurso hídrico es escasa; para este estudio en particular se tuvo acceso a un reporte de diferentes parámetros fisicoquímicos en las zonas donde se encuentran ubicados los ríos León, Apartado, Churidó y Vijagual, la quebrada Cristalina y los ríos Carepa, Grande y Chigorodó. Esta información fue registrada por la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá - Corpouraba - durante los años 2012 y 2013 en diferentes épocas climáticas (temporadas seca y húmeda).

En términos generales las fuentes hídricas presentaron un nivel de afectación debido a la intervención antrópica de la zona (centros poblados, plantaciones bananeras, ganadería, etc.). Esto se vio reflejado en la disminución de la calidad del agua en parámetros como el oxígeno disuelto y los coliformes totales y fecales que son un claro indicador de vertimientos con una considerable carga orgánica. Dentro de la información disponible también se encontraron los resultados del ICA para cada una de las fuentes hídricas mencionadas, estos son presentados desde la Tabla 10 hasta la 13.

Tabla 10. Resultados ICA río León años 2012 y 2013.

FUENTES	SITIO DE MUESTREO	ICA	CALIDAD
2012			
	Antes de río Chigorodó	62.0	Media
	Antes de río Carepa	62.1	Media
	Antes de río Apartadó	54.1	Media
	Puerto Girón	55.5	Media
	Desembocadura	55.7	Media
RÍO LEÓN	2013		
	Antes de río Chigorodó	63.0	Media
	Antes de río Carepa	60.2	Media
	Antes de río Apartadó	60.9	Media
	Puerto Girón	55.7	Media
	Desembocadura	55.3	Media

Tabla 11. Resultados ICA río Apartadó años 2012 y 2013.

FUENTES	SITIO DE MUESTREO	ICA	CALIDAD
RÍO APARTADÓ	2012		
	Bocatoma Presea	75.0	Buena
	Antes de área urbana	72.5	Buena
	Presea	46.7	Mala
	Puebloquemao	30.6	Mala
	Después del río Churidó	47.5	Mala
	Desembocadura	61.6	Media
	2013		
	Bocatoma Presea	72.1	Buena
	Antes de área urbana	65.8	Media
	Presea	57.9	Media
	Puebloquemao	51.8	Media
	Después del río Churidó	50.4	Media
	Desembocadura	53.8	Media

Tabla 12. Resultados ICA río Chigorodó años 2012 y 2013.

FUENTES	SITIO DE MUESTREO	ICA	CALIDAD
RÍO CHIGORODÓ	2012		
	Antes de Ripea	67.4	Media
	Después de Ripea	69.7	Media
	Bocatoma Conhydra	66.3	Media
	Vertimiento alcantarillado	64.3	Media
	Desembocadura	59.2	Media
	2013		
	Antes de Ripea	67.5	Media
	Después de Ripea	65.3	Media
	Bocatoma Conhydra	65.6	Media
	Vertimiento alcantarillado	63.1	Media
Desembocadura	58.3	Media	

Tabla 13. Resultados ICA río Carepa años 2012 y 2013.

FUENTES	SITIO DE MUESTREO	ICA	CALIDAD
RÍO CAREPA	2012		
	Desembocadura Piedras	73.4	Buena
	Antes área urbana	74.4	Buena
	Después de área urbana	42.4	Mala
	Desembocadura	59.4	Media
	2013		
	Desembocadura Piedras	61.6	Media
	Antes área urbana	54.7	Media
	Después de área urbana	55.5	Media
	Desembocadura	59.9	Media

Según los resultados del índice de calidad en las fuentes hídricas de interés se aprecia como predomina el índice de calidad media, indicativo de un grado de deterioro de las fuentes en función de los parámetros fisicoquímicos evaluados. En algunos casos se evidenciaron condiciones de mala calidad lo que implica una fuerte afectación del ecosistema dando como resultado un deterioro en el soporte y en el mantenimiento de la vida acuática; además, de la restricción de su posible uso.

También cabe destacar como se presentaron algunos casos en los que la calidad tuvo buenas condiciones; sin embargo, estos resultados se asociaron a los sitios ubicados antes de los centros urbanos donde el grado de intervención posiblemente es menor, tal es el caso de los ríos Carepa y Apartadó en las estaciones denominadas «Antes de área urbana».

| 6. CONCLUSIONES |

Para la cuenca del río Porce es evidente la afectación generada en toda la cuenca en términos de calidad por causa de los vertimientos directos y de las actividades agropecuarias y mineras, siendo más significativa la contaminación en el tramo 1, río Aburrá – Medellín, que, pese al ingreso de afluentes con mejores condiciones de calidad a partir del kilómetro 81 (Papelsa – municipio de Barbosa-), condiciona la capacidad de asimilación en todo el recorrido del río (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia – CTA -, 2013).

Las condiciones de calidad de las fuentes abastecedoras monitoreadas en las cuencas de influencia del sector eléctrico exhiben una calidad de agua, en su gran mayoría,

«buena», situación que debe permanecer favorable siendo necesario continuar con una adecuada gestión del recurso en estas zonas, potenciando las medidas tendientes a la protección de los nacimientos de agua y minimizando los riesgos asociados con el desabastecimiento y la calidad del agua para el consumo humano.

En cuanto a la cuenca del río Nare se encontró buena disponibilidad y accesibilidad en información de calidad del agua; estos registros se hallaron principalmente en estudios y en monitoreos realizados por la autoridad ambiental y las universidades de la región. Los resultados analizados dieron cuenta de un grado de afectación en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua principalmente en fuentes hídricas asociadas a los grandes centros urbanos (río Negro, quebrada La Marinilla, quebrada La Pereira, entre otras), mientras que las fuentes hídricas con menor población o expansión demográfica registraron mejores condiciones de calidad fisicoquímica y microbiológica.

Para la cuenca del río León la información disponible y de fácil consecución fue escasa lo que generó limitaciones a la hora de realizar un análisis concienzudo de calidad del agua en términos de la evolución temporal y espacial de los parámetros de interés. No obstante, con los datos obtenidos se apreció una afectación en las características fisicoquímicas de los principales cuerpos de agua de la cuenca una vez son intervenidos por las descargas municipales. En algunos casos (ríos Apartadó y Carepa) se evidenció una buena calidad del recurso hídrico aguas arriba del área urbana de influencia de los ríos y para las corrientes restantes la característica predominante fue de ambientes acuáticos con media y mala calidad.

En términos generales se evidenció que en todas las cuencas estudiadas existe una amplia degradación de la calidad del agua con afectación severa de las comunidades bióticas y las posibilidades de aprovechamiento del recurso en actividades recreativas, paisajísticas, etc. En este sentido, las entidades encargadas de velar por la calidad y la disponibilidad del agua deben propender por la aplicación y la ejecución «juiciosa» de los instrumentos de gestión como planes de ordenamiento, permisos de vertimientos, sanciones, tasas retributivas, entre otros.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2012). *Resolución Metropolitana N.º 002016 «Objetivos de Calidad»*. Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Cornare, Corantioquia y Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia. (2006). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aburrá*. Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín. (2004). *Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica en jurisdicción del Área Metropolitana fase I*. Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín. (2007). *Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica en jurisdicción del Área Metropolitana fase II - Red Río*. Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín. (2012). *Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica en jurisdicción del Área Metropolitana fase III - Red Río*. Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín. (2014). *Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica en jurisdicción del Área Metropolitana fase IV - Red Río*. Medellín.

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA -. (2013). *Resumen de resultados evaluación de la huella hídrica en la cuenca del río Porce*. Medellín.

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia y Universidad de Antioquia. (2009). *Formulación del plan de ordenación del recurso hídrico y diseño de un programa de monitoreo y seguimiento a la calidad de cuerpos hídricos en las cuencas de influencia del sector eléctrico en las direcciones territoriales Tahamíes y Zenufaná*. Medellín.

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia-. (2005). *Plan de ordenación y manejo de las cuencas de los ríos Grande y Chico, jurisdicción de los municipios de Donmatías, Entrerrios, San Pedro de los Milagros, Belmira y Santa Rosa de Osos, Departamento de Antioquia*. Medellín: Corantioquia.

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia- y Consultorías y Asesorías Ambientales - HOLOS. (2009). *Formulación del plan de ordenación y manejo de las áreas de regulación hídrica, con influencia sobre los proyectos de generación hidroeléctrica Porce II - Porce III*. Medellín.

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia- y Tecnológico de Antioquia. (2011). *Informe de monitoreo de la calidad y cantidad del recurso hídrico en las cuencas de influencia del sector eléctrico*. Medellín.

CTA. (2013). *Estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia 2010 - 2012*. Medellín: Cátedra del Agua.

Estado del Arte del Recurso Hídrico en el Departamento de Antioquia 2010 -2012. (2013). *Estado del Arte del Recurso Hídrico en Antioquia*. Medellín.

Gobernación de Antioquia. (2010). *Formulación de los lineamientos de ordenación minero ambiental para los materiales de construcción en la cuenca del río Aburrá*. Medellín.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM-. (2011). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2004). *Resolución 1433*. Bogotá.

Municipio de Guadalupe. (2006). *Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos - PSMV-*. Municipio de Guadalupe (Antioquia).

Rojas, M. I. (2008). *Sostenibilidad de la explotación de los materiales de construcción en el Valle de Aburrá*. Medellín: Universidad Nacional.

Plantas acuáticas del altiplano del Oriente antioqueño, Colombia. José Andrés Posada García, Mónica Tatiana López Muñoz. Grupo de Limnología y Recursos Hídricos. Dirección de Investigación y Desarrollo. Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia. 2011

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

María del Pilar Arroyave Maya.

Ingeniera forestal, M. Sc., profesora Universidad EIA

Jorge Andrés Villa Betancur.

Ingeniero ambiental, Ph. D., profesor Corporación Universitaria Lasallista.

Martha Isabel Posada Posada

Ingeniera ambiental, M. Sc., profesora Universidad EIA

Andrés Felipe Echandía Arbeláez.

Ingeniero ambiental. Universidad EIA.

Resumen

La actualización sobre el estado de los servicios ecosistémicos de las cuencas de los ríos Porce, Nare y León del departamento de Antioquia se enfocó en el análisis de los mecanismos de financiación y en los esquemas de pago por servicios ambientales de cada cuenca de estudio y las funciones de humedales y ecosistemas sujetos a transformaciones humanas. A través de la revisión de diferentes bases de datos especializadas de publicaciones académicas, información reportada por las autoridades ambientales y normas nacionales que regulan la protección de ecosistemas naturales se identificó la oferta de servicios ecosistémicos, las áreas protegidas y los ecosistemas estratégicos de las tres cuencas; así como la cuantificación de dichos servicios y la descripción de los mecanismos normativos y económicos que propician su conservación. Las conclusiones presentadas en este artículo ofrecen una mirada sobre los principales estudios que se adelantan y la necesidad de desarrollar más investigaciones relacionadas con la cuantificación y la valoración de los servicios ecosistémicos, base para el diseño de los esquemas de pago por servicios ambientales.

Palabras claves: servicios ecosistémicos, áreas protegidas, ecosistemas estratégicos, cuantificación, valoración, pago por servicios ambientales.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los servicios ecosistémicos en una cuenca, o en una zona específica, tiene diversas aplicaciones entre las cuales se pueden resaltar las siguientes: la definición de ecosistemas estratégicos, la formulación de objetivos de conservación en los planes de manejo y en la elaboración de políticas territoriales y ambientales, el análisis de impactos de proyectos de infraestructura y la evaluación de sostenibilidad urbana.

El objetivo de este documento es analizar el estado de avance sobre los servicios ecosistémicos en cada una de las cuencas de los ríos Porce, Nare y León del departamento de Antioquia, identificar los vacíos de conocimiento en el tema y recomendar aquellos elementos que requieren mayor investigación.

En esta actualización se hace un énfasis especial en dos temas: el primero, los mecanismos de financiación y los esquemas de pago por servicios ambientales dado que los aspectos económicos se consideran de gran importancia para la conservación de los ecosistemas que prestan las funciones requeridas para la protección y la sostenibilidad del recurso hídrico; el segundo, la funciones que cumplen los humedales, ecosistemas sujetos a transformaciones significativas por parte de las actividades humanas.

1. METODOLOGÍA

El proceso metodológico consistió en la búsqueda y en el análisis de la información secundaria relacionada con los servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Porce, Nare y León. Se consultaron bases de datos especializadas de publicaciones académicas revisadas por pares y la información sobre humedales suministrada por las corporaciones autónomas regionales encargadas del manejo ambiental de dichas cuencas (Corantioquia, Cornare y Corpouraba, respectivamente), así como por el municipio de Envigado.

Para cada cuenca evaluada se reportaron los estudios relacionados con los servicios ambientales y su aplicación en los procesos de gestión de áreas protegidas y en la evaluación de la sostenibilidad ambiental y se identificaron los ecosistemas estratégicos y los esquemas o estrategias de pago por servicios ambientales. Finalmente, se presentaron las principales fortalezas y debilidades con el fin de formular proyectos que contribuyan al conocimiento de este tema.

Los principales aspectos analizados fueron los siguientes: la oferta de los servicios ecosistémicos de las cuencas mediante la identificación de las áreas protegidas y de los ecosistemas estratégicos, la cuantificación de los servicios ecosistémicos y la descripción de los mecanismos normativos y económicos para propiciar la conservación de estos servicios. En el tema de humedales se determinó el tipo de estudio evaluado en cada cuenca.

Se continuó con la base de datos anterior del macroproyecto «Servicios ecosistémicos» que incluyó los siguientes campos: título del estudio, tema específico, autor, año de publicación, sitio del estudio, biblioteca, código, tipo (artículo, tesis, ponencia, otro) y resumen.

| 2. MARCO CONCEPTUAL |

Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (MEA, 2005). Dichos servicios pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- a) Servicios de provisión: son los productos materiales obtenidos de los ecosistemas, incluyendo alimentos, agua, maderas y fibras.
- b) Servicios de regulación: son los beneficios resultantes del sostenimiento de los procesos ecosistémicos como la regulación del clima y de las inundaciones, la calidad del agua y del aire, la captura de carbono y el control de enfermedades humanas.
- c) Servicios culturales: son los beneficios no materiales provenientes de la percepción de los ecosistemas como la recreación, la belleza escénica y el enriquecimiento espiritual.
- d) Servicios de soporte: son aquellos necesarios para la producción de los demás servicios como producción primaria, formación de suelos, fotosíntesis y ciclos de nutrientes.

Los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico son principalmente de provisión de agua, de regulación climática, de conservación de suelos y de prevención de desastres (inundaciones y deslizamientos). En la tabla 1 se resumen los servicios y los indicadores de estado y de control asociados a estos.

Tabla 1. Servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico.

FUNCIÓN	DEFINICIÓN	SERVICIOS ASOCIADO	INDICADORES DE ESTADO	INDICADORES DE CONTROL
Regulación del clima	Influencia de los ecosistemas gracias a las coberturas vegetales sobre condiciones climáticas a diferentes escalas.	Salud humana. Productividad de cultivos. Identidad y eventos culturales.	Balace de gases con efecto invernadero. Captura de carbono.	Efectos sobre parámetros climáticos de la cantidad de gases efecto invernadero absorbidos.
Mitigación de efectos de eventos extremos	Capacidad de amortiguar eventos extremos como inundaciones, tormentas o sequías.		Variación del volumen de agua almacenada.	Reducción de inundaciones. Prevención de daños a la infraestructura.
Regulación del agua	El rol que cumplen las coberturas vegetales en la infiltración y en la liberación gradual del agua.	Drenaje e irrigación. Mantenimiento de caudales. Transporte fluvial.	Capacidad de retención hídrica.	Influencia del agua retenida sobre el régimen hídrico.
Protección contra la erosión	Retención del suelo por la cobertura vegetal y por aspectos estructurales como el sistema de raíces.	Mantenimiento de tierras cultivables. Prevención de daños por la erosión.	Matriz de raíces.	Cantidad de sedimentos retenidos.

Fuente: Groot (2002) citado en Camargo (2013).

Como se observa en la tabla anterior estas funciones están íntimamente relacionadas con el tipo de cobertura vegetal presente en los diferentes ecosistemas, por lo que el estudio de las interacciones entre el agua, el suelo y la vegetación sigue siendo un tema básico de investigación.

Si bien los aspectos científicos y técnicos son importantes para el entendimiento y la protección de los servicios ecosistémicos es necesario abordar otros temas de carácter normativo, económico y social dado que es la población la que, en última instancia, permitirá la sostenibilidad de estas funciones.

| 2.1 Normativa asociada a los servicios ecosistémicos |

En Colombia existen las siguientes normas encaminadas a la protección de los ecosistemas naturales:

- Decreto 2811 de 1974 por medio del cual se expide el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables.
- Ley 99 de 1993 por medio de la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente. Incluye la compra de predios para protección de nacimientos y la protección de ecosistemas estratégicos: páramos, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos.
- El Decreto 2372 de 2010 mediante el cual se crea el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- La Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012) mediante la cual se planifican, se ejecutan y se monitorean las acciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en un escenario social y territorial definido y en diferentes estados de conservación con el fin de maximizar el bienestar humano.
- Los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA) mediante los cuales se orienta la gestión del territorio y sus recursos a nivel de cuenca. Decreto 1640 de 2012.
- El Decreto 953 de 2013, promulgado por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, que tiene por objeto reglamentar el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011 con el fin de promover la conservación y la recuperación de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales mediante la adquisición y el mantenimiento de dichas áreas y la financiación de los esquemas de pago por servicios ambientales.
- El artículo 210 de la Ley 1450 de 2011 (que modifica el artículo 111 de la Ley 99 de

1993) dispone que los departamentos y los municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1 % de sus ingresos corrientes para la adquisición y el mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas. De acuerdo con este artículo se requiere reglamentar, por parte de las autoridades competentes, la definición de las áreas prioritarias que serán adquiridas con estos recursos o donde se implementarán los esquemas de pago por servicios ambientales.

- El Decreto 953 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013) define el pago por servicios ambientales asociados al recurso hídrico como el incentivo, en dinero o en especie, que las entidades territoriales podrán reconocer contractualmente a los propietarios y a los poseedores regulares de predios ubicados en las áreas de importancia estratégica, en forma transitoria, por un uso del suelo que permita la conservación o la recuperación de los ecosistemas naturales y en consecuencia la provisión o el mejoramiento de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico.

| 2.2 Herramientas de pago por servicios ambientales |

La aplicación de las normas descritas anteriormente, encaminadas a la conservación de los ecosistemas estratégicos, requiere en la mayoría de los casos de herramientas económicas que financien los proyectos diseñados para tal fin. A continuación, se describen brevemente algunas de las opciones para implementar en Colombia.

Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL): es una de las principales herramientas de mitigación del cambio climático que permite establecer proyectos que reduzcan o compensen emisiones de gases de efecto invernadero contribuyendo a reducir su cantidad en la atmósfera. El MDL es uno de los tres tipos de mecanismos de flexibilización que contempla el Protocolo de Kioto que le permite a los países miembros cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI); a cambio de las reducciones medidas, verificadas y reportadas se tienen Reducciones de Emisiones Certificadas (CER, por sus siglas en inglés) a modo de bonos que pueden ser vendidos en el mercado o deducidos de sus obligaciones internacionales.

Pago por servicios ambientales (PSA): los ecosistemas y sus servicios ambientales son la materia prima necesaria para el desarrollo socioeconómico y en este sentido su conservación y uso sostenible representa uno de los retos más importantes a los que la humanidad debe y deberá enfrentarse. La mayoría de los servicios ambientales no se comercian en los mercados y, por lo tanto, no tienen un precio, por lo que resulta difícil tomar decisiones fundamentadas desde esta perspectiva acerca de su conservación y uso sostenible. Existe la iniciativa de avanzar en la búsqueda de soluciones oportunas al deterioro ambiental de la oferta natural del planeta y una de las opciones es el diseño de metodologías para el reconocimiento, la valoración y el

pago de los beneficios que generan a la sociedad los ecosistemas y los recursos naturales (Ecovera y Ecorescurities, 2007).

En el año 2008 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial formuló una estrategia nacional de pago por servicios ambientales. Su objetivo era que el PSA «se constituyera en una herramienta eficaz para cumplir los objetivos de política ambiental y social asociados a la conservación y a la recuperación de los ecosistemas naturales» (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008). Surgió como una oportunidad para el mejoramiento de la gestión ambiental que podría ayudar a mejorar la eficiencia y la efectividad del sector ambiental teniendo en cuenta las potencialidades asociadas de involucrar a los sectores productivos en la conservación y en el uso sostenible de los ecosistemas y de sus servicios ambientales. La estrategia permitió identificar los servicios ambientales y sirvió de orientación para la propuesta de actividades para su conservación, rehabilitación, restauración y uso sostenible.

El sistema de Pago por servicios ambientales (PSA) es un mecanismo de financiación para la conservación y la restauración de ecosistemas. Consiste en una compensación económica que se paga a los propietarios de terrenos por los servicios ambientales que estos proveen, es decir, se llega a un acuerdo con el propietario a cambio de recibir el PSA y él se compromete a adoptar unos usos del suelo que, a través de la conservación y la restauración del ecosistema, aseguren la provisión de un servicio ambiental acordado.

Un criterio necesario para establecer un sistema de PSA es la definición del servicio ambiental a ser transado. Los esquemas de PSA hacen énfasis generalmente en aquellos servicios para los cuales existe una demanda de mercado, pero hay otros servicios potenciales para los que pueden surgir unas condiciones apropiadas de demanda como puede ser el caso de la formación de suelos, el control biológico, la regulación del clima, la prevención de desastres o la polinización (Wunder, 2005).

En todo mecanismo de PSA existen tres elementos: uno financiero que recolectará los recursos de los beneficiarios del servicio; uno de pago a los proveedores; y uno de operador (institución o persona, natural o jurídica) encargado de administrar los dos anteriores. Para el desarrollo de un mecanismo de PSA se debe definir, cuantificar y valorar económicamente el servicio ambiental y esto requiere de investigación científica.

El valor económico total es una medida de los beneficios derivados de la preservación del medio ambiente y está compuesto por valores de uso y de no uso. El valor de uso se desglosa en valores de uso directo, indirecto y de opción; mientras que en el valor de no uso hace referencia al de existencia. A continuación, se explica cada uno de estos (Camargo, 2013):

- Valores de uso directo: se derivan de la utilización tangible que se da a los recursos

naturales. Comprende actividades comerciales y (por ejemplo, la obtención de madera o el aprovechamiento de un caudal) no comerciales (por ejemplo, la caza de subsistencia).

- Valores de uso indirecto: determinado por la disposición a pagar que ofrece un individuo por un servicio de regulación o por uno de soporte. Se trata de la valoración de procesos espontáneos que ocurren en los ecosistemas y que no tienen un precio en el mercado pese a estar conectados a actividades de producción y de consumo. Un humedal, por ejemplo, ejerce un control sobre una inundación y las personas se benefician de ello sin entrar en contacto directo con el recurso.
- Valores de opción: disposición a pagar por la conservación de un bien o de un servicio dada la probabilidad que el individuo se convierta en un usuario en algún momento futuro. Se fundamenta en la incertidumbre que en el futuro un recurso dado ya no se encuentre disponible.
- Valores de existencia: se otorga a un recurso ambiental que no está relacionado con ningún uso sencillamente porque se valora de forma positiva su mera existencia. Puede ser entendido como un valor intrínseco al recurso.

Una iniciativa valiosa de pago por servicios ambientales muy exitosa y que fue implementada por la Corporación Autónoma Regional de las cuencas del río Negro y Nare (Cornare) se conoce como BanCO2. Esta estrategia busca promover la conservación de los ecosistemas estratégicos del país mediante el reconocimiento y la valoración de los servicios ambientales presentes en dichos ecosistemas. Trabaja bajo la compensación de huella ambiental y usa una plataforma web para vincular a personas naturales y jurídicas que compensan su huella con dinero que llega de manera directa a las familias socias con el producto Ahorro a la Mano de Bancolombia. En el Oriente antioqueño por intermedio de Cornare ya son 420 las familias vinculadas en 22 municipios y 12 mil hectáreas de bosque protegidas. Por su parte, Corpouraba asoció 60 familias de los municipios Mutatá, Apartadó, Chigorodó y Turbo (BanCO2, s. f).

Fondos del Agua

Los Fondos de Agua son un modelo de conservación a largo plazo que opera por inversiones que se concentran en un solo fondo y los recursos generados se asignan a la preservación y a la conservación de tierras esenciales cuenca arriba. Uno de los fondos de agua que opera en las cuencas de estudio es CuencaVerde. Esta corporación tiene por objeto la consecución, la administración, la gestión, la inversión, la asignación y la disposición de recursos financieros destinados a proteger, a mantener y a preservar los servicios ambientales, especialmente el agua, en las cuencas abastecedoras de los embalses que proveen de agua a los municipios del Valle de Aburrá (CuencaVerde, 2013).

La corporación CuencaVerde es una alianza entre entidades públicas y privadas convencidas de la necesidad de conservar las cuencas que proveen este recurso vital; hoy benefician a los 10 municipios que conforman este valle habitado por más de 3,5 millones de personas y también a más de 35 000 habitantes de los municipios dentro de la jurisdicción en estas cuencas entre ellos Envigado y El Retiro (embalse La Fe) y Belmira, Donmatías, Entreríos, San Pedro de los Milagros y Santa Rosa de Osos (embalse Río grande II).

Entre sus principales retos está la articulación de estrategias entre los diferentes actores públicos y privados para lograr sinergias y alcanzar mayor impacto en la conservación ambiental y el cuidado de las cuencas hídricas mediante programas que promuevan prácticas productivas sostenibles, restauración de ecosistemas, gestión y conservación del recurso hídrico y de la biodiversidad, educación, capacitación y comunicación; además, de monitoreo e investigación aplicada.

| 2.3 Servicios ecosistémicos de los humedales |

Los humedales se definen ecológicamente como aquellos ecosistemas en los que se presentan las siguientes tres condiciones: 1) inundación permanente o periódica; 2) presencia de suelos hídricos; y 3) presencia de vegetación adaptada a la inundación y a los suelos hídricos (Mitsch & Gosselink, 2007). En Colombia la definición oficial adoptada para el manejo de estos ecosistemas es aquella dada por la convención de Ramsar (Ramsar Convention Secretariat, 2006) en la que los humedales se consideran como «las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros». Además, se considera que los humedales «podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o las extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja cuando se encuentren dentro del humedal». Esta definición no se basa en los criterios de suelos y de vegetación contemplados en otras definiciones y se extiende a ecosistemas loticos (ríos o arroyos) y otros con profundidades de agua mayores a los seis metros (embalses) que no son considerados como humedales bajo otras definiciones empleadas oficialmente en países de América con grandes extensiones de humedales como los EE. UU. o Canadá (Cowardin, Carter, Golet, & LaRoe, 1979; Zoltai, 1988; National Research Council, 1995). La razón para esto es que la definición de Ramsar incluye otros hábitats utilizados por las aves en sus migraciones que fueron el foco de conservación en el momento de la firma del tratado internacional que asignó esta definición.

Los ecosistemas de humedal tienen una serie de funciones ecológicas específicas que los diferencian de otros propios de los paisajes donde estos se encuentran (Woodward & Wui, 2001; Zedler & Kercher, 2005). Estas funciones resultan de la interacción dinámica de los diferentes componentes de esos sistemas (por ejemplo: agua, suelo, plantas, animales y nutrientes) y son las que determinan los servicios

ecosistémicos de los humedales (Groot, Stuij, Finlayson & Davidson, 2006). En la tabla 2 se presenta la magnitud relativa de los servicios ofrecidos para los diferentes tipos de humedal.

Tabla 2. Magnitud relativa de los servicios ecosistémicos ofrecidos por los diferentes tipos de humedal (A=alta, M=media y B=baja).

SERVICIO ECOSISTÉMICO	TIPO DE HUMEDAL				
	Ríos y arroyos permanentes o estacionales	Lagos y embalses permanentes	Lagos estacionales/intermitentes, pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce	Pantanos y turberas (boscosos o arbustivos)	Manglares
Aprovisionamiento					
Alimento	A	A	A	A	A
Agua dulce	A	A	M	B	--
Fibra y combustible	M	M	B	M	A
Regulación					
Regulación del clima	B	A	B	A	M
Regulación del agua (flujos hidrológicos)	A	A	A	M	--
Control de la contaminación	A	M	B	M	A
Protección de la erosión	M	B	B	M	A
Control de amenazas naturales	M	A	A	M	A
Cultural					
Espiritual	A	A	M	M	B
Recreacional	A	A	M	B	B
Escénicos	A	M	B	M	B
Pedagógicos	A	B	M	M	B
Soporte					
Biodiversidad	A	A	M	M	M
Formación de suelo	A	B	M	A	M
Reciclaje de nutrientes	A	A	A	A	M

Adaptado de Groot, et. al. (2006).

| 3. RESULTADOS |

A continuación, se presentan los resultados de la consulta sobre los servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Porce, Nare y León. Para cada una de estas se identificaron las áreas protegidas, se cuantificaron los estudios por tema específico y se describen con mayor detalle las investigaciones consideradas más relevantes.

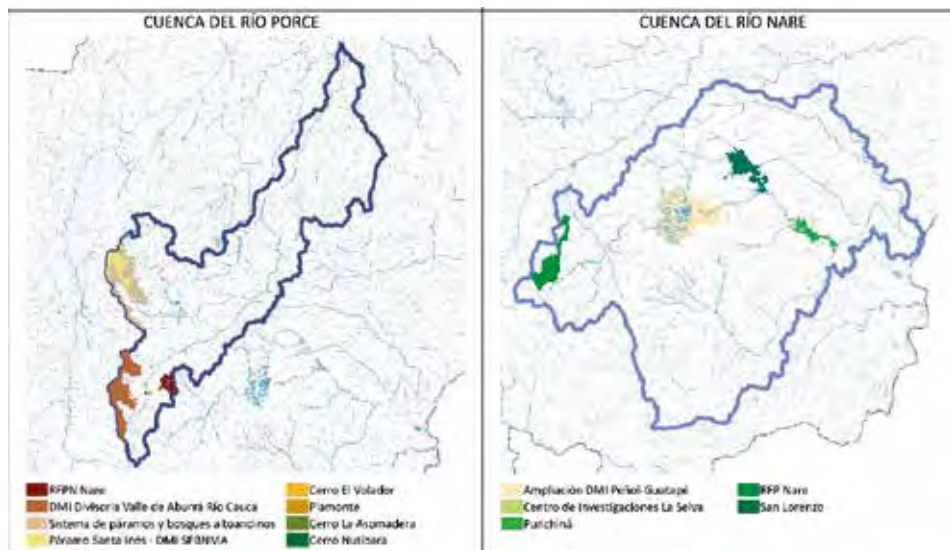
Antes de abordar cada cuenca se enumeran las categorías de áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

- Áreas protegidas públicas:
 - Sistema de parques nacionales naturales.
 - Reservas forestales protectoras.
 - Parques naturales regionales.
 - Distritos de manejo integrado.
 - Distritos de conservación de suelos.
 - Áreas de recreación.
- Áreas protegidas privadas:
 - Reservas naturales de la sociedad civil.
- Ecosistemas estratégicos:
 - Páramos, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos

En la figura 1 se ilustra la ubicación de las cuencas y de las áreas protegidas declaradas en cada una de ellas.

Figura 1: Ubicación de las cuencas y sus áreas protegidas.





3.1 Cuenca del río Porce

En la tabla 3 se reportan las áreas protegidas existentes en la cuenca del río Porce.

Tabla 3. Áreas protegidas en la cuenca del río Porce.

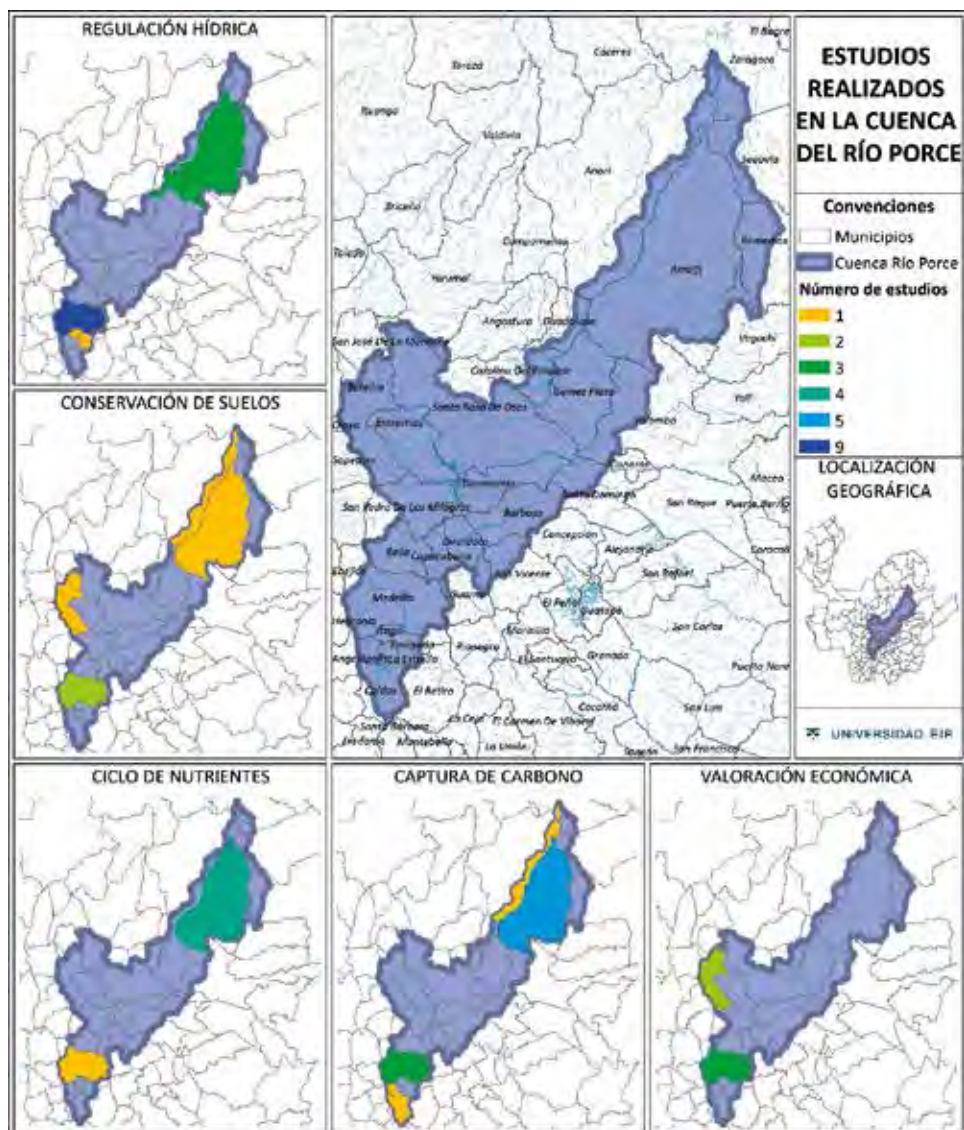
CATEGORÍA	NOMBRE
Parque natural regional	Arví
Distrito de manejo integrado	Ladera occidental del Valle de Aburrá
	Sistemas de páramos y de bosques altoandinos del noroccidente medio antioqueño
Ecosistemas estratégicos	Cerro Nutibara
	Piamonte
	Cerro El Volador
	Cerro La Asomadera
	Páramo Santa Inés

En la figura 2 se presenta el número de estudios por tema específico desarrollados en la cuenca del río Porce. Se puede observar que la regulación hídrica, la conservación de suelos y la captura de carbono son los temas que obtuvieron mayores valores. En la figura 3 se ilustra la distribución espacial de los estudios.

Figura 2: Número de estudios por tema específico en la cuenca del río Porce.



Figura 3: Ubicación espacial de los estudios en la cuenca del río Porce.



En la tabla 4 se presentan los estudios más relevantes desarrollados en la cuenca del río Porce antes del año 2012. Una descripción más detallada se encuentra en la «Actualización del estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia 2010 – 2012» elaborada para Arroyave, Gutiérrez y Villegas (2012).

Tabla 4. Estudios desarrollados en la cuenca del río Porce antes de 2012.

TEMA DEL ESTUDIO	REFERENCIA
Identificación, caracterización y valoración económica de los servicios ambientales prestados por ecosistemas localizados en el área de influencia del Valle de Aburrá.	Corantioquia, 2000
Servicios ambientales como uno de los criterios para definir los ecosistemas estratégicos del Valle de Aburrá.	Agudelo, 2003
Sistema metropolitano de áreas protegidas en el Valle de Aburrá se basa en la oferta de bienes y de servicios ambientales.	Hoyos, 2007
POMCA del río Aburrá propuso sistemas de pago por servicios ambientales para recaudar recursos económicos para protección, conservación y uso racional de los recursos naturales en áreas estratégicas.	AMVA, et. al., 2007.
Una aplicación de la identificación de los servicios ecosistémicos como herramienta para el análisis de la sostenibilidad ambiental en regiones urbanas desarrollada para Medellín y el Valle de Aburrá. Incluye la formulación de políticas territoriales y ambientales a partir de la necesidad del mantenimiento de estos servicios.	González, 2009
Huella hídrica río Porce: la no sostenibilidad de la huella verde de una cuenca indica que existen conflictos de uso del suelo entre las actividades agropecuarias y las áreas que deben ser conservadas de bosques naturales que son necesarias para garantizar los servicios ambientales. Agua suficiente para suplir el requerimiento de los usos agrícolas y pecuarios: río Grande y río Guadalupe; existen otras en las que no se cuenta con el recurso hídrico necesario para satisfacer la demanda de los cultivos y la ganadería: río Aburrá y río Porce Medio.	CTA, 2013
Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático	Orrego et al., 2003
Priorización de zonas de retiro con análisis multiobjetivo: aplicación en la cuenca de la quebrada Santa Elena.	Carvajal y Zuluaga, 2006

A continuación, se describen los estudios desarrollados en los últimos dos años que se encuentran disponibles en los centros de documentación consultados:

En el estudio de Cárdenas (2013) se analiza el desempeño de las entidades encargadas de la gestión de los ecosistemas ubicados en la cuenca río Grande que abastece de agua a Medellín. En esta cuenca se encuentra vegetación típica de páramo y de bosque altoandino protegido por una declaratoria de área de manejo especial de nivel regional; sin embargo, allí se presentan problemas asociados a la expansión de la frontera agropecuaria. De acuerdo con el estudio esta problemática puede deberse a la falta de vigilancia y de control en la zona, pero también se relaciona con las necesidades económicas de los campesinos que habitan el área de interés y que se ven obligados a aprovechar los recursos que encuentran disponibles para subsistir. Adicionalmente, se recomienda promover una cultura y una conciencia ambiental en los usuarios para que soporten y financien los insumos adicionales que se deben invertir en los ecosistemas que protegen el recurso hídrico.

En el estudio desarrollado en la cuenca río Grande García (2015) encontró que la escorrentía superficial fue superior en las coberturas de barbecho y pasto e inferior en bosque y rastrojo alto lo que tiene implicaciones en su capacidad de regular los flujos hidrológicos tanto en el corto como en el largo plazo. La cobertura de rastrojo bajo es la que mejor modula el contenido de humedad en el suelo permitiendo aportes laterales y profundos de manera más constante entre las temporadas hidrológicas del año. Esta estabilidad es una característica importante en términos de la regulación hidrológica, pues propicia el mantenimiento del flujo base por su aporte profundo incluso en las temporadas secas. Se plantea la importancia de la cobertura natural en la regulación hidrológica que se ve reducida en los pastos y en los cultivos debido a la variación en las tasas de aprovechamiento de estos ecosistemas, mayores entradas de radiación solar al suelo y menor capacidad de infiltración por compactación, a la vez que se favorece la pérdida del suelo por escorrentía superficial. De esta manera los procesos tradicionales de conversión de coberturas vegetales producen cambios en los balances hidrológicos, influyendo, de manera importante, en la provisión de servicios ecosistémicos.

En la misma cuenca del río Grande la Universidad Nacional y Corantioquia (2011) realizaron el estudio «Valoración económica, ecológica y sociocultural de bienes y servicios ambientales en la cuenca del río Grande» en el que reportaron hallazgos importantes relacionados con la influencia de la vegetación en el balance hídrico y en el ciclo de nutrientes. La cobertura más eficiente en la regulación de los flujos hídricos fue el bosque comparada con los cultivos o los pastos.

La cobertura de pastos mostró una mínima capacidad de regulación hidrológica por concepto de escorrentía superficial representando este flujo casi el 30 % del agua que llega vía precipitación incidental. Esta situación se produjo conjuntamente por el intenso pisoteo del ganado que incrementó la densidad aparente del suelo y disminuyó la capacidad de infiltración, las frecuentes lluvias en la cuenca y las características físicas intrínsecas de estos suelos. Por su parte, el cultivo de papa, con casi 15 % de generación de escorrentía superficial, aunque inferior a los pastos, supuso asimismo una baja capacidad de regulación hidrológica. El bosque fue la cobertura que mostró un mayor control de las pérdidas hidrológicas por drenaje profundo en tanto que la menor regulación se verificó en la cobertura de rastrojo seguida de la de pasto.

El bosque mostró un papel determinante en la captura de ingresos extras para el balance ecosistémico de nutrientes y con esta una alta eficiencia en términos de su ciclo de regulación. Esto se produce conforme el dosel funciona como una trampa de aerosoles (deposición atmosférica) que es posteriormente arrastrado por la lluvia hasta la superficie del terreno representando ganancias para el sistema. Aunque los valores determinados experimentalmente pueden incluir los efectos del lavado o la lixiviación foliar se destacaron los ingresos extras de N, Ca y K en esta cobertura. La cobertura de bosque, por el contrario, fue la que controló más eficientemente las pérdidas de elementos químicos tanto por escorrentía superficial como por drenaje profundo destacándose, así, como la de mayor papel regulador de esta función ecosistémica.

Un aporte valioso de este proyecto fue la zonificación de áreas estratégicas para la provisión de la función ecosistémica de regulación hídrica (AEPFERH) que se define como aquella porción de territorio que dados unos parámetros físico - bióticos identificados (i) produce una o más funciones ecosistémicas; (j) la importancia de contar con estas AEPFERH es la visualización espacial de las zonas estratégicas para hacer controles adecuados conducentes al manejo de los servicios ecosistémicos asociados a la función de regulación hídrica en fases subsiguientes y de hecho en futuros proyectos de investigación que se plantearán como resultado final de este proyecto. Dentro del contexto de esta investigación esta información permitirá confrontar las AEPFERH con los usos actuales de la tierra y de los parámetros climáticos (escenarios de cambio climático) con el fin de identificar las zonas con mayor vulnerabilidad ante la pérdida de la función analizada y su influencia en el riesgo de pérdida de los servicios ecosistémicos para las comunidades asentadas en el territorio de estudio.

Servicios ecosistémicos de los humedales en la cuenca del río Porce

No existe un inventario que permita, de manera clara, la identificación de los humedales presentes en esta cuenca. Con la revisión de la información oficial se evidenció que no existe unificación en el uso que se le da la definición de humedal y que aún se manejan, de manera separada, los diferentes ecosistemas acuáticos considerados como humedal según la definición del Ramsar. De los estudios e informes revisados ninguno tenía como objetivo explícito la valoración de servicios ecosistémicos en humedales, por lo que su clasificación se hizo teniendo en cuenta la función ecológica evaluada en cada uno.

Los servicios de soporte son los más estudiados y están representados principalmente por estudios de cuantificación de biodiversidad o de la valoración física de hábitats para esta (Gómez & Velásquez, 1999; Grupo Elemental S. A. S., 2013; Vega, 1975; Posada-García & Roldán-Pérez, 2003; Villabona-González, Buitrago-Amariles, Ramírez-Restrepo & Palacio-Baena, 2014; Neotrópicos, 2000; Gómez & Velásquez, 1999; Donegan, Avendaño, Huertas & Flórez, 2009), aunque también se destacan estudios de reciclaje de nutrientes en el embalse de Riogrande II (Arcos Arango, Betancur Urhán, Peñuela & Aguirre, 2010; Salazar et al., 2013; González & Palacio-Baena, 2013).

Los estudios donde se evalúan servicios de regulación y de aprovisionamiento son los que siguen en cuanto a número de sitios evaluados. Por su parte entre los servicios de regulación el de los flujos hidrológicos fue el que más se evaluó en diferentes sitios con la particularidad que todos estos hacían parte de la jurisdicción del municipio de Envigado (Instituto del Agua & Municipio de Envigado, 2014); también se evaluó el servicio de control de la contaminación en dos estudios en los que se establecieron líneas base de índices de calidad de agua (C. S. Jaramillo, Molina, & Betancur, 2011; Posada, Mojica, Pino, Bustamante & Monzón, 2013).

El único servicio de aprovisionamiento que se evaluó fue el de suministro de agua dulce (Otaña & Bustamante, 2004; Sánchez & Poveda, 2006; Jaramillo et al., 2011; Grupo Elemental S. A. S., 2013). De estos se destaca en cuanto a número de sitios analizados el estudio de Jaramillo et al., (2011) en el que se valoró el índice de escasez de agua en 21 ríos y quebradas de la cuenca.

De los diferentes tipos de humedal, los ríos y los arroyos permanentes son los ecosistemas que reportan más investigaciones. A estos les siguieron los pantanos y las turberas, mientras que los lagos y los embalses permanentes y los lagos estacionales/intermitentes, los pantanos/esteros/charcas permanentes de agua

dulce, incluyendo llanuras de inundación, se encontraron comparativamente subrepresentados.

| 3.2 Cuenca del río Nare |

En la tabla 5 se reportan las áreas protegidas de la cuenca del río Nare.

Tabla 5. Áreas protegidas de la cuenca del río Nare.

CATEGORÍA	NOMBRE
Reserva forestal protectora nacional	Río Nare
Distrito de manejo integrado	Ampliación DMI Peñol Guatapé
Ecosistema estratégico	San Lorenzo
	Punchiná

La reserva río Nare se encuentra localizada en jurisdicción de los municipios de Envigado, El Retiro, Guarne, Medellín y Rionegro. Se declaró por medio del Acuerdo del Inderena 031 de 1970 y se redelimitó por la Resolución 1510 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Cuenta con cuencas muy importantes en la prestación de bienes y de servicios ambientales como el abastecimiento de agua a las poblaciones de los municipios del Valle de Aburrá, entre ellas el área de nacimiento del río Negro - Nare que suministra el recurso para la generación de energía del embalse Peñol - Guatapé y evita la expansión urbana en zonas inestables. En su interior se encuentra el Parque Regional Arví, espacio de recreación y de disfrute turístico. Cornare y Corantioquia son las corporaciones encargadas de su administración (SIDAP, 2010).

En la figura 4 se presenta el número de estudios por tema específico desarrollados en la cuenca del río Nare. Se puede observar que la conservación de suelos y la regulación hídrica son los temas que presentaron las mayores investigaciones. En la figura 5 se ilustra la distribución espacial de los estudios.

Figura 4: Número de estudios por tema específico en la cuenca del río Nare.

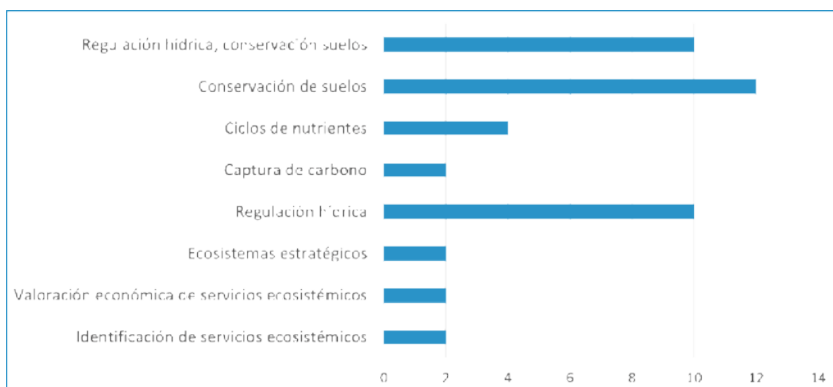
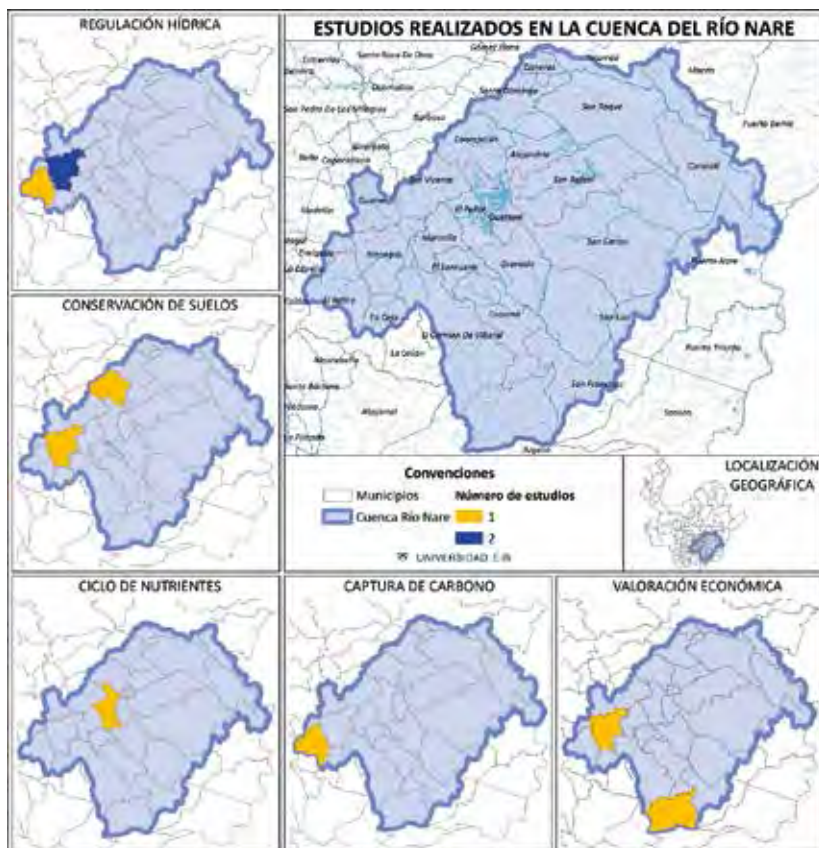


Figura 5: Ubicación espacial de los estudios en la cuenca del río Nare.



En la cuenca se aplicó el modelo de financiación alternativo para el manejo sostenible de los bosques en San Nicolás: implementación de estrategias de conservación de los bosques y del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) Cornare (2004). Así mismo, se desarrolló la estrategia de Pago por servicios ambientales denominada BanCO2 que permite a las empresas, a las instituciones y a la ciudadanía, a través del portal web de la iniciativa, calcular y compensar su huella de carbono promoviendo la conservación de los bosques naturales de la región y mejorando la calidad de vida de los campesinos que allí viven. El 100 % de los aportes los recibe el campesino.

Servicios ecosistémicos de los humedales en la cuenca del río Nare

En esta cuenca se tienen identificados como ecosistemas estratégicos una serie de humedales permanentes de la planicie aluvial (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Parques Nacionales de Colombia, Gobernación de Antioquia & Cornare, 2008). Sin embargo, esta caracterización no es clara para otros humedales ubicados en zonas altas y medias de la cuenca. De los estudios e informes revisados ninguno tenía como objetivo explícito la valoración de servicios ecosistémicos en humedales, por lo que la clasificación de estos se realizó con base en la función ecológica evaluada en cada una de las investigaciones.

Los estudios en los humedales de esta cuenca se enfocaron en la valoración de funciones asociadas con los servicios de soporte. De estas funciones la más evaluada fue aquella relacionada con el soporte de biodiversidad por medio de diferentes estudios que incluyen evaluaciones de los ambientes físicos (Aguirre, Palacio & Ramírez, 2002; Grajales, Aguirre & Palacio-Baena, 2006; Aguirre, Palacio & Ramírez, 2007; Montoya, 2008), la diversidad y la variabilidad en los niveles tróficos más básicos (Gómez, 1991; Ramírez, Gutiérrez & Vargas, 2005; Hernández-Atilano, Aguirre & Palacio, 2005; Jaramillo & Gaviria, 2003; Escobar, Martínez & Parra, 2005), la diversidad y la variabilidad de invertebrados (Stout & Vandermeer, 1975; Posada-García & Roldán-Pérez, 2003; Montoya, Acosta & Zuluaga, 2011), la dominancia de plantas macrófitas (Torres & Martínez, 2010), y la distribución y la variabilidad genética de peces (Jaramillo-Villa, Maldonado-Ocampo & Bogotá-Gregory, 2008; Hurtado-Alarcón, Mancera-Rodríguez & Saldamando-Benjumea, 2011; Román-Valencia, Ruíz-C, Taphorn & Mancera-Rodríguez, 2013; Restrepo-Gómez & Mancera-Rodríguez, 2014).

Los servicios de aprovisionamiento se han centrado en la evaluación de la calidad del agua (Universidad Nacional de Colombia, 1985; Correa, 1987; Universidad Nacional de Colombia, 1997; Cadavid, Echeverri, & Gómez 2010; Aguirre et al., 2007; Montoya et al., 2011), aunque también se encontraron valoraciones de la capacidad

de almacenamiento de embalses para la producción eléctrica (Jaramillo, 1993). Por su lado, las funciones y los servicios de regulación han sido evaluados únicamente en torno a la predicción de los caudales de las principales corrientes de la cuenca (Universidad Nacional de Colombia, 1997; Poveda et al., 2001; Sánchez & Poveda, 2006; Rojo & Carvajal, 2012; Cadavid & Carvajal, 2013).

Los estudios de los servicios ecosistémicos en esta cuenca se enfocaron en los ríos y en los arroyos permanentes y los demás tipos de humedales que tienen baja representación, como es el caso de los lagos y de los embalses permanentes, o que simplemente no se encuentran reportados.

3.3 Cuenca del río León

En la tabla 6 se presentan las áreas protegidas y los ecosistemas estratégicos de la cuenca del río León.

Tabla 6. Áreas protegidas en la cuenca del río León.

CATEGORÍA	NOMBRE
Reserva forestal protectora	Río León
Ecosistema estratégico	Humedales entre los ríos León y Suriquí

La Reserva Forestal Protectora Nacional del río León se encuentra en jurisdicción de los municipios de Riosucio en Chocó y Turbo en Antioquia, allí se sitúa en la planicie aluvial del río Atrato. Las condiciones geomorfológicas y edáficas hacen que la zona permanezca inundada en invierno y encharcada en verano; da origen a varios caños y a una ciénaga y la intervención antrópica ha causado impactos negativos muy significativos sobre la reserva.

Servicios ecosistémicos de los humedales en la cuenca del río León

No existe un inventario que permita de una manera clara clasificar los humedales presentes en esta cuenca. La información, la cual es escasa, solo permitió la identificación de dos estudios que valoraron funciones para servicios de regulación y de soporte sin que se evaluaran explícitamente servicios ambientales. En el estudio que evaluó la función de regulación el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia & Corpouraba, (2014) revisaron la capacidad de recarga de los acuíferos en dos lugares como una aproximación al servicio de regulación de los flujos hidrológicos. En la otra investigación que evaluó la función de soporte de biodiversidad (Román-Valencia &

Acero, 1992) se efectuaron colectas de los peces presentes en 12 zonas entre el río León y sus afluentes. El primero de estos estudios se hizo en humedales correspondientes a ríos y a arroyos permanentes mientras que el segundo se realizó en lagos estacionales/intermitentes, pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce incluyendo llanuras de inundación.

| 4 CONCLUSIONES |

Los estudios de cuantificación de los servicios ecosistémicos reportan la importancia que tienen las coberturas vegetales naturales en la disponibilidad hídrica y en la disminución de la escorrentía superficial.

La regulación hídrica y la captura de carbono son los temas más estudiados en las cuencas. Sin embargo, se requiere desarrollar más investigaciones relacionadas con la cuantificación y la valoración de dichos servicios, pues estos sirven de base para el diseño de los esquemas de pago por servicios ambientales.

Existen mecanismos exitosos de pago por servicios ambientales tales como BanCO2 que deberían ser replicados a escala nacional dado que, a la vez que representan beneficios económicos y sociales para la población, permiten la conservación de los ecosistemas y sus funciones.

Se destacan los proyectos desarrollados en la cuenca de río Grande (perteneciente a la cuenca del río Porce) porque incluyen tanto la cuantificación de los servicios ecosistémicos como su valoración económica y aportan herramientas a los entes territoriales y a las autoridades ambientales para el adecuado manejo integral de la cuenca. Específicamente, se resalta la propuesta de la zonificación de áreas estratégicas para la provisión de servicios que puede ser utilizada en los planes de ordenamiento territorial de los municipios para la delimitación de los ecosistemas estratégicos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, N. J., Palacio, J., & Ramírez, J. J. (2007). Características limnológicas del embalse El Peñol -Guatapé, Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(10), 53-66.

Aguirre, N., Palacio, J., & Ramírez, J. J. (2002). Aplicación de algunos modelos de calidad de agua en dos sitios del embalse El Peñol - Guatapé (Antioquia, Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería - Universidad de Antioquia*, 26, 18-29.

Arcos Arango, Y., Betancur Urhán, J., Peñuela, G., & Aguirre, N. J. (2010). Relación entre las formas solubles de hierro y manganeso y la presencia de bacterias oxidadoras de ambos elementos en el embalse Riogrande II - Donmatías (Antioquia, Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 45-54.

Arroyave, M., Gutiérrez, M.E. y Villegas, J.C. (2013). Servicios ecosistémicos. En: Actualización del estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia. Medellín: Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia.

BanCO2 Servicios ambientales comunitarios. Consultado en junio de 2015. Disponible en: <http://www.banco2.com/v2/>

Cadavid, J. C., Echeverri, J. D., & Gómez, A. E. (2010). Modelación de índices de calidad de agua (ICA). *Gestión y Ambiente*, 13(2), 7-24.

Cadavid, J. D., & Carvajal, L. F. (2013). Modelo autorregresivo bilineal aplicado a la predicción mensual de caudales en Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12(22), 23-33.

Camargo, A. (2013). Mecanismos de pago por servicios ambientales: estudio de caso Cerro Bravo, Antioquia. Tesis de grado Ingeniería Ambiental. Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, & Corpouraba. (2014). Proyecto Humedales. Medellín: Corpouraba.

Cornare (s.f.). <http://www.cornare.gov.co/index.php/component/content/article/123-programas-y-proyectos/320-banco2>

Corporación CuencaVerde. (s.f.). CuencaVerde: un legado para el futuro. Consultado en marzo de 2015. Disponible en: <http://www.cuencaverde.org/>

Correa, F. J. (1987). Evaluación ambiental en los ríos San Carlos y Guatapé mediante el modelo de calidad Quall - II. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F. C., & LaRoe, E. T. (1979). Classification of the wetlands and deepwater habitats of the United States (p. 103). Washington.

Donegan, T., Avendaño-C., J. E., Huertas, B., & Flórez, P. (2009). Avifauna de San Pedro de Los Milagros, Antioquia: una comparación entre colecciones antiguas y evaluaciones rápidas. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13, 63-72.

Ecoversa y Ecosecurity. (2007). Estrategia nacional para el pago por servicios ambientales.

Escobar, J., Martínez, J. I., & Parra, L. N. (2005). Rizópodos testáceos (tecamebas) en la represa La Fe, Antioquia, Colombia. *Caldasia*, 27(2), 293-298.

García, V. (2015). Efecto del cambio de la cobertura vegetal sobre la función de regulación hídrica: análisis

multitemporal para un gradiente de intervención antrópica. Tesis maestría Ingeniería Ambiental. Medellín: Universidad de Antioquia.

Gómez, L. G. (1991). Índice de clorofila como indicador de biomasa fitoplanctónica en el embalse de El Peñol. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Gómez, M. I., & Velásquez, L. E. (1999). Estudio de los moluscos de agua dulce de la reserva ecológica Cerro de San Miguel (Caldas, Antioquia, Colombia). *Actualidades Biológicas*, 21(71), 151–161.

González, M. C., & Palacio-Baena, J. A. (2013). Nutrientes y carbono orgánico disuelto en el agua natural para un proceso de potabilización su relación con el nivel del embalse afluente. *Revista Politécnica*, 9(17), 27–37.

Grajales, H., Aguirre, N. J., & Palacio-Baena, J. A. (2006). Determinación de la demanda de oxígeno de la vegetación sumergida en la zona de represamiento de la quebrada La Vega (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 28(28), 75–85.

Groot, R. d., Stuij, M., Finlayson, M., & Davidson, N. (2006). Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services (p. 54). Gland, Switzerland.

Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* (41), 393–408.

Grupo Elemental S. A. S. (2013). Servicio para la zonificación y delimitación de la zona del humedal, área de recarga y retiros de la quebrada La Morgan del municipio de Envigado (p. 74). Envigado: Grupo Elemental S.A.S.

Hernández-Atilano, E., Aguirre, N. J., & Palacio, J. A. (2005). Variación espacio - temporal de la estructura de la comunidad de algas perifíticas en la microcuenca de la quebrada La Vega, municipio de San Roque (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 27(82), 66–77.

Hurtado-Alarcón, J. C., Mancera-Rodríguez, N. J., & Saldamando-Benjumea, C. I. (2011). Variabilidad genética de *Brycon henni* (Characiformes: Characidae) en la cuenca media de los ríos Nare y Guatapé, sistema Río Magdalena, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 269–282.

Instituto del Agua & Municipio de Envigado. (2014). Identificación, clasificación, características hidrogeológicas de los humedales y evaluación de zonas de recarga y su relación con la geología y las corrientes del municipio de Envigado (p. 282). Envigado: Municipio de Envigado.

Jaramillo, C. S. (1993). Determinación de la capacidad de un embalse (aplicación al caso de El Peñol). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Jaramillo, C. S., Molina, F., & Betancur, T. (2011). Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de Corantioquia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(19), 33–46.

Jaramillo, J. C., & Gaviria, S. (2003). Caracterización física, química y estructura de la comunidad zooplanctónica de un pequeño lago tropical, lago Santander (Rionegro, Antioquia, Colombia). *Caldasia*, 25(2), 355–380.

Jaramillo-Villa, U., Maldonado-Ocampo, J. A., & Bogotá-Gregory, J. D. (2008). Peces del oriente de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 9(2), 279–293.

Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC: Island Press.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013). Decreto 953 de 2013.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008). Estrategia nacional de pago por servicios ambientales. 97 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Parques Nacionales de Colombia, Gobernación de Antioquia, & Cornare. (2008). Escenario de conservación y plan estratégico del sistema de áreas protegidas «Páramo, bosques y humedales del suroriente y Magdalena Medio antioqueño» (p. 116). Medellín: Cornare.

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2007). Wetlands (4 th). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Montoya, Y. (2008). Variaciones nictemerales de algunas variables climáticas, físicas y químicas en una laguna Simera en Guatapé (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 30(88), 83–96.

Montoya, Y., Acosta, Y., & Zuluaga, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasía*, 33(1), 193–210.

National Research Council (NRC). (1995). *Wetlands: Characteristics and boundaries*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Neotrópicos. (2000). Ciénagas de la región Panzenú (p. 164). Medellín: Corantioquia.

Otaya, L. A., & Bustamante, G. J. (2004). Oferta hídrica del área de manejo especial «Sistema de páramos y bosques altoandinos del noroccidente medio antioqueño» (p. 88). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Posada, E., Mojica, D., Pino, N., Bustamante, C., & Monzón, A. (2013). Establecimiento de índices de calidad ambiental de ríos con bases en el comportamiento del oxígeno disuelto y de la temperatura. Aplicación al caso del río Medellín. *Dyna*, 80(181), 192–200.

Posada-García, J. A., & Roldán-Pérez, G. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el noroccidente de Colombia. *Caldasía*, 25(1), 169–192.

Poveda, G., Hoyos, C. D., Mejía, J. F., Carvajal, L. F., Mesa, O. J., Cuartas, A., & Barco, J. (2001). Predicción no lineal de los caudales medios mensuales del río Nare, Antioquia, Colombia. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 8, 65–76.

Ramírez, J. J., Gutiérrez, F. L., & Vargas, A. (2005). Respuesta de la comunidad fitoplanctónica a experimentos de eutrofización artificial realizados en la represa La Fe, El Retiro, Antioquia, Colombia. *Caldasía*, 27(1), 103–115.

Ramsar Convention Secretariat. (2006). *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971 (4th edition))*. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.

Restrepo-Gómez, A., & Mancera-Rodríguez, N. (2014). Ecología trófica de *Saccodon dariensis* (Pisces: Parodontidae) en afluentes del río Guatapé, cuenca río Magdalena, Colombia (Spanish). *Trophic Ecology of Saccodon Dariensis (Pisces: Parodontidae) in Guatapé River Tributaries, Magdalena River Basin, Colombia*. (English), 19(1), 3930–3943.

Rojo, J. D., & Carvajal, L. F. (2012). Predicción no lineal de caudales medios mensuales usando funciones de influencia radial y técnicas espectrales. Presented at the XXV Congreso latinoamericano de hidráulica, San José, Costa Rica.

Román-Valencia, C., & Acero, A. (1992). Notas sobre las comunidades de peces del norte de Antioquia

(Colombia). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar, 21(1), 117-125.

Román-Valencia, C., Ruíz-C, R. I., Taphorn, D. C., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2013). Three new species of Hemibrycon (Characiformes: Characidae) from the Magdalena River Basin, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1365-1387.

Salazar, G. J. P., Alfaro-De la Torre, M. C., Aguirre, R. N. J., Briones-Gallardo, R., Cedeño, C. J., & Peñuela, M. G. A. (2013). Geochemical fractionation of manganese in the Riogrande II reservoir, Antioquia, Colombia. *Environmental Earth Sciences*, 69(1), 197-208. <http://doi.org/10.1007/s12665-012-1947-x>

Sánchez, J., & Poveda, G. (2006). Predicción de caudales medios mensuales en ríos de Antioquia. En XVII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología (pp. 164-173). Popayán, Colombia.

SIDAP (2010). Atlas de áreas protegidas de Antioquia. Medellín: Sistema departamental de áreas protegidas del departamento de Antioquia.

Stout, J., & Vandermeer, J. (1975). Comparison of species richness for stream-inhabiting insects in tropical and mid-latitude streams. *The American Naturalist*, 109(967), 263-280.

Torres, A., & Martínez, J. I. (2010). Ecology of non-marine ostracoda from La Fe reservoir (El Retiro, Antioquia) and their potential application in paleoenvironmental studies. *Rev. Acad. Col. Cienc.*, 34(132), 397-409.

Universidad Nacional de Colombia. (1985). Proyectos hidroeléctricos de San Carlos, Calderas, Jaguas y Playas: investigación y estudio en general sobre calidad de las aguas, geomorfología y sedimentación en las cuencas de los ríos San Carlos, Guatapé, Calderas, Nare (medio) y San Lorenzo, departamento de Antioquia (p. 4 v.). Medellín: Colombia ISA.

Universidad Nacional de Colombia. (1997). Estudio hidrológico e hidráulico de las planicies de inundación de los ríos San Carlos, Tafetanes, Guatapé, Nare, Nusito y Calderas: informe final / posgrado en Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. (p. 2 v). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de cat02704a. (Unidad de Doc. Egeoma - Minas I/DC 2924 V. 2)

Universidad Nacional de Colombia y Corantioquia. (2011). Valoración económica, ecológica y sociocultural de bienes y de servicios ambientales en la cuenca del río Grande. Medellín: Universidad Nacional

Vega, E. (1975). Aspectos biológicos de la contaminación de corrientes de agua en el Valle de Aburrá. *Revista Facultad de Nacional de Agronomía*, 30(2), 9-22.

Villabona-González, S. L., Buitrago-Amariles, R. F., Ramírez-Restrepo, J. J., & Palacio-Baena, J. A. (2014). Biomasa de rotíferos de dos embalses con diferentes estados tróficos (Antioquia, Colombia) y su relación con algunas variables limnológicas. *Actualidades Biológicas*, 36(101), 149-162.

Woodward, R. T., & Wui, Y.-S. (2001). The economic value of wetland services: a meta-analysis. *Ecological Economics*, 37(2), 257-270.

Wunder, S. (2005). Pagos por servicios ambientales: principios básicos esenciales. Centro Internacional de Investigación Forestal -CIFOR-

Zedler, J. B., & Kercher, S. (2005). Wetland Resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Reviews of Environmental Resources*, 30, 39-74.

Zoltai, S. C. (1988). Wetland environments and classification. In National Wetlands Working Group (pp. 97-154). Environment Canada, Ottawa, Ontario y Polyscience Publications, Montreal, Quebec.

CRECIDAS, TORRENTES Y ASENTAMIENTOS HUMANOS

Andrés Felipe Marín Muñoz

Ingeniero civil. Universidad EIA

Juan Fernando Barros Martínez

Magíster en Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos y Ph.D. en Educación.
Docente investigador Universidad EIA

Resumen

La actualización del macroproyecto «Crecidas, torrentes y asentamientos humanos 2014 - 2015» incluyó, adicional a su desarrollo en la anterior publicación del Estado del Arte del Recurso Hídrico 2010 -2012, los nuevos resultados obtenidos de los registros de la base de datos DesInventar al igual que la información correspondiente a tres bases de datos adicionales y la presentación de proyectos de prevención y de geolocalización de eventos de cada uno de los municipios de Antioquia y de forma más detallada de aquellos pertenecientes a las cuencas de los ríos León, Nare y Porce. El estudio se hizo un análisis de los registros departamentales en las tres cuencas mencionadas; además, de los registros de desastres asociados a cinco eventos: avenidas torrenciales, deslizamientos, inundaciones, lluvias y socavaciones de cauces y márgenes de ríos. Las conclusiones presentadas se enfocaron en la estructura general de los sistemas de prevención y atención y la cobertura de información para el desarrollo de proyectos en Antioquia donde varias zonas no cuentan con registros completos o actualizados de desastres asociados a eventos hidrológicos.

Palabras claves: DesInventar, eventos hidrológicos, desastres, planes de prevención, avenidas torrenciales, deslizamientos, inundaciones, lluvias, socavaciones, cauces, márgenes ríos.

| INTRODUCCIÓN |

La actualización del macroproyecto «Crecidas, torrentes y asentamientos humanos 2014 – 2015» hace parte del trabajo consolidado en la anterior «Actualización del estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia 2010 – 2012» al que se le incorporan los nuevos resultados obtenidos de los registros de la base de datos DesInventar y la información correspondiente a tres bases de datos adicionales. Se ha propuesto un análisis de tres tipos de eventos: inundación, avenida torrencial y deslizamiento, asociados a eventos hidrológicos, con el propósito de tener mayor claridad acerca de los desastres presentados y de las posibles causas de su ocurrencia. Actualmente, el DesInventar cuenta con dos eventos hidrológicos que no han sido tenidos en cuenta en proyectos o estudios relacionados, pero que por su relevancia no pueden ser eliminados: socavación y lluvia.

Al igual que la información de los registros de desastres se presenta un análisis de las estaciones disponibles en las redes pública y privada como también una depuración de las estaciones que cuentan con información que permite el cálculo de eventos históricos extremos registrados o sintéticos y la depuración de las estaciones de fácil acceso pertenecientes a la red pública administrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-.

En esta oportunidad, además de la información ya mencionada que representa un valioso diagnóstico para el departamento en cuanto a datos disponibles para proyectos de prevención y de geolocalización de eventos, se hizo un recuento de las acciones y de los planes de cada uno de los municipios de Antioquia y de forma más detallada de aquellos pertenecientes a las cuencas de los ríos León, Nare y Porce.

A partir de este trabajo se espera para la próxima actualización que la participación de otros actores sea mayor de manera que se pase de la recopilación de registros al análisis de casos que puedan representar referentes en la gestión del riesgo y en la construcción de metodologías y de políticas más integradoras. El ejercicio que aquí se presenta demuestra que se requieren más esfuerzos en la integración y en divulgación de la información al igual que en acciones con una consideración de procesos de conocimiento y de reducción del riesgo que se reflejen en una planificación territorial más efectiva.

| 1. METODOLOGÍA |

El trabajo desarrollado se divide en dos partes: la primera dedicada al análisis de los registros departamentales, y la segunda al análisis de los casos específicos en las cuencas de los ríos León, Nare y Porce.

Para el estudio general de los registros de desastres asociados con eventos hidrológicos en Antioquia se trabajó con aquellos consignados en la base de datos de desastres de acceso público DesInventar que recoge información de las bases de datos de las entidades que ejercen control sobre el territorio.

El inventario de DesInventar (<http://online.desinventar.org>) contiene información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en Asia, Centroamérica, Norteamérica, región Caribe, Pacífico Sur y nueve países de América del Sur, incluida Colombia. Este sistema de inventario de desastres presenta actualmente para el país doce bases de datos, tres de estas contienen información de relevancia para el desarrollo de la actualización en Antioquia:

- **Colombia:** inventario histórico nacional de pérdidas con 40 570 eventos registrados entre noviembre de 1914 y diciembre de 2013.
- **Antioquia:** inventario de desastres Antioquia – DAPARD- con 4519 eventos registrados entre 1894 y diciembre de 2014.
- **Medellín:** Área metropolitana con 5617 eventos registrados entre abril de 1880 y mayo de 2015.

Los registros de desastres seleccionados corresponden a los asociados con cinco eventos: avenidas torrenciales, deslizamientos, inundaciones, lluvias y socavaciones. En la información revisada los deslizamientos fueron seleccionados teniendo en cuenta las causas de los registros asociados a eventos hidrológicos.

Así mismo, en las inundaciones podrían diferenciarse las aluviales o las lentas de las súbitas o de tipo torrencial e incluso de las inundaciones por incremento de marea en las zonas costeras.

Las inundaciones súbitas son las de mayor probabilidad de ocurrencia en gran parte de Antioquia dadas las condiciones de lluvias intensas en áreas de cuenca aportante reducida y con fuertes pendientes, sumado a que es común en las corrientes de los cascos urbanos tener condiciones modificadas con intervenciones que emplean medidas estructurales que no tienen en cuenta la dinámica de inundación como parte del equilibrio de la corriente.

La bases de datos relevantes para la gestión y la prevención de desastres requiere de la incorporación de fuentes actualizadas y con amplio detalle de la siguiente información:

- Registros de estaciones que permitan conocer el comportamiento de los eventos hidrológicos.
- Planes de ordenamiento municipales y de cuencas hidrográficas con información relevante de gestión del riesgo.
- Estudios e informes técnicos generados para la atención de una emergencia o propuestas de medidas para la mitigación de riesgos asociados a inundaciones. Este análisis se ejecuta en su totalidad en el departamento de Antioquia para brindar una mirada global de la situación actual del territorio y de las cuencas de los ríos León, Nare y Porce.

2. ESTADO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

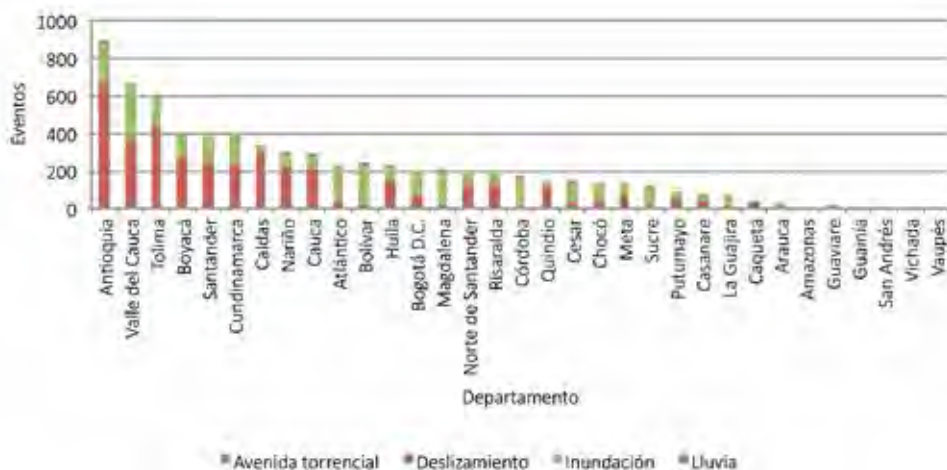
Son objeto de estudio del macroproyecto «Crecidas, torrentes y asentamientos humanos: los desastres asociados con los eventos hidrológicos» el territorio y la población del departamento de Antioquia.

Para el entendimiento espacial de los desastres y de la planeación del actuar de una comunidad frente a los riesgos en su territorio se requiere de un referente histórico de ocurrencia de desastres asociados con eventos particulares que permita identificar recurrencias y, con ello, asociarlo con la amenaza natural o con la vulnerabilidad de la organización territorial y de la infraestructura de la comunidad asentada en el territorio.

Complementario a la identificación de los eventos en el departamento deben existir medidas de prevención que ayuden a reducir la gran cantidad de víctimas (personas afectada y muertas) causadas por desastres asociados con eventos hidrológicos; esto se logra con la existencia de planes de prevención y de mitigación del riesgo y con la suficiente previsión y medición de los elementos que hacen parte del evento mediante estaciones pluviográficas o limnigráficas con registros amplios y completos.

Para la revisión de la situación actual de Antioquia se puede analizar su posición actual en los eventos registrados con respecto a otros departamentos de Colombia (figura 1).

Figura 1. Eventos a partir de la base de datos DesInventar Colombia.



En la figura 1, obtenida de la base de datos DesInventar Colombia: inventario nacional de desastres, Antioquia se ubica en la primera posición en desastres asociados con eventos hidrológicos. En la figura se puede apreciar una disminución considerable con respecto a la última actualización donde Antioquia presentó 3277 eventos frente a 881 actuales, situación que pudo presentarse luego de la depuración de la información relevante para el presente estudio.

La posición de Antioquia es más desfavorable en esta actualización con respecto a la última a pesar de que los registros totales no cambiaron, en términos generales, de los 40 570 eventos registrados. En la base de datos se tiene que Antioquia ocupa el segundo lugar de desastres totales con 3658 eventos correspondientes al 9,02 % del total de registros, pero es aún más preocupante cuando se toman solo los valores asociados a eventos hidrológicos donde el departamento se ubica en el primer lugar con los 881 correspondiente al 2,17 %.

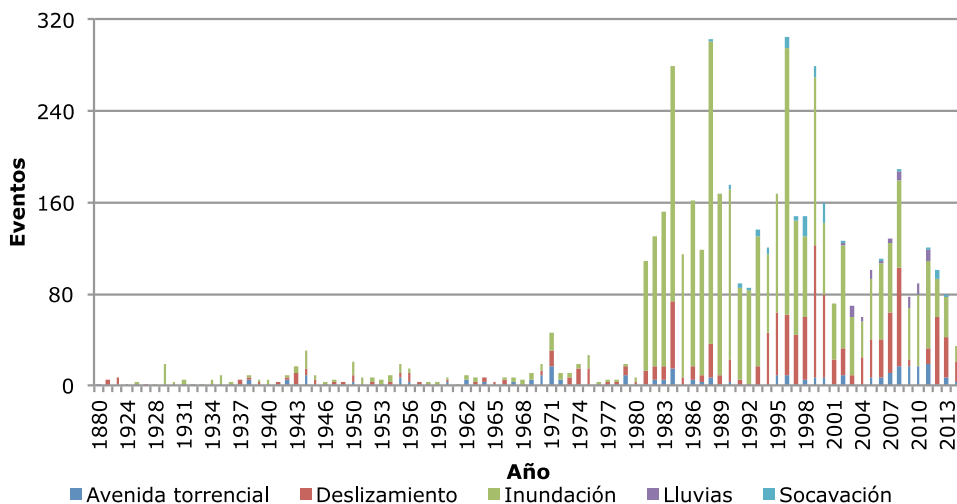
La base de datos DesInventar Colombia presenta varias diferencias con respecto a las otras dos. El insumo de la información usado en este estudio es el de las entidades departamentales de gestión del riesgo, pero, en su mayoría, pertenecen a medios informativos como artículos periodísticos o reportajes con cobertura nacional haciendo muy factible la posibilidad de tener registrado dos veces algún evento: uno en la base de datos del DAPARD - Antioquia- y otro en la base de datos de Colombia, por lo que se descartará esta última para los posteriores capítulos.

2.1 Registro general de desastres asociados con eventos hidrológicos en Antioquia

Para la actualización del estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia son de especial interés los registros de desastres asociados con cinco eventos hidrológicos: inundación, deslizamientos, avenidas torrenciales, lluvia y socavación.

El procesamiento por año de la base de datos del DAPARD – Antioquia- y AMVA – Área Metropolitana del Valle de Aburrá - se presenta en la figura 2.

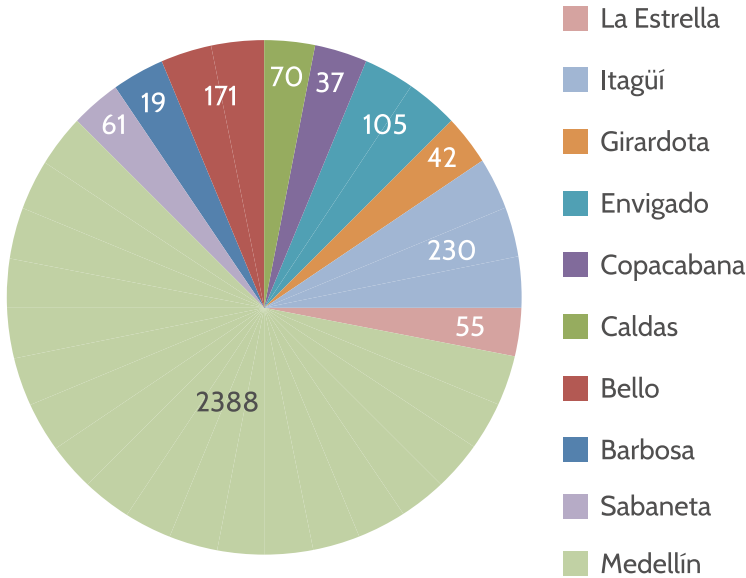
Figura 2. Eventos en Antioquia recolectados a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD y del AMVA.



La figura 2 presenta un incremento considerable de desastres asociados con eventos hidrológicos entre los años 1970 y 1980 con los mayores valores registrados entre 1980 y 2014, aunque si se analizan esos valores de acuerdo con la localización del evento se vería que del total, que corresponde a 5183, el 46,15 % de ellos sucedieron en Medellín (2392), un valor alto con respecto a los otros 124 municipios de Antioquia. El análisis de la información del AMVA es aún más relevante de forma individual debido a que de los 2392 eventos reportados en Medellín de las dos bases de datos mencionadas tan solo cuatro de ellos fueron registrados en el DAPARD mientras que los otros 2388 fueron reportados en la base del AMVA.

La figura 3 presenta la distribución espacial de los desastres asociados con eventos hidrológicos reportados por el AMVA con la base de datos disponible en DesInventar.

Figura 3. Eventos en Antioquia recolectados a partir de la base de datos DesInventar del AMVA.



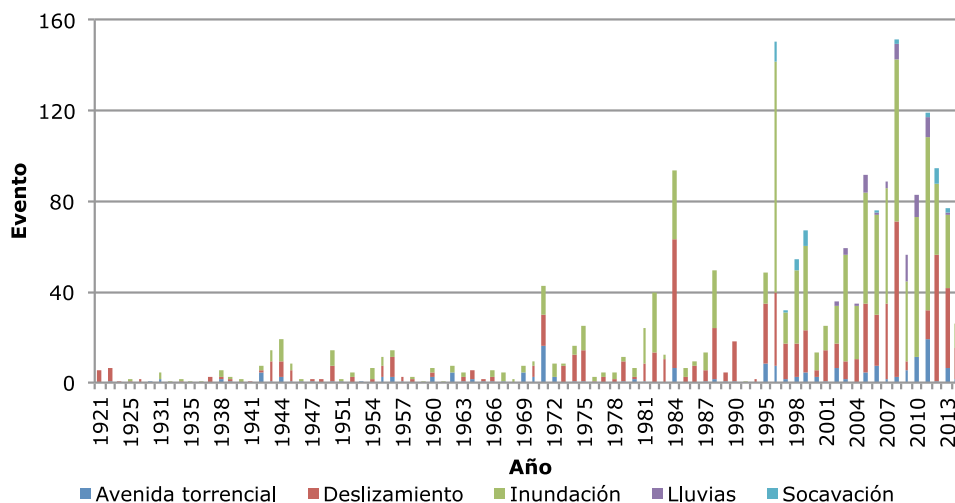
Ya que la información de las tres bases de datos disponibles en la DesInventar se nutre de diferentes fuentes se desarrolló un procesamiento diferenciado y finalmente se seleccionó una única base de datos para las cuencas de los ríos León y Nare que corresponde a la del DAPARD. Para el caso del río Porce se hizo uso de la base de datos del AMVA que presenta información relevante para el entendimiento de la situación de la cuenca; para el procesamiento de Antioquia se usó la base de datos del DAPARD.

La resolución espacial de los registros en la base de datos DesInventar del DAPARD corresponde a la unidad municipal. Para un mejor análisis de la información de desastres sigue siendo necesario complementar el registro con la localización georreferenciada del evento para que sea posible relacionarlos entre sí, conocer su escala y asociarlos con información hidrológica (espacial y temporal) o factores de ocupación del territorio que caracterizan los asentamientos humanos afectados por el desastre.

En este documento se presenta la distribución espacial de los registros de desastres a escala municipal en el departamento de Antioquia que reúne a sus 125 municipios: 11 en Urabá, 23 en Oriente, 6 en Bajo Cauca, 10 en el Valle de Aburrá, 17 en el Norte, 10 en el Nordeste, 6 en el Magdalena medio, 23 en Suroeste y 19 en Occidente. La cuenca del río León abarca cinco municipios y las de los ríos Nare y Porce 28, cinco de los cuales hacen parte de ambas cuencas, mientras que 69 no hacen parte de ninguna de las cuencas analizadas.

En la figura 4 se presenta la información de desastres asociados a eventos hidrológicos para el departamento de Antioquia obtenida de la base de datos del DAPARD.

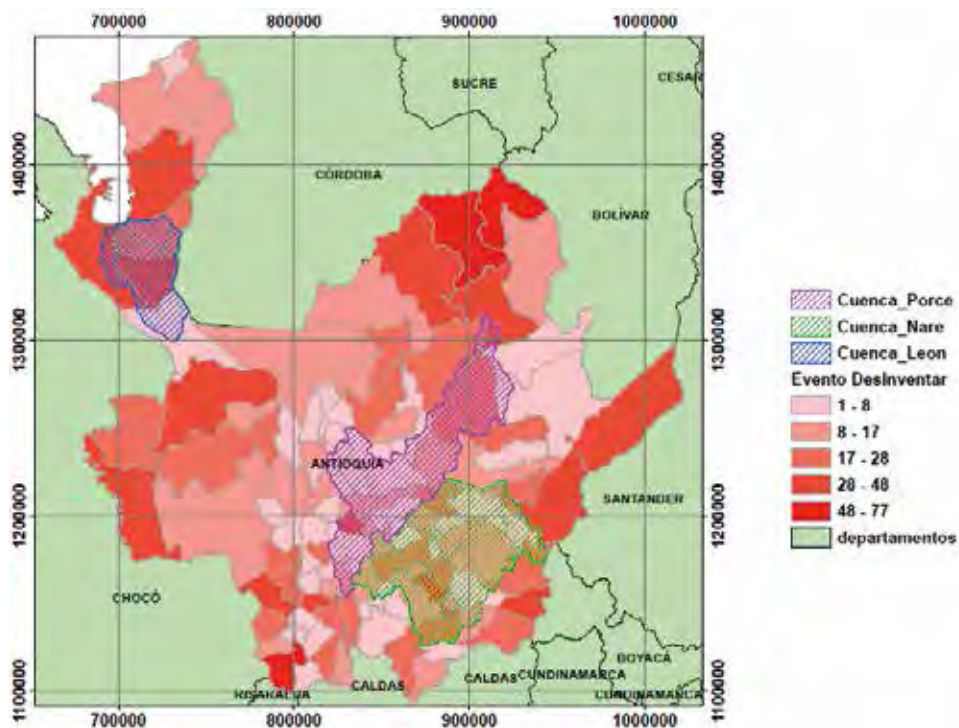
Figura 4. Eventos en Antioquia recolectados a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD.



Como se presenta en la figura anterior la mayoría de eventos se presentaron entre los años 1970 y 2014, por lo que el análisis se abordó recientemente para esos años. La cantidad de desastres descendió de 5183 a 2001 lo que equivale a una disminución del 61,39 % en el número de registros debido a la utilización de una única base de datos.

La figura 5 presenta la localización municipal de los eventos de desastres presentados en la figura 4 con la delimitación de las cuencas de los ríos León, Nare y Porce con el objetivo de detallar la situación general en cada cuenca con respecto a todos los municipios de Antioquia.

Figura 5. Mapa de desastres para el departamento de Antioquia.

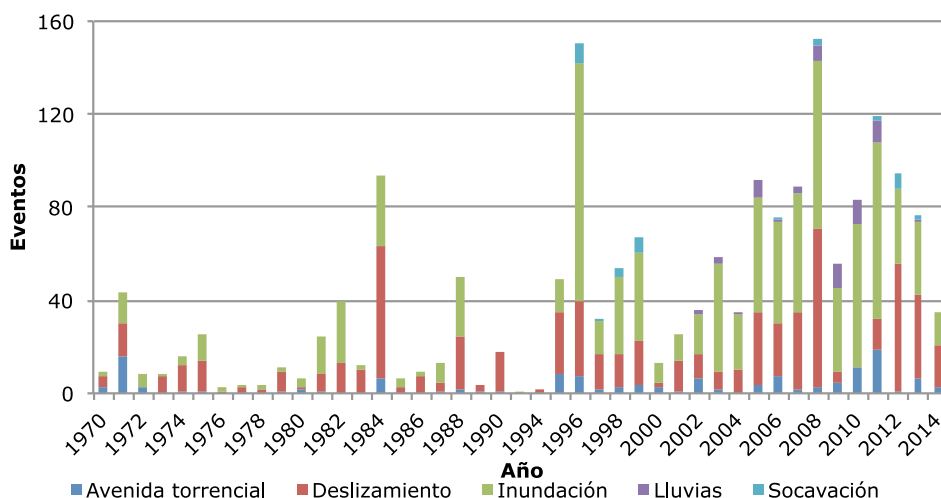


La delimitación de las cuencas presentada en la figura 5 permite entender los problemas de analizar datos a escala municipal como los de la base de datos DesInventar con información que requiere un mayor detalle. Los eventos se encuentran relacionados con los municipios sin hacer claridad de la ubicación georreferenciada; adicionalmente, muchos territorios ocupan porciones pequeñas de la cuenca como se presenta en las tablas 2, 3 y 4, por lo que muchos eventos que

ocurren en la porción exterior del municipio ocupado que no hace parte de la cuenca se estarían presentando como eventos al interior de la misma generando errores sobre la cantidad de eventos reales ocurridos en cada una de las cuencas analizadas. De igual forma, se puede apreciar que los municipios con la mayor cantidad de eventos registrados se encuentran fuera de las tres cuencas estudiadas.

La figura 6 presenta los desastres registrados entre los años 1970 y 2014 para los municipios de Antioquia según la base de datos DesInventar del DAPARD.

Figura 6. Eventos en Antioquia recolectados a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD entre 1970 y 2014.



Con la depuración de la información temporal de los desastres entre 1970 y 2014 se pasó de 2001 eventos registrados a 1805, lo que solo equivale al 9,8 % de los desastres asociados a eventos hidrológicos totales en la base de datos del DAPARD, esto quiere decir que en 93 años de llevar un registro de desastres el 90,2 % ocurrieron en 44 años.

La información presentada en la figura 6 analizada de forma comparativa con respecto a la contenida en la actualización del estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia para el periodo 2010 - 2012 permite identificar el manejo de la información que se le dio a la base de datos DesInventar durante los últimos años teniendo en cuenta que las versiones anteriores del estudio no tuvieron en cuenta la lluvia ni la socavación debido a que estos eventos no fueron representativos como los demás.

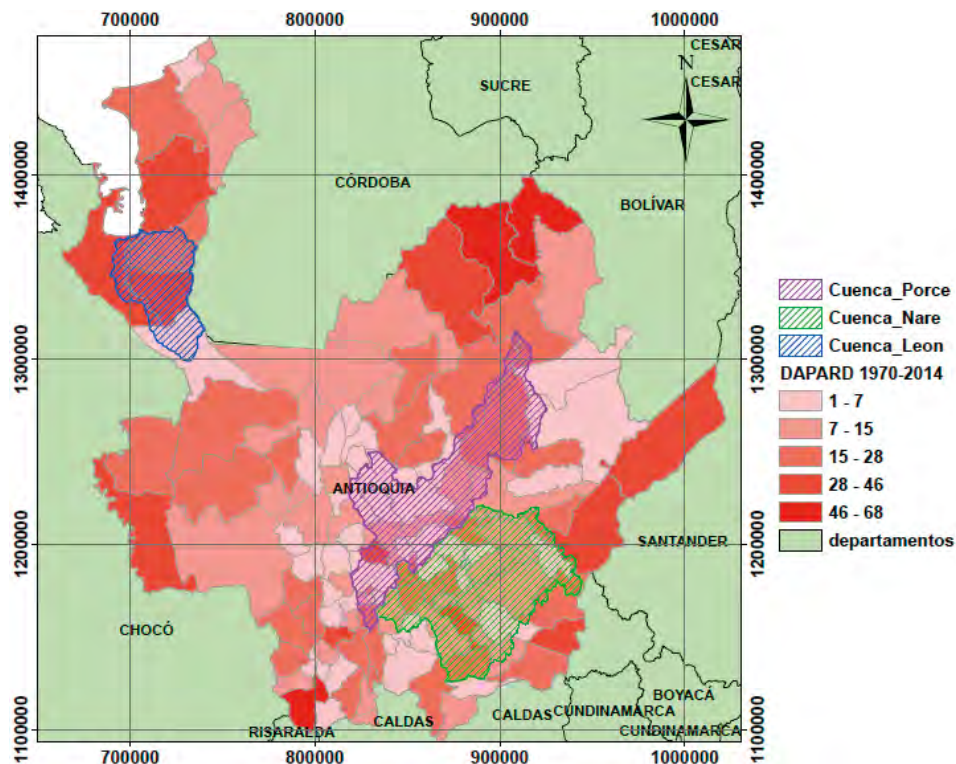
En el caso particular de los deslizamientos se generó, luego de la depuración de información, una reducción considerable de los mismos: en 2011 se tenía un total de 108 deslizamientos siendo este el año con la mayor cantidad de eventos de este tipo, pero al filtrar la información se obtuvo que tan solo se presentaron 13 lo que correspondió a una reducción del 87,9 % del valor antes presentado; algo similar ocurrió en 2010 donde se registraron 102 deslizamientos según la actualización 2010 - 2012, mientras que para este estudio, con la depuración de datos, se encontró que durante ese año no se presentó ningún deslizamiento asociado a eventos hidrológicos.

La obtención de este tipo resultados se puede deber a muchas situaciones siendo destacables dos: la primera sería que efectivamente durante ese año en el departamento de Antioquia no se presentó ningún deslizamiento asociado a eventos hidrológicos por lo que se considerarían los datos como correctos; y la segunda correspondería a que algunos de esos deslizamientos estuvieron asociados a eventos hidrológicos, pero en la base de datos no se precisó su origen, por tal motivo, debido a la falta de claridad de la información base, se depuraron los datos para mantener aquellos relevantes para este estudio.

En cuanto a las avenidas torrenciales e inundaciones se encontró que entre los años 2008 y 2011 la cantidad de eventos registrados y consultados en la base de datos arrojó la misma cantidad, mientras que entre los años 1970 y 2007 se hallaron pequeñas discrepancias en los valores recolectados de la base de datos siendo algo anormal que la información cambiara. En el caso particular del año 2005 en la actualización anterior se presentaron 35 inundaciones en Antioquia mientras que para este estudio se encontraron 49; teniendo en cuenta que solo se utilizó la base de datos DesInventar del DAPARD en ambos estudios, pero recolectada en periodos diferentes, entonces es necesario preguntarse las razones por las que estos datos variaron o la forma de actualización de la base de datos.

La figura 7 ilustra los desastres asociados con eventos hidrológicos entre 1970 y 2014 en el departamento de Antioquia con información recolectada de la base de datos DesInventar del DAPARD.

Figura 7. Mapa de desastres para el departamento de Antioquia entre 1970 y 2014.



Las figuras 5 y 7 presentan diferencias en algunos municipios en los que se presentó mayor cantidad de eventos antes de 1970 a pesar de que estos desastres asociados a eventos hidrológicos sucedieron en menor proporción que en otros territorios. No obstante, la disminución de desastres se aprecia en épocas recientes donde ciertos municipios, ubicados en la periferia del departamento – con excepciones en zonas de alto desarrollo en infraestructura en las cuencas de los ríos Nare y Porce-, fueron más afectados y por ende aumentaron el número de reportes.

2.2 Distribución espacial de los registros de desastres para cada tipo de evento

La resolución espacial de los registros en la base de datos DesInventar corresponde a la unidad municipal. Para un mejor análisis de la información de desastres hace falta el registro de la ubicación exacta del desastre para que sea posible relacionar los

eventos entre sí y asociarlos con información hidrológica (espacial y temporal) o factores de ocupación del territorio que caracterizan los asentamientos humanos afectados por el desastre.

A continuación se presenta la actualización de los desastres en cada municipio del departamento de Antioquia para los últimos cuatro años (entre 2011 y 2014). Este proceso se realizó con el fin de continuar con el análisis desarrollado en las actualizaciones anteriores en las que se presentó la distribución espacial de los registros de desastre asociados con eventos hidrológicos para los años correspondientes. Los resultados mencionados se presentan en las figuras 8, 9, 10 y 11.

La figura 8 ilustra la distribución de los registros de desastres asociados con inundaciones en Antioquia para el año 2011. Durante este periodo se tuvo registro de 119 eventos, siendo las inundaciones las de más ocurrencia durante este año con 76. No se contó con registros de lluvia en el departamento.

En la figura 9 se muestra la distribución de los registros de las inundaciones en Antioquia para el año 2012. En este periodo el desastre que más ocurrió fue el deslizamiento asociado con eventos hidrológicos con 55 eventos, mientras que solo se tuvo una ocurrencia de avenidas torrenciales.

La figura 10 presenta la distribución de los registros de inundaciones en Antioquia para el año 2013. Durante este periodo se tuvo registro de 77 eventos, teniendo a los deslizamientos como los de mayor ocurrencia con 36 eventos.

Finalmente, la figura 11 presenta la distribución de los registros de inundaciones para el año 2014. El número de eventos registrados durante este periodo fue de 35 con ningún desastre de lluvia o socavación; y el mayor número de registros fue de 18 deslizamientos.

Durante los años 2013 y 2014 se presentó un decrecimiento en el número de desastres de cada año con respecto a los registros generales. Entre los periodos 2012 y 2013 hubo una reducción del 19 % en la cantidad de eventos y durante el periodo 2013 y 2014 se presentó una disminución del 55 %. Los deslizamientos fueron el tipo de evento que ocasionó mayor cantidad de daños en contraste con las inundaciones que fueron más recurrentes durante el periodo analizado.

Figura 8. Mapa de desastres para el departamento de Antioquia en 2011.

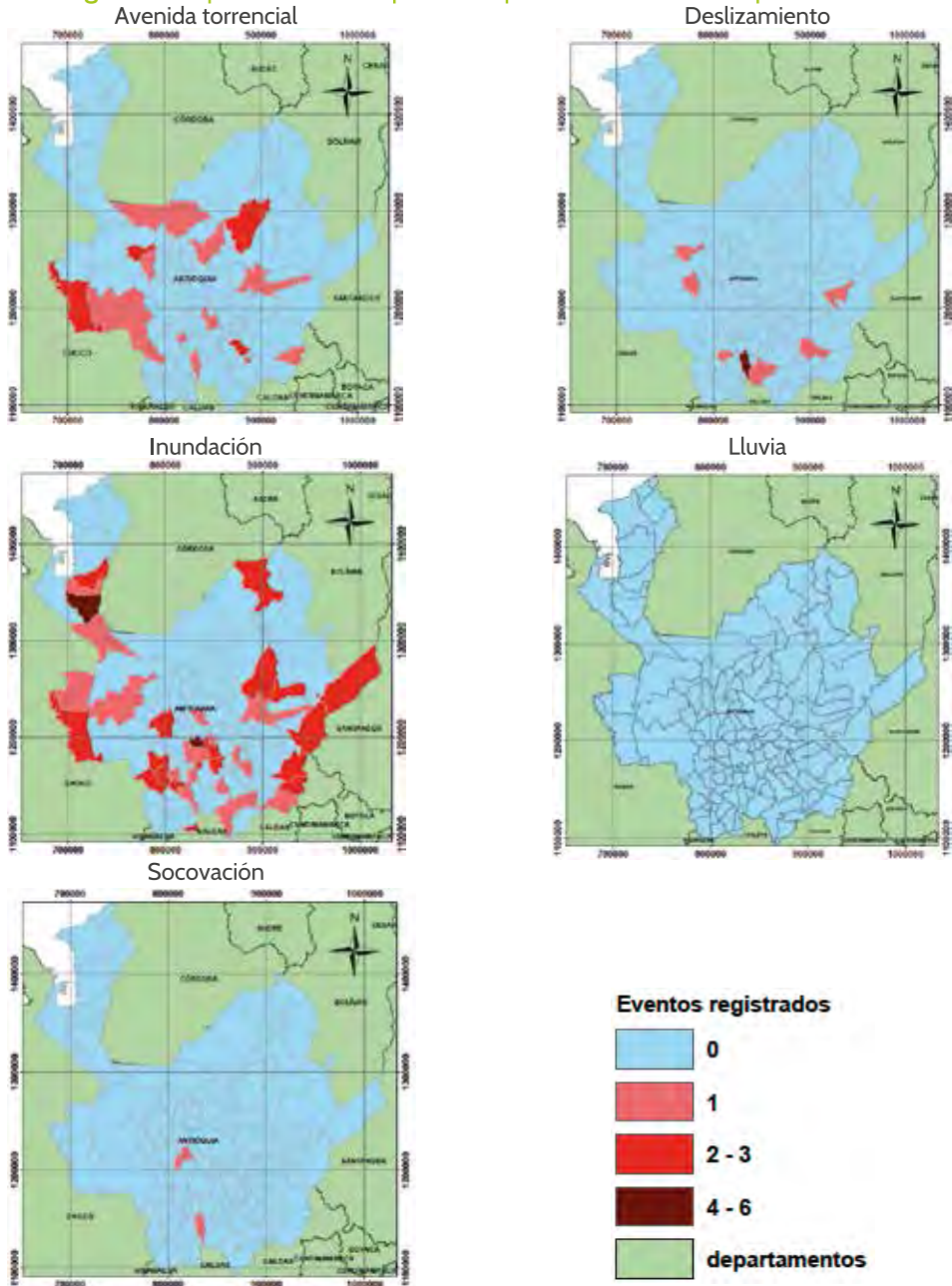


Figura 9. Mapa de desastres para el departamento de Antioquia en 2012.

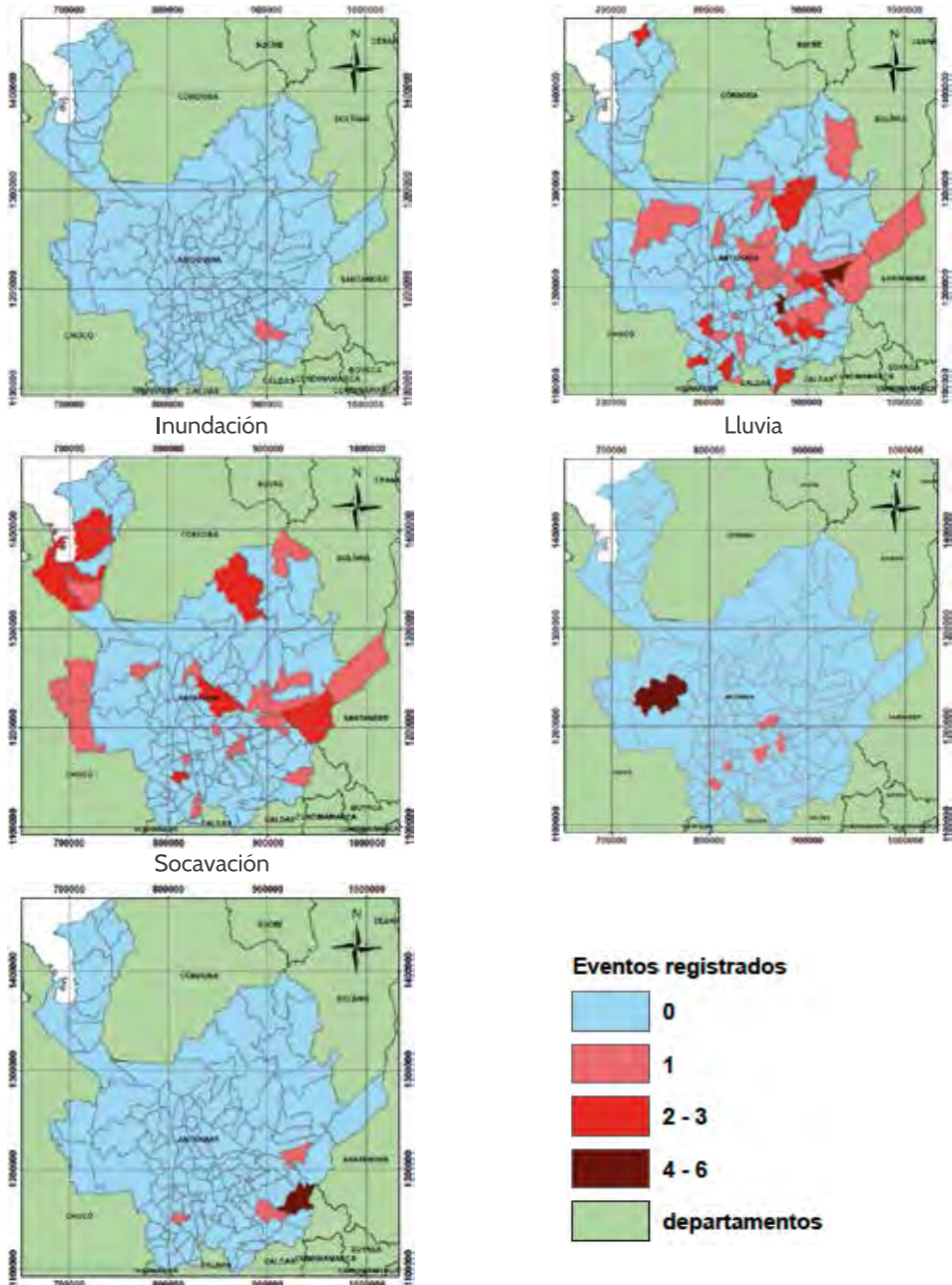


Figura 10. Mapa de desastres para el departamento de Antioquia en 2013.

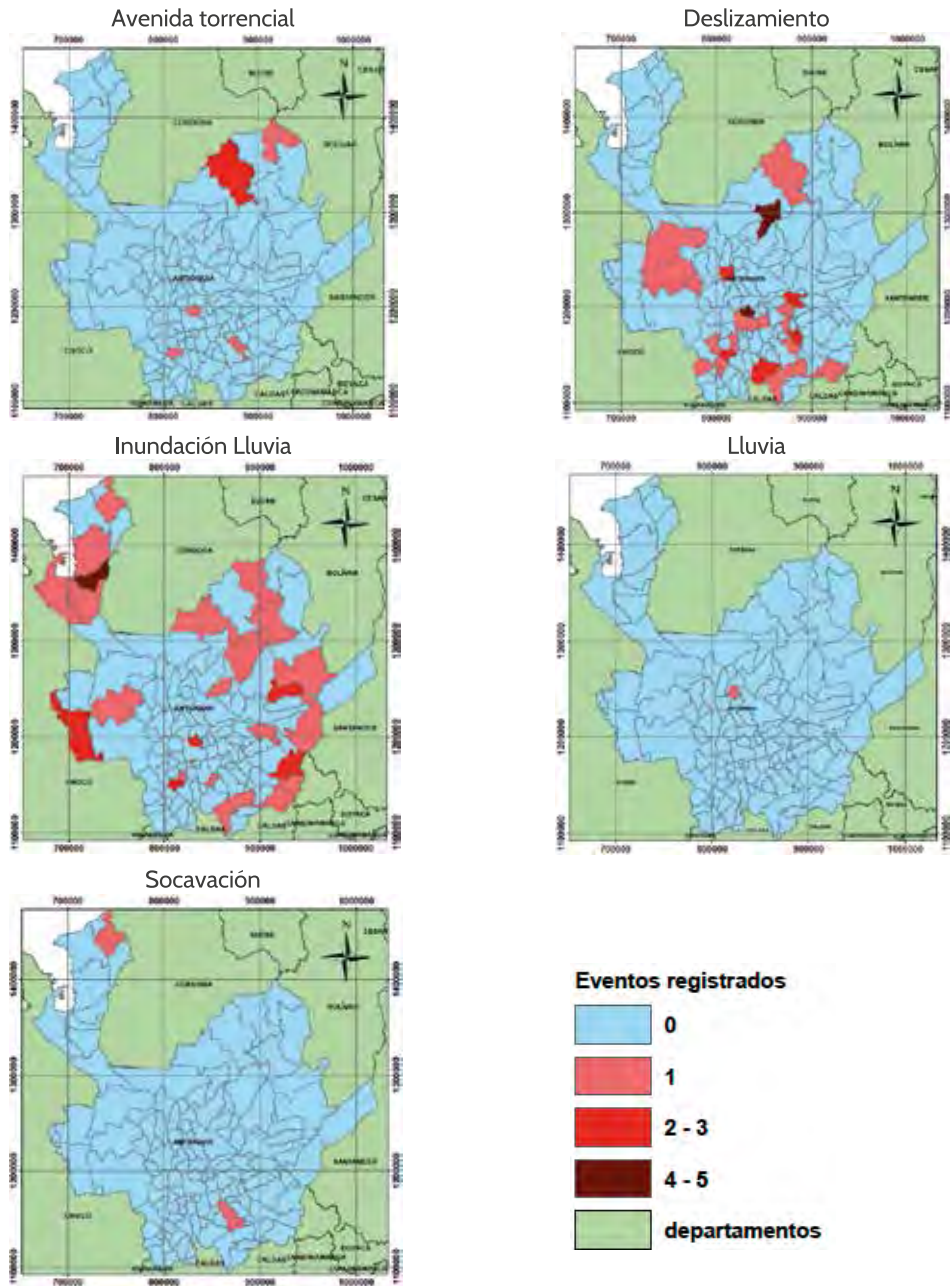
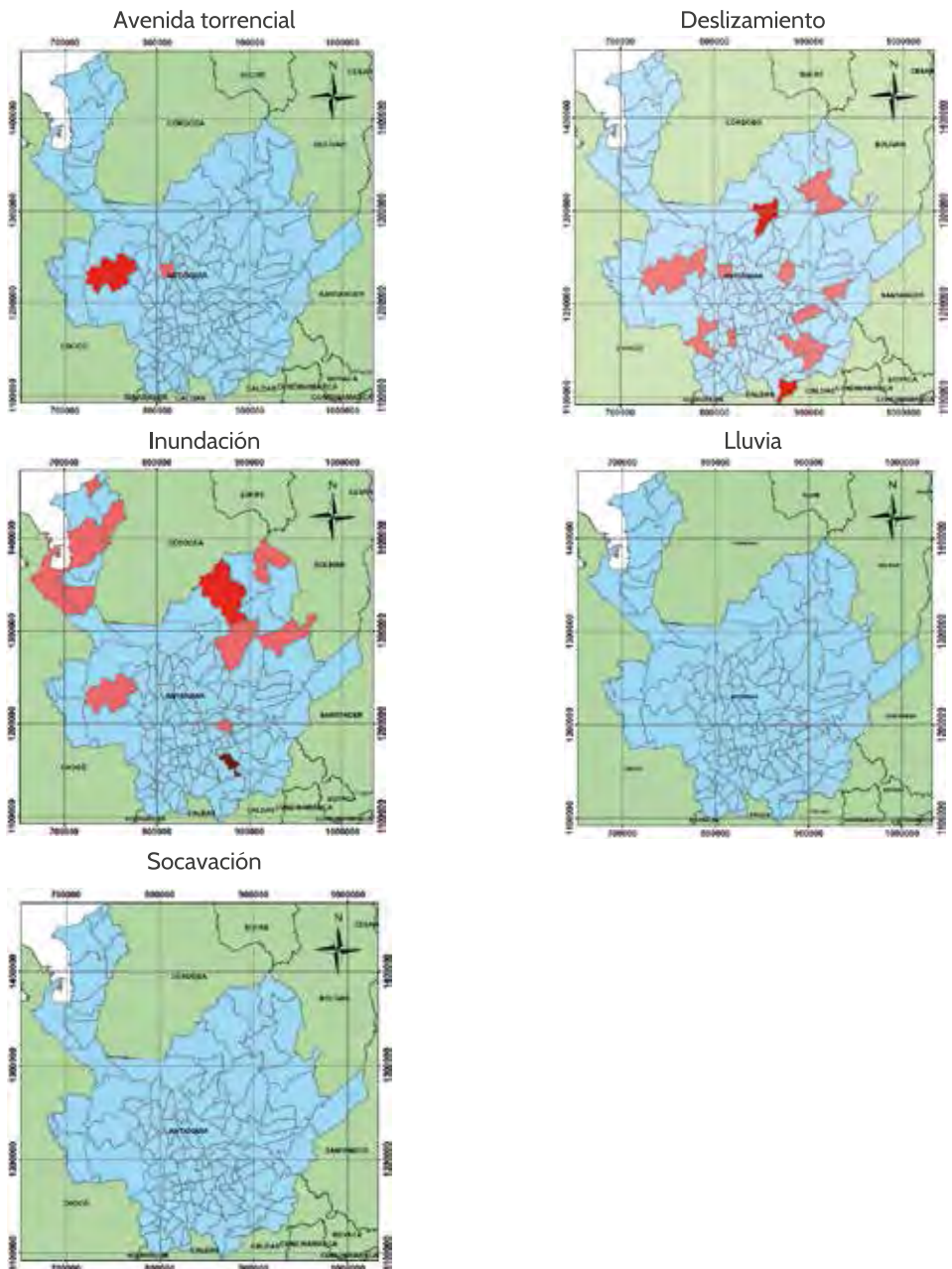


Figura 11. Mapa de desastres para el departamento de Antioquia en 2014.



2.3 Estaciones disponibles en Antioquia

Las estaciones permiten ampliar el conocimiento básico de las condiciones del territorio asociadas a los tipos de eventos hidrológicos. La calidad y la cantidad de esta información son necesarias para el diseño y la planeación de medidas de control y de prevención del riesgo.

En la tabla 1 se presentan los diferentes tipos de estaciones que recolectan información hidrológica. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM- es la entidad estatal que recolecta información y la publica de forma libre; las otras entidades que pueden ser de carácter público, semipúblico o privado, por contar con proyectos estratégicos en las zonas con estaciones no permiten el libre tránsito de la información a menos que se haga bajo condiciones excepcionales y con su respectivo consentimiento.

Tabla 1. Estaciones disponibles en Antioquia.

ENTIDAD	AM	CO	CP	LG	LM	ME	PG	PM	SP	SS	TOTAL GENERAL
ADENAVI					3						3
CHEC					2	2	1	2			7
CVM					1						1
ECA		2								2	4
EDA							1	82			83
EPM		8	16	166	58		120	69			437
FFNN								9			9
FNC	3	3				1		25			32
ICEL								4			4
IDEAM	7	54	14	70	52	5	40	135	3	1	381
IGAC								9			9
INGETEC								1			1
ISA					1						1
MINAG		3						5			8
MOP								1			1
Particular		4			1			7			12
TOTAL GENERAL	7	74	33	236	118	8	162	349	3	3	993

donde:

- **AM** = Agrometeorológica.
- **CO** = Climatológica ordinaria.
- **CP** = Climatológica principal.
- **LG** = Limnigráfica.
- **LM** = Limnimétrica.
- **ME** = Meteorológica especial.
- **PG** = Pluviográfica.
- **PM** = Pluviométrica.
- **SP** = Sinóptica principal.
- **SS** = Sinóptica suplementaria.

Como se muestra en la tabla anterior Empresas Públicas de Medellín – EPM- y el IDEAM cuentan con el mayor número de estaciones en el departamento. EPM a pesar de ser una entidad pública no permite el libre acceso de la información que registran las estaciones debido a múltiples proyectos de inversión en Antioquia, pero dadas las características de esta entidad, los datos pueden ser solicitados mediante acuerdos de confidencialidad, permitiendo el desarrollo de iniciativas para el cálculo de eventos hidrológicos extremos y el diseño de medidas de mitigación y de prevención del riesgo.

El IDEAM, por su parte, sí brinda acceso gratuito a la información lo que permite que el cálculo de eventos hidrológicos extremos para diferentes áreas del territorio sea sencillo y ágil dado que los requerimientos de acceso a la información permiten el desarrollo de proyectos. Teniendo como base la información de estas entidades se podría afirmar que el departamento cuenta con suficientes datos para el diseño y la ejecución de planes de mitigación y de prevención del riesgo, pero esto no sucede en realidad en algunas zonas del Antioquia.

La información que se puede obtener de cada tipo de estación es fundamental para el cálculo de eventos extremos. Las estaciones presentadas en la tabla 1: pluviométricas, limnimétricas, sinópticas principales y sinópticas suplementarias fueron descartadas para el cálculo de caudales extremos debido a la forma como se recolectó la información porque temporalmente no presentaron un detalle suficiente para tener valores confiables de los aspectos esperados bajo condiciones hidrológicas extremas.

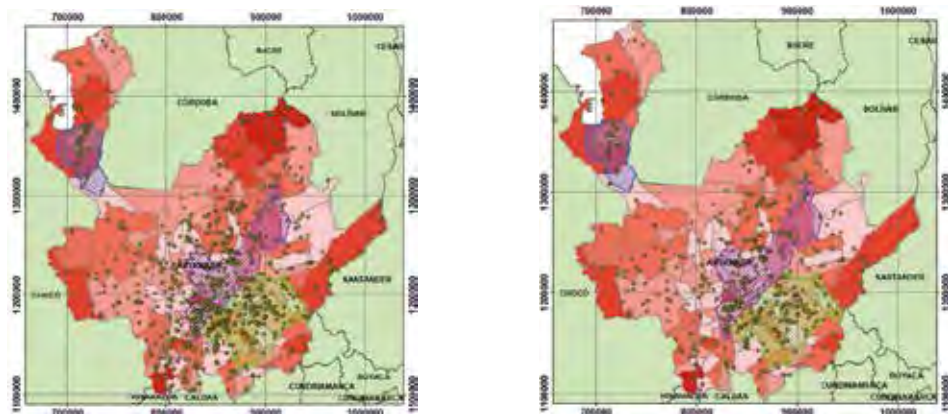
En el caso particular del IDEAM el número de estaciones totales con las que cuenta la entidad es de 381, pero el mayor número de estas son estaciones pluviométricas y

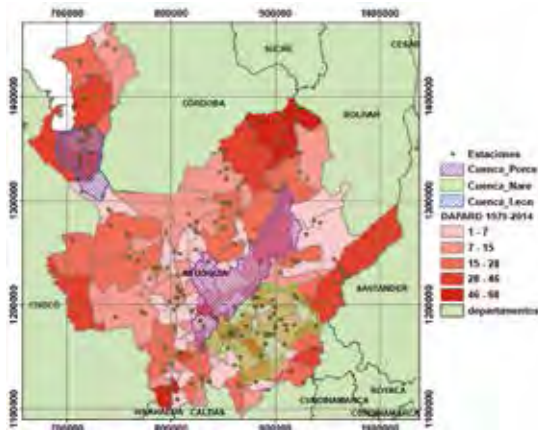
limnimétricas. Ese tipo de estaciones corresponden al 49 % del total de las disponibles: 187 estaciones, de las cuales 52 son limnimétricas y 135 pluviométricas. Esto indica que menos del 50 % de sus estaciones disponibles en Antioquia permiten el cálculo de eventos hidrológicos extremos, teniendo en cuenta que el departamento tiene 125 municipios y el número de estaciones disponibles para el desarrollo de proyectos de mitigación y de prevención del riesgo es de 190, es decir, que cada municipio cuenta en promedio con 1,5 estaciones, es decir, que algunos territorios tienen más de una estación y otros ninguna.

La principal problemática generada por este déficit de información es la incertidumbre que se presenta en el momento de ocurrencia de algún evento hidrológico extremo. En el caso de los municipios sin información suficiente o nada de información la forma de diseñar planes de prevención del riesgo por inundación se da por tres vías: la primera, no se desarrolla el plan; la segunda, solo se concentra en informar sobre eventos ocurridos en forma de reportes sin tener en cuenta la mitigación o la prevención de futuros eventos; y la tercera, desarrollar estudios, pero con grandes vacíos de información e incertidumbre en los resultados construidos bajo suposiciones o extrapolación de información de otros municipios.

En la figura 12 se presenta la distribución espacial de las estaciones mencionadas en la tabla 1 donde la primera figura de la izquierda corresponde a la información de todas las estaciones disponibles; la imagen de la derecha corresponde a las estaciones disponibles en Antioquia pertenecientes al IDEAM y la figura de abajo en el centro corresponde a las estaciones disponibles del IDEAM que permiten el cálculo de eventos hidrológicos extremos.

Figura 12. Mapa de estaciones disponibles en Antioquia.





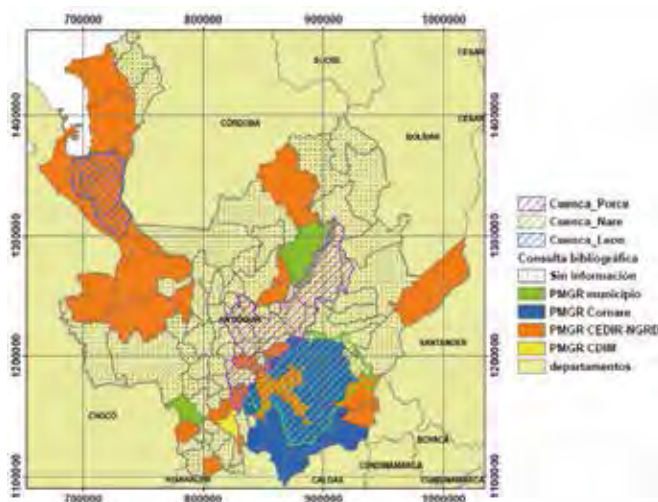
2.4 Planes de manejo y gestión del riesgo disponibles en Antioquia

El estado de los planes de manejo y de gestión del riesgo en el departamento de Antioquia está altamente ligado a tres variables: la primera es el desarrollo general del municipio en el que se ha generado el plan; la segunda es el interés político de las entidades que ejercen control sobre ese territorio (municipal, regional o por aglomeración de alguna entidad de control); y, la tercera variable corresponde a la información disponible tanto de eventos registrados como de la amenaza de eventos futuros.

La recolección de la información de los planes de manejo y de gestión del riesgo se desarrolló con las bases de datos disponibles para cada municipio y las diferentes entidades del territorio. La información se separó en dos tipos: la de los municipios que cuentan con planes de manejo y de gestión del riesgo que presenten información de riesgo por inundación; y la de los municipios que no cuentan con estos, pero que en sus planes de ordenamiento territorial o de desarrollo mencionan la gestión del riesgo general y de forma particular el riesgo por inundación.

La figura 13 presenta la distribución espacial de los municipios en el departamento de Antioquia que cuentan con planes de manejo y gestión del riesgo.

Figura 13. Mapa de municipios con planes de manejo y gestión del riesgo (PMGR) en Antioquia.

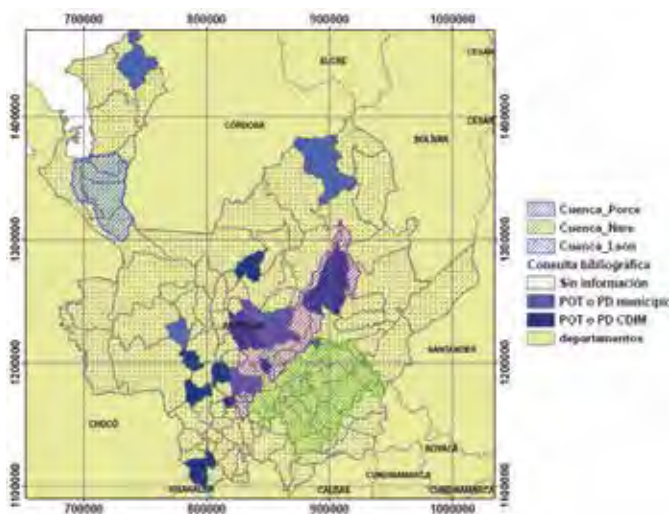


Como se muestra en la figura los datos se obtuvieron de cuatro fuentes de información diferentes: el color verde corresponde a los planes disponibles en la página web de los municipios y que fueron desarrollados de forma particular por cada territorio sin intervención de alguna entidad externa; el color azul delimita los planes en los que Cornare asoció todos los municipios pertenecientes a la cuenca del río Nare y se encuentran en la base de datos de la entidad, algunos de estos municipios además de desarrollar el plan en asociación con la autoridad ambiental cuentan con planes individuales de manejo y de gestión del riesgo; de color naranja se presenta la información de los planes desarrollados en el departamento con asesoría del NGRD y el DAPARD; y, finalmente, el color amarillo presenta los municipios en los que se encontraron planes de manejo y de gestión del riesgo en la base de datos del Sistema de documentación e información municipal –CDIM– que agrupa todos los planes de los municipios que registran su información de forma pública.

Vale destacar que el CEDIR, Centro de documentación e información de gestión del riesgo de desastres de Colombia, es el encargado de recolectar y asesorar el desarrollo de los planes de manejo y de gestión del riesgo para todos los municipios del país.

La figura 14 presenta la distribución espacial de los municipios de Antioquia que cuentan con planes de ordenamiento territorial o planes de desarrollo con información de gestión del riesgo por inundación.

Figura 14. Mapa de municipios de Antioquia con planes de ordenamiento territorial (POT) o plan de desarrollo (PD).



Los datos de la figura 14 se obtuvieron de dos fuentes de información: de los planes de ordenamiento territorial y los de desarrollo. El color azul claro corresponde a los municipios con estudios publicados en sus páginas web y que fueron desarrollados sin intervención de alguna entidad externa; y los de color azul oscuro corresponde a los municipios que cuentan con planes disponibles en la base de datos del CDIM. También se tuvieron en cuenta los municipios que no tenían información asociada a eventos hidrológicos a pesar de que algunos de estos contarán con planes de ordenamiento territorial o de desarrollo que no hacían mención a la gestión del riesgo en términos generales o por inundación.

El total de planes de manejo y de gestión del riesgo encontrados en los 125 municipios en Antioquia fue de 67 que equivale al 44 % del total del territorio. La mayor concentración de estos se presentó en las regiones de Urabá y del Nare y algunos municipios aislados en el norte y en el suroeste del departamento. La cobertura de planes de ordenamiento territorial o de planes de desarrollo con información relevante fue del 19 % en tan solo 29 municipios. Es preocupante la gran cantidad de territorios que no cuentan con información de planes de gestión del riesgo por inundación, 56 municipios (38 %); además, se debe tener en cuenta que ese 38 % corresponde a zonas donde ha habido afectación por eventos hidrológicos a lo largo de los años y más recientemente en territorios del norte del Antioquia.

En el caso del Valle de Aburrá se apreció una falta de comunicación entre los diferentes municipios que lo componen, ya que no existe un lineamiento sobre cómo se deben presentar los estudios o su desarrollo teniendo tanto planes de manejo y de gestión del riesgo como planes de ordenamiento territorial y de desarrollo. Pero si se tiene en cuenta la asociación de los municipios en planes conjuntos para sus zonas urbanas se puede evidenciar que existe una red de riesgo que abarca todo el Valle de Aburrá, estudio desarrollado por el SIATA en el año 2007, y que recoge información de los diferentes planes de ordenamiento de cada territorio de esta área metropolitana.

2.5 Índice Oni-Enso

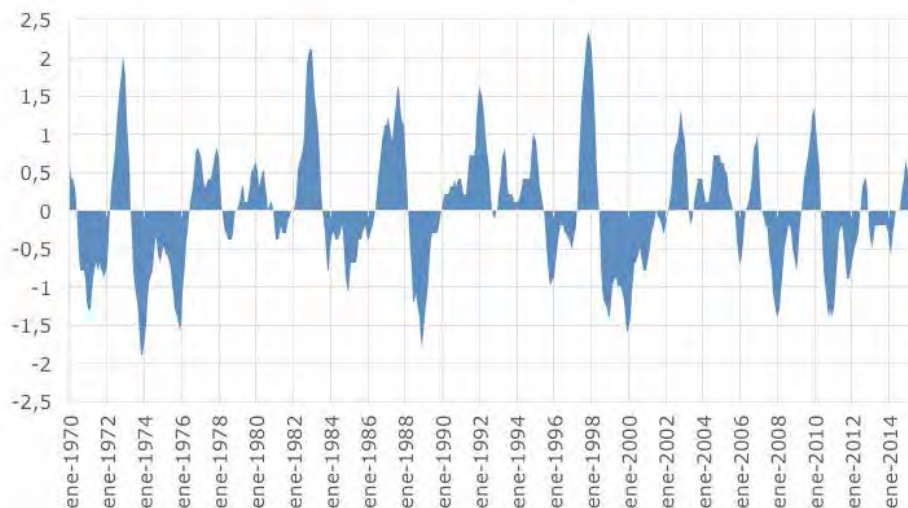
El índice oceánico de El Niño, conocido como ONI (*Oceanic Nino Index*), corresponde al coeficiente utilizado por la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) del departamento de Comercio de Estados Unidos para determinar los periodos en los que se presenta el evento ENSO (El Niño *Southern Oscillation*) que en Colombia se identifica como el fenómeno de El Niño responsable del aumento de temperaturas con periodos cálidos de baja humedad y precipitaciones, y el fenómeno de La Niña que genera periodos fríos con aumentos en los niveles de humedad y de precipitación.

El índice ONI tiene diferentes rangos de intensidad para los fenómenos presentados y sus implicaciones en el territorio:

- $-1,5 > \text{ONI}$ = se presenta fenómeno de La Niña de fuerte a muy fuerte.
- $-1,5 < \text{ONI} < -0,5$ = se presenta fenómeno de La Niña de débil a moderado.
- $-0,5 < \text{ONI} < 0,5$ = no se presenta ENSO.
- $0,5 < \text{ONI} < 1,5$ = se presenta fenómeno de El Niño de débil a moderado.
- $\text{ONI} > 1,5$ = se presenta fenómeno de El Niño de fuerte a muy fuerte.

En la figura 15 se presenta el índice de El Niño oceánico (ONI) entre los años 1970 y 2015.

Figura 15. Índice de El Niño oceánico (ONI) entre 1970 y 2015.



Fuente. <http://www.cpc.noaa.gov>

Como se puede observar en la figura anterior el comportamiento del índice ONI es muy variable a lo largo de los años analizados, pero a pesar de esto se aprecia una periodicidad de cuatro años entre eventos ENSO. En el caso específico de análisis de inundaciones y de avenidas torrenciales se tiene un comportamiento similar de los desastres con respecto a aquellos con un valor de ONI menor a $-0,5$.

Los periodos con mayor cantidad de desastres fueron los años 1996 y entre 2006 y 2014 con excepción del año 2010 que presentó una disminución en el número de eventos registrados (figura 6). Si se comparan estos datos con la información de la figura 15 se puede apreciar que el índice ONI en el año 1996 tuvo un pico negativo que generó un periodo de fenómeno de La Niña débil casi moderado después de un periodo de fenómeno de El Niño bastante prolongado lo que podría explicar las causas de la gran cantidad de eventos registrados ocasionados por la falta de preparación de las comunidades y de las entidades de mitigación y de prevención para ese periodo frío, y el cambio de las condiciones del terreno durante el periodo cálido que generó mayor afectación durante el periodo frío.

En el tiempo comprendido entre 2006 y 2014 se pueden apreciar dos periodos de moderados a fuertes del fenómeno de La Niña con un periodo de débil a moderado del fenómeno de El Niño lo que explica las fluctuaciones en el número de desastres registrados en todo el departamento. De igual forma entre los años 2013 y 2014 se dio una disminución donde no hubo presencia del evento ENSO por lo que la

reducción en el número de desastres se pudo justificar por una disminución en el número de eventos hidrológicos extremos y no por otros factores externos como mejoras en los niveles de mitigación y de prevención de desastres.

Finalmente, la tendencia de los registros de la NOAA evidenció, para el año 2015, un aumento en el índice ONI por lo que se previó un periodo cálido de fenómeno de El Niño. Esto significó que se esperaba una disminución en el número de desastres asociados a eventos hidrológicos extremos para ese periodo y las entidades que ejercen control sobre la mitigación y la prevención del riesgo en el departamento debieron aprovechar ese tiempo para implementar medidas que le permitieran a los diferentes municipios estar preparados ante posteriores fenómenos de La Niña.

3. ESTADO EN LA CUENCA DEL RÍO LEÓN

La cuenca del río León delimita con cinco municipios de la subregión de Urabá al noroccidente del departamento de Antioquia, de estos tan solo tres están cubiertos en más de un 40 % por el área que abarca la cuenca y uno de los dos municipios restantes solo comparte 319 km² con la cuenca que tiene un total de 2194 km², valor aproximado y muy variable ya que la cuenca del río León tiene dificultades para ser representada adecuadamente debido a las bajas pendientes que se encuentran en toda la zona de Urabá y también porque el río desemboca directamente en el Atlántico formando manglares y ciénagas, por lo que no se logra definir la forma de la corriente.

En la tabla 2 se presentan los municipios que comparten área con la cuenca del río León, el área total del municipio, el área que comparten dichos municipios con la cuenca, el porcentaje de participación del municipio dentro de la cuenca y el porcentaje que comparte cada municipio en la cuenca con respecto a su área total.

Tabla 2. Área de ocupación de los municipios que hacen parte de la cuenca del río León.

MUNICIPIO	ÁREA MUNICIPIO (km ²)	ÁREA DE PARTICIPACIÓN (km ²)	PARTICIPACIÓN EN LA CUENCA	OCUPACIÓN DEL MUNICIPIO EN LA CUENCA
Apartadó	556	336	15,3 %	60,4 %
Chigorodó	728	696	32,7 %	95,6 %
Carepa	384	384	17,5 %	100 %
Mutató	1237	459	20,9 %	37,1 %
Turbo	2971	319	14,6 %	10,7 %

Turbo es el municipio que comparte la menor área con la cuenca del río León con tan solo 14,6 % y 10,7 % del área total del municipio. Si se analiza esta ocupación con respecto al número de desastres sucedidos durante la última actualización, entre los años 2011 y 2014, se evidencia que el municipio tuvo una importante participación en el número de inundaciones, especialmente en el año 2012.

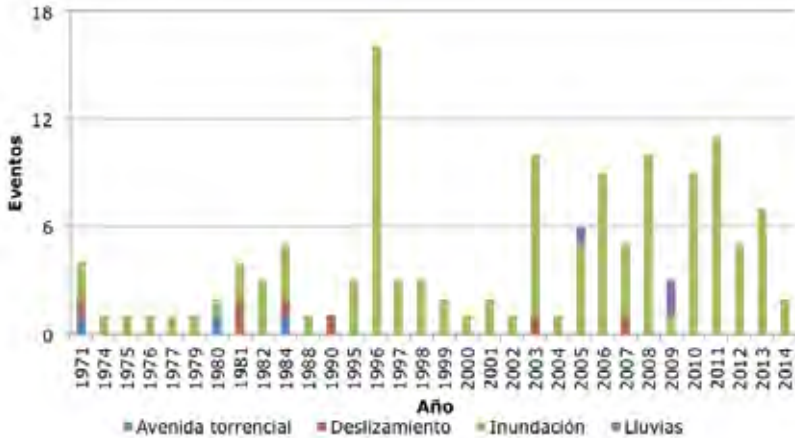
Teniendo en cuenta lo anterior y analizando la información espacial del territorio se puede apreciar que este se encuentra dividido en dos por un estrechamiento de su área en su parte central donde la zona del municipio que hace parte de la cuenca se encuentra en una pequeña porción al sur en la parte alta de la cuenca, mientras que la mayor parte de centros poblados y asentamientos humanos se encuentran al norte, por lo que existe una mayor probabilidad de que los eventos que fueron reportados para Turbo no hayan ocurrido dentro de la cuenca del río León sino en las cuencas al norte de esta.

En el caso del municipio de Mutatá, a pesar de que su participación dentro del área de la cuenca es de tan solo 20,9 % y su ocupación en la cuenca de 37,1 %, se encontró que la mayor parte de centros poblados se hallan dentro de la zona compartida por el municipio y la cuenca, por lo que es más probable que la ocurrencia de los eventos analizados se diera en esas zonas. Esto mismo ocurrió para los municipios de Apartadó y Carepa, ya que el porcentaje de ocupación es superior. El único municipio donde se podría afirmar que todos los desastres asociados a eventos hidrológicos ocurrieron en la cuenca del río León fue Chigorodó, ya que la cuenca cubre la totalidad de su territorio.

Como se ha visibilizado a lo largo de esta actualización la mayor limitación al momento de clasificar los desastres en sus respectivas zonas de influencia directa es la localización georreferenciada y detalladas de cada punto de afectación debido a la poca información de este tipo y a pesar de que los datos actuales son los adecuados para una caracterización global a escala municipal no lo es para otros tipos de análisis a menos de que estos sean más específicos.

La figura 16 presenta los desastres asociados con eventos hidrológicos de la base de datos del DesInventar del DAPARD en la cuenca del río León entre los años 1970 y 2014. En esta se aprecian cuatro de los cinco tipos de eventos inicialmente analizados. Durante ese periodo no se presentaron socavaciones por lo que no son incluidos en la gráfica.

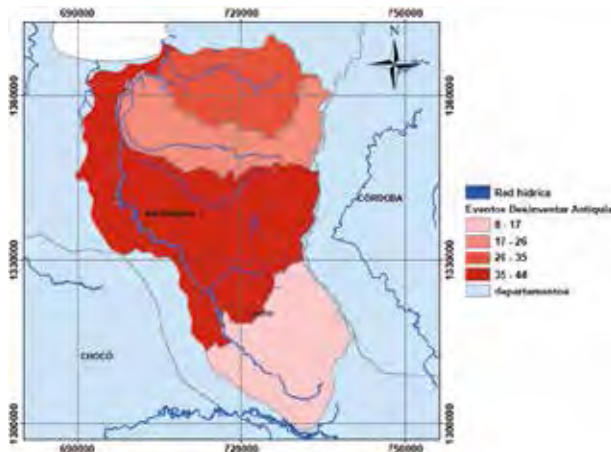
Figura 16. Eventos en la cuenca del río León entre 1970 a 2014 recolectados a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD.



En el caso particular de la cuenca del río León y de forma general en la subregión de Urabá se esperaba que un gran número de desastres se encontraran asociados con inundaciones debido a las condiciones topográficas de la zona y a que la mayor parte de los asentamientos humanos no respetaron los retiros mínimos permitidos al construir viviendas cerca de las corrientes.

Como se muestra en la figura anterior el año en el que se presentaron mayores desastres fue 1996, periodo donde se presentó el fenómeno de La Niña con 16 inundaciones. Igualmente, se aprecia que después de ese año la tendencia continuó siendo baja hasta el año 2003 con menos de tres eventos por año.

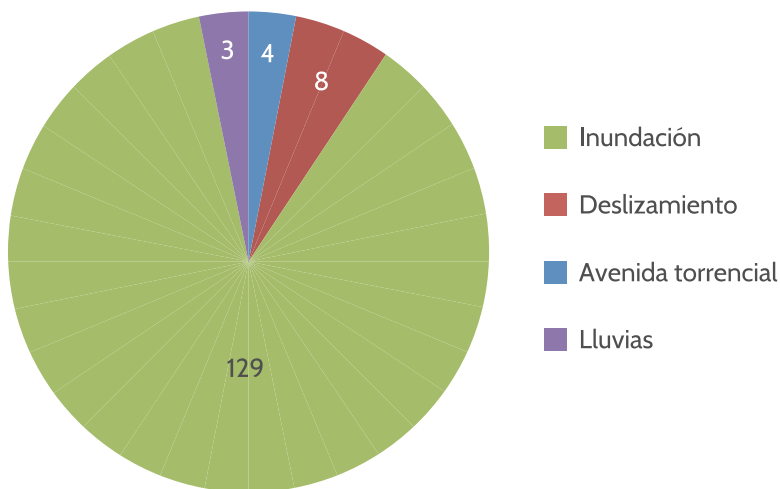
Figura 17. Mapa de desastres para la cuenca del río León entre 1970 y 2014.



Como se muestra en la figura 17 en el municipio de Turbo (al occidente de la cuenca del río León) se presentaron entre 35 y 44 desastres asociados a eventos hidrológicos. Se aprecia que en la parte alta de la cuenca el municipio se estrecha mientras que en la parte baja, por ser fronterizo con el municipio de Carepa (en el centro de la cuenca) que también presentó entre 35 y 44 desastres registrados, tiene menos asentamientos humanos en la zona, por lo que muchos de esos eventos reportados para esa zona geográfica pudieron suceder en cuencas aledañas a la del río León.

La figura 18 presenta la distribución porcentual de los desastres asociados con eventos hidrológicos para la cuenca del río León. En la gráfica circular se puede apreciar que los eventos que más relevancia tuvieron fueron las inundaciones con una diferencia considerable con respecto a los otros eventos. Igualmente, se puede observar que para esa cuenca no hubo eventos de socavación.

Figura 18. Eventos en la cuenca del río León a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD.



Como se presentó en la figura 13 la cuenca del río León cuenta con una cobertura total de planes de manejo y de gestión del riesgo ya que toda la zona de Urabá presenta información completa y detallada de eventos registrados en las zonas urbanas y rurales y los posibles planes de mitigación del riesgo por inundación.

La información sobre planes de gestión y de prevención del riesgo para la cuenca del río León es la más destacada del estudio por ser la única en la que todos los municipios cuentan con dichos estudios.

En cuanto a la información disponible a partir de estaciones, como los territorios de mayor afectación y las corrientes principales, aún hace falta más detalle, más tiempo de registros y ampliar el rango de los datos instalando estaciones en zonas afectadas.

La información de las estaciones disponibles en la cuenca del río León, de forma comparativa con las otras dos cuencas analizadas, es la más completa. La cobertura de la cuenca es de 9,7 estaciones por cada 100 km² de esta; datos que se obtuvieron cuando se analizó el total de estaciones dentro de la cuenca; pero este número decrece considerablemente cuando se tienen en cuenta solo las que permiten el cálculo de caudales extremos, pasando de 31 a 14, todas de propiedad del IDEAM y que se encuentran disponibles, de forma gratuita, para proyectos de desarrollo de las regiones. A pesar de ello sigue siendo la cuenca con mayor cobertura con 4,4 estaciones para el cálculo de caudales extremos por cada 100 km² de cuenca.

4. ESTADO EN LA CUENCA DEL RÍO NARE

La cuenca del río Nare delimita con 27 municipios del departamento de Antioquia y cubre completamente 11; cinco municipios se encuentran en la periferia de la cuenca y cada uno ocupa una porción menor al 5 % de esta y el área que estos municipios comparten con la cuenca es menor al 32 % del área total de cada uno de los territorios.

La cuenca del río Porce comparte con la cuenca del río Nare cuatro municipios del departamento: Guarne, San Vicente Ferrer, Santo Domingo y Yolombó. En general, todos los territorios, con excepción de Yolombó, tienen una ocupación superior al 60 % del total del área de cada municipio, lo que significa que es más probable que los eventos registrados en DesInventar como desastres se hayan presentado en la cuenca del río Nare y no en la cuenca del río Porce, pero debido a la dificultad para identificar la localización exacta y su adecuada asignación a la cuenca respectiva tanto la cuenca del río Nare como la del río Porce presentarán el mismo registro de eventos en la base de datos DesInventar.

En la tabla 3 se presentan los municipios que comparten área con la cuenca del río Nare, el área total del municipio, el área que comparten dichos municipios con la cuenca, el porcentaje de participación del municipio dentro de la cuenca y el porcentaje que comparte cada municipio en la cuenca con respecto a su área total.

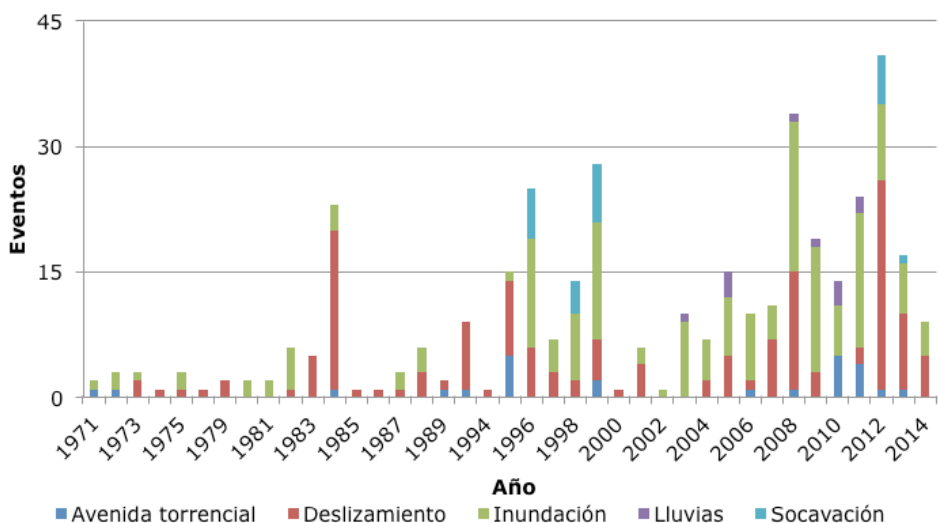
Tabla 3. Área de ocupación de los municipios que hacen parte de la cuenca del río Nare

MUNICIPIO	ÁREA MUNICIPIO (km ²)	ÁREA DE PARTICIPACIÓN (km ²)	PARTICIPACIÓN EN LA CUENCA	OCUPACIÓN DEL MUNICIPIO EN LA CUENCA
Alejandro	132	132	2,4 %	100 %
Caracol	265	265	4,7 %	100 %
Cisneros	47	47	0,8 %	100 %
Cocorná	226	226	4,0 %	100 %
Concepción	182	174	3,1 %	95,6 %
El Carmen de Viboral	442	396	7,1 %	89,6 %
El Peñol	144	144	2,6 %	100 %
El Retiro	270	195	3,5 %	72,2 %
El Santuario	71	71	1,3 %	100 %
Granada	188	188	3,4 %	100 %
Guarne	165	125	2,2 %	75,8 %
Guatapé	82	82	1,5 %	100 %
La Ceja del Tambo	130	71	1,3 %	54,6 %
Maceo	390	111	2,0 %	28,5 %
Marinilla	116	116	2,1 %	100 %
Puerto Berrío	1221	50	0,9 %	4,1 %
Puerto Nare	668	221	3,9 %	33,1 %
Rionegro	195	195	3,5 %	100 %
San Carlos	720	720	12,8 %	100 %
San Francisco	363	190	3,4 %	52,3 %
San Luis	423	332	5,9 %	78 %
San Rafael	361	361	6,4 %	100 %
San Roque	425	425	7,6 %	100 %
San Vicente Ferrer	221	152	2,7 %	68,8 %
Santo Domingo	265	196	3,5 %	74,0 %
Sonsón	1342	330	5,9 %	24,6 %
Yolombó	1012	91	1,6 %	9,0 %
TOTAL	10112	5596	100 %	-

Como se aprecia en la tabla anterior la cuenca del río Nare presentó el mayor promedio de ocupación de municipios en la cuenca con respecto a las otras con un total del 76,3 %.

La figura 19 presenta los desastres reportados en la cuenca del río Nare registrados entre 1970 y 2014 en la base de datos DesInventar asociados a los cinco tipos eventos hidrológicos analizados.

Figura 19. Eventos en la cuenca del río Nare entre 1970 y 2014 recolectados a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD.



Como se aprecia en la figura anterior los desastres registrados para la cuenca del río Nare tuvieron una tendencia ascendente con grandes fluctuaciones entre los años 2000 y 2012 con varios años atípicos: 1984, 1995, 1996 y 1999.

El comportamiento de los eventos registrados fue similar a la situación vista para la cuenca del río León donde los picos de eventos se dieron durante los periodos más fuertes de fenómeno de La Niña con algunas excepciones que pueden estar asociadas a situaciones poblacionales y sociales independientes a la implementación de medidas de prevención y de mitigación del riesgo por eventos hidrológicos extremos; estos se dieron durante los periodos entre 1973 y 1977 al igual que entre 1999 y 2000 donde se vivieron periodos de moderados a fuertes del fenómeno de La Niña que no se vieron reflejados en un aumento en el número de desastres.

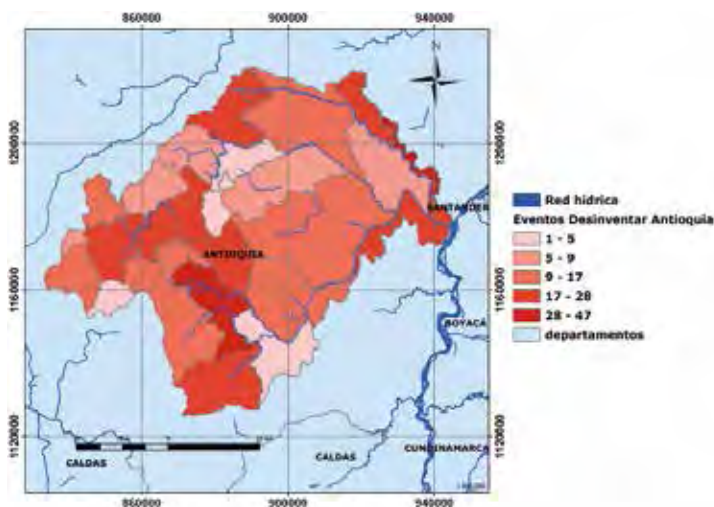
En el caso de los años 2013 y 2014 se apreció un decrecimiento gradual en el número de desastres que se podrían asociar a una transición entre periodos sin ENSO cercano al fenómeno de La Niña a una tendencia hacia débil y moderado de un fenómeno de El Niño.

A diferencia de la cuenca del río León donde se distinguió una clara amenaza de inundaciones debido a las condiciones topográficas de la zona en la cuenca del río Nare no existe un tipo de evento que se presentara más que otro; sin embargo, sí se pudo apreciar que en algunos años hubo un evento predominante.

En el caso de los años 1984 y 2012 el evento predominante fue el deslizamiento con 19 y 25 eventos respectivamente. En todos los demás se tuvo más de 20 desastres al año y se apreció que el evento predominante fue la inundación con varios casos de avenidas torrenciales. La socavación y la lluvia no representaron un valor considerable con respecto a los otros desastres registrados.

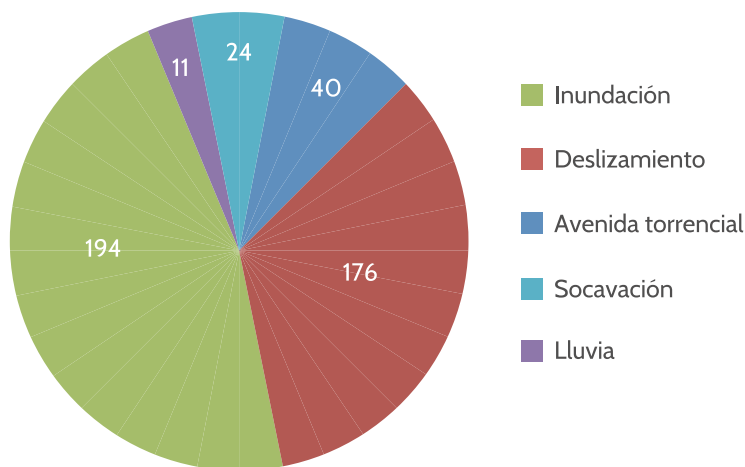
La figura 20 presenta el mapa de desastres registrados entre 1970 y 2014 en la base de datos DesInventar para la cuenca del río Nare.

Figura 20. Mapa de desastres para la cuenca del río Nare entre 1970 y 2014.



La figura 21 presenta la distribución de los cinco desastres registrados en el DesInventar para la cuenca del río Nare.

Figura 21. Eventos en la cuenca del río Nare a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD.



Como se apreció en las figuras anteriores, en términos generales, todos los municipios pertenecientes a la cuenca se ven afectados en igual proporción por los desastres asociados a eventos hidrológicos, pero más en los municipios del suroccidente y nororiente de la cuenca. Los tipos de eventos que generaron mayor afectación fueron las inundaciones y los deslizamientos con 194 y 176 eventos registrados que abarcaron un 83 % del total. Los otros eventos analizados representaron solo un 17 % y los desastres por lluvia solo con un 2 %.

Como se muestra en la figura 13 la cuenca del río Nare cuenta con una amplia cobertura de planes de manejo y de gestión del riesgo, ya que la mayor parte de la cuenca tiene alianzas con entidades de control como Cornare con la que desarrolla los estudios requeridos. La cuenca cuenta con una cobertura del 86 % de municipios con planes de mitigación y de prevención del riesgo por inundación. De los 27 municipios que hacen parte de esta tan solo cuatro no tienen este tipo planes o estudios.

En cuanto a la información disponible a partir de estaciones, como se muestra en la figura 12, es importante resaltar que en la cuenca se encontró un gran número de estas, especialmente en zonas de mayor afectación y en las corrientes principales,

pero aún hace falta más detalles, más tiempo de registros y ampliar el rango de los datos instalando más estaciones en territorios afectados.

La información de las estaciones disponibles en la cuenca del río Nare, de forma comparativa con las otras dos analizadas, es la de menor cantidad de estaciones por km^2 . La cobertura es de 3,8 estaciones por cada 100 km^2 , pero este número mejora ligeramente con respecto a la cuenca del río Porce que pasa a ser la más crítica cuando se cuentan solo las que permiten el cálculo de caudales extremos, pasando de 214 estaciones a 127. La cobertura de la cuenca, entonces, pasa a ser de 2,2 estaciones por cada 100 km^2 de cuenca.

Finalmente, la disminución más considerable se evidenció cuando se depuró nuevamente la base de datos de estaciones tomando solo aquellas disponibles de forma libre, propiedad del IDEAM, pasando de 127 a tan solo 45 estaciones. La cobertura definitiva de la cuenca del río Nare es de 0,8 estaciones por cada 100 km^2 de cuenca.

5. ESTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PORCE

Dentro de la cuenca del río Porce se encuentran 28 municipios del departamento de Antioquia, nueve están cubiertos por completo por la cuenca y otros 10 solo comparten el 50 % de su área, lo que corresponde a un 35 % del total de municipios que hacen parte de esta, un valor bastante elevado con respecto a las otras dos cuencas analizadas debido a la forma particular de la del río Porce: alargada y estrecha.

Como se había mencionado antes la cuenca del río Porce comparte con la del río Nare cuatro municipios: Guarne, San Vicente Ferrer, Santo Domingo y Yolombó. Igualmente, ninguno de estos territorios comparte con la cuenca del río Porce más de un 50 % de su tamaño, por lo que existe una mayor probabilidad de que los eventos reportados hayan ocurrido en la cuenca del río Nare u otra cuenca aledaña.

En la tabla 4 se presentan los municipios que comparten área con la cuenca del río Porce, el área total del municipio, el área que comparten dichos municipios con la cuenca, el porcentaje de participación del municipio dentro de la cuenca y el porcentaje que comparte cada municipio en la cuenca con respecto a su área total.

Tabla 4. Área de ocupación de los municipios que hacen parte de la cuenca del río Porce.

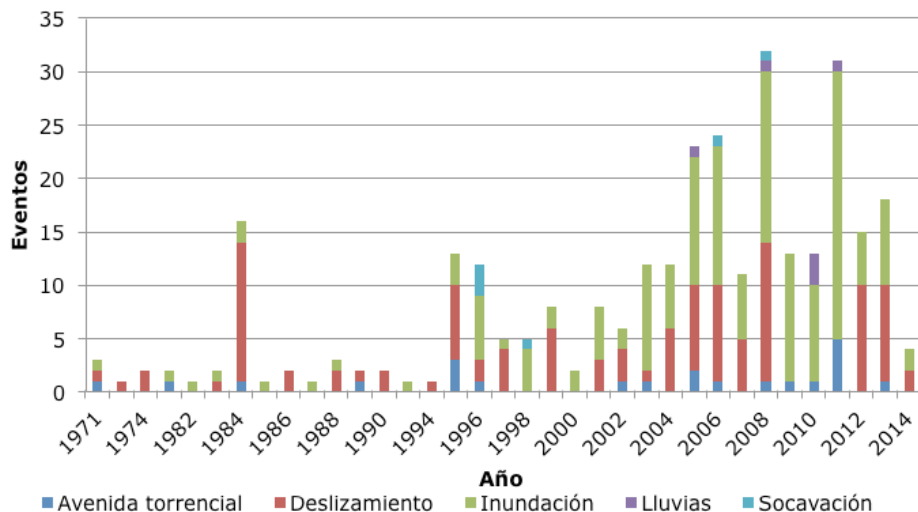
MUNICIPIO	ÁREA MUNICIPIO (km ²)	ÁREA DE PARTICIPACIÓN (km ²)	PARTICIPACIÓN EN LA CUENCA	OCUPACIÓN DEL MUNICIPIO EN LA CUENCA
Amalfi	1214	1146	22,1 %	94,4 %
Anorí	1408	235	4,5 %	16,7 %
Barbosa	206	202	3,9 %	98,1 %
Bello	145	138	2,7 %	95,2 %
Belmira	302	271	5,2 %	89,7 %
Caldas	133	95	1,8 %	71,4 %
Carolina del Príncipe	166	84	1,6 %	50,6 %
Copacabana	70	70	1,3 %	100 %
Don Matías	182	182	3,5 %	100 %
Entrerriós	217	217	4,2 %	100 %
Envigado	46	46	0,9 %	100 %
Girardota	79	79	1,5 %	100 %
Gómez Plata	332	332	6,4 %	100 %
Guadalupe	125	49	0,9 %	39,2 %
Guarne	165	39	0,7 %	23,6 %
Itagüí	19	19	0,4 %	100 %
La Estrella	36	36	0,7 %	100 %
Medellín	377	318	6,1 %	84,4 %
Remedios	2007	176	3,4 %	8,8 %
Sabaneta	16	16	0,3 %	100 %
San Pedro de los Milagros	222	167	3,2 %	75,2 %
San Vicente	221	66	1,3 %	29,9 %
Santa Rosa de Osos	868	730	14,1 %	84,1 %
Santo Domingo	265	69	1,3 %	26,0 %
Segovia	1109	64	1,2 %	5,8 %
Vegachí	516	30	0,6 %	5,8 %
Yolombó	1012	204	3,9 %	20,1 %
Zaragoza	1175	108	2,1 %	9,2 %
TOTAL	12633		100 %	-

Como se muestra en tabla la cuenca del río Porce presenta el mayor número de territorios con ocupación dentro de la cuenca, menor al 50% del área total del municipio, y con la mayor parte de los centros poblados por fuera de la cuenca, con excepción de los municipios del Valle de Aburrá.

Esta cuenca se divide en dos de acuerdo con la información disponible: la primera corresponde a la parte alta donde se encuentran los principales centros poblados del departamento y la mayor cantidad de población; la segunda corresponde al área menos poblada y con menor información. Todos los municipios que están localizados en la parte alta de la cuenca son los que cuentan con un área de ocupación en la cuenca superior al 70 % por lo que hay más probabilidad de que los desastres registrados sucedan en la cuenca y no en otras cercanas.

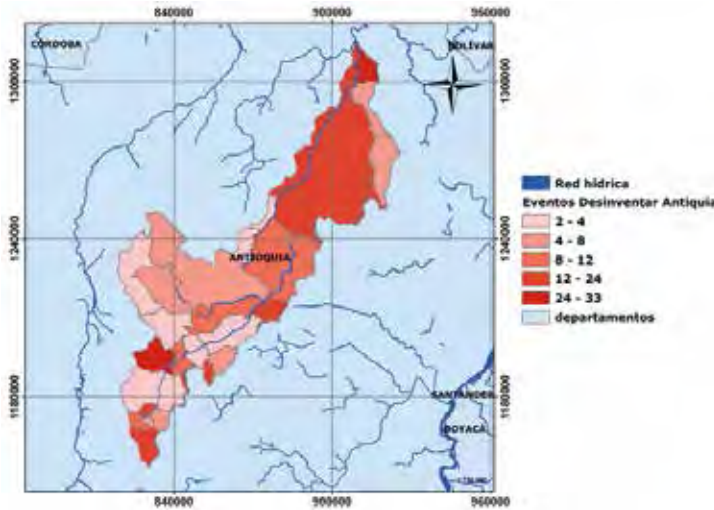
La figura 22 presenta los desastres en la cuenca del río Porce entre 1970 y 2014 registrados en la base de datos DesInventar del DAPARD.

Figura 22. Eventos en la cuenca del río Porce entre 1970 a 2014 recolectados a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD.



La figura 23 presenta el mapa de desastres en la cuenca del río Porce entre 1970 y 2014 registrados en la base de datos DesInventar del DAPARD.

Figura 23. Mapa de desastres para la cuenca del río Porce entre 1970 y 2014 con datos de la base de datos DesInventar del DAPARD.



Las figuras 24 y 25 presentan la distribución de los tipos de desastres asociados a eventos hidrológicos para la cuenca del río Porce obtenidos de la base de datos del DesInventar del DAPARD y del AMVA.

Figura 24. Eventos en la cuenca del río Porce a partir de la base de datos DesInventar del DAPARD.

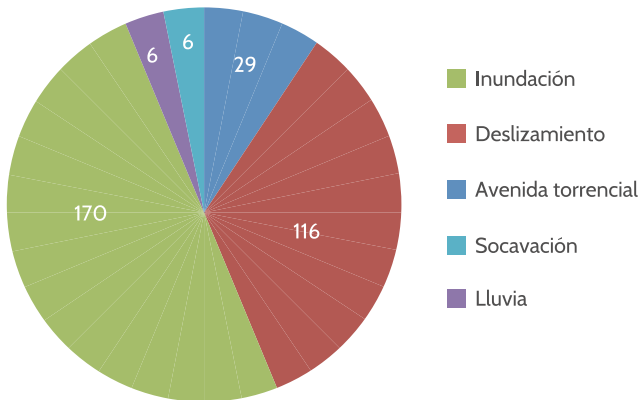
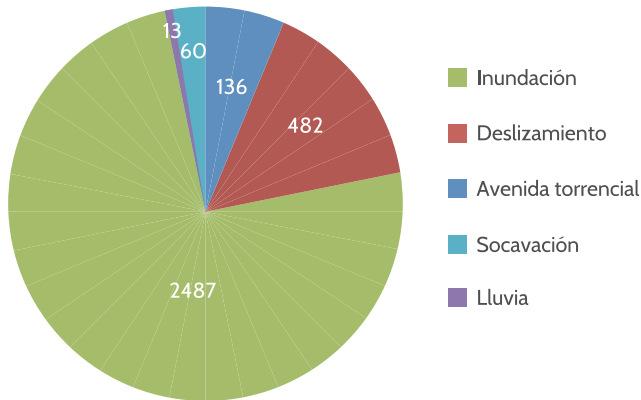
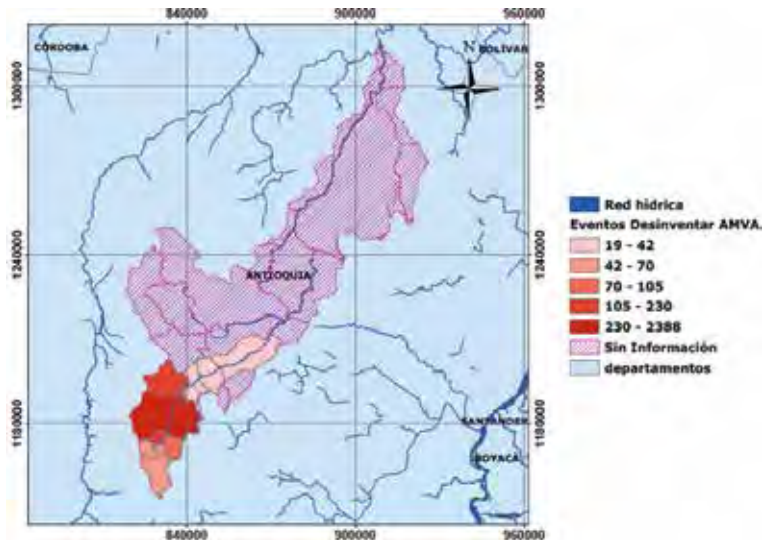


Figura 25. Eventos en la cuenca del río Porce a partir de la base de datos DesInventar del AMVA.



La figura 26 ilustra el mapa de desastres en la cuenca del río Porce entre 1970 y 2014 registrados en la base de datos DesInventar del AMVA.

Figura 26. Mapa para la cuenca del río Porce entre 1970 y 2014 con datos del AMVA.



El análisis de la información se hizo de forma separada para los registros del DesInventar del DAPARD y del AMVA, ya que los datos del DAPARD para el Valle de Aburrá solo incluye los desastres ocurridos en las áreas rurales mientras que los datos del AMVA registran los que suceden dentro del área metropolitana. Ya que los datos corresponden a situaciones diferentes, en particular para el área urbana del Valle de Aburrá y debido a que en el caso de Medellín los datos de desastres terminarían absorbiendo los de otros municipios, se tomó la decisión de presentar los datos individualmente.

La figura 22 presenta una tendencia similar a la expuesta para la cuenca del río Nare: antes del año 1995 se presentaban menos de cinco desastres al año con excepción de 1984 donde fueron más de 15, principalmente de deslizamiento asociado a eventos hidrológicos, no siendo este un periodo fuerte de fenómeno de La Niña, pero que posteriormente sí fue muy fuerte de fenómeno de El Niño. Después de 1995 se presentó un incremento considerable en la cantidad de desastres con grandes oscilaciones, entre 10 y más de 30 desastres al año, asociados a los cambios en el comportamiento del fenómeno ENSO que controla la lluvia en el departamento de Antioquia.

En la figura 22 se puede apreciar que los mayores picos se dieron entre los años 2008 y 2011 donde se presentaron fenómenos de La Niña moderados o fuertes posteriores a fenómenos de El Niño débiles o moderados. Igualmente, se puede identificar que el tipo de evento que afectó durante esos años fueron las inundaciones con 16 y 25 eventos respectivamente, en un total de 32 y 31 eventos. Lo anterior significa que las inundaciones en la cuenca del río Porce para esos años fueron de 50 % en 2008 y de más del 80 % en 2011.

El predominio de las inundaciones en la cuenca del río Porce también se ilustraron en las figuras 24 y 25 donde se analizó la distribución de los tipos de eventos registrados en la base de datos DesInventar tanto del DAPARD como del AMVA. Las inundaciones registradas en la base del DAPARD mostraron que de 327 eventos, que corresponden al total de desastres durante el periodo de estudio, se presentaron 170 inundaciones, es decir, el 52 % de los desastres. En el caso de la base de datos del AMVA la brecha es aún más amplia, ya que de los 3178 desastres registrados 2487 fueron inundaciones, esto evidencia que el 78 % de los eventos en el área urbana del Valle de Aburrá que pertenece a la parte alta de la cuenca del río Porce fueron de este tipo y como se apreció en la figura 26 la mayor parte de estos desastres se presentaron en Medellín.

A pesar de ser la cuenca que contiene el grupo de municipios más desarrollados del

departamento de Antioquia tiene un bajo nivel de cobertura de planes de manejo y de gestión del riesgo o estudios con información sobre mitigación y prevención del riesgo por inundación (ver figura 13). Es de aclarar que la cobertura es amplia en la parte alta, pero en las partes media y baja existen deficiencias o vacíos en este aspecto.

La cuenca del río Porce cuenta con una cobertura del 68 % de municipios con planes de mitigación y prevención del riesgo por inundación. De los 28 municipios que hacen parte de la cuenca, nueve no cuentan con información de dichos planes.

En cuanto a la información disponible a partir de estaciones, como se muestra en la figura 12, es importante resaltar que en la zona se encuentra un gran número de estaciones y que estas se hallan en las terrenos de mayor afectación y corrientes principales, pero aún hace falta mayor detalle, más tiempo de registros y ampliar el rango de la información instalando estaciones en territorios afectados.

La información de las estaciones disponibles en la cuenca del río Porce presenta una cobertura de 4,7 estaciones por cada 100 km² de cuenca; al momento de hacer la depuración de datos de las estaciones para identificar solo las que permiten el cálculo de eventos extremos se pasó de 242 a 144 estaciones; así, la cobertura de la cuenca pasó a 2,7 estaciones por cada 100 km² de cuenca, un poco superior al de la cuenca del río Nare.

Cuando se analizaron las estaciones que brindas acceso gratuito a la información y son propiedad del IDEAM se identificó que la cobertura baja considerablemente pasando de 144 a tan solo 11 estaciones, un valor incluso menor al de la cuenca del río León. La cobertura definitiva de la cuenca del río Porce es de 0,2 estaciones por cada 100 km² de cuenca.

6. PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE ELEMENTOS CLAVE PARA LA GESTIÓN Y MANEJO DEL RIESGO POR EVENTOS HIDROLÓGICO EXTREMOS

El Sistema nacional para la prevención y atención de desastres (SNPAD), hoy Sistema nacional de gestión del riesgo de desastres «lleva a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible» (artículo 6 de la Ley 1523 de 2012). El sistema nacional, coordinado por la Unidad nacional para la gestión del riesgo de desastres (creada por Decreto 4147 del 3 de noviembre de 2011) tiene definidos cuatro componentes para

garantizar la gestión del riesgo en el país: la estructura organizacional, los instrumentos de planificación, los sistemas de información y los mecanismos de financiación.

El Plan nacional de gestión del riesgo de desastres, antes denominado Plan nacional para la prevención y atención de desastres (PNAD) es el instrumento del Sistema para definir «los objetivos, los programas, las acciones, los responsables y los presupuestos mediante los cuales se ejecutan los procesos de conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y de manejo de desastres en el marco de la planificación del desarrollo nacional» (artículo 33 de la Ley 1523 de 2012) siendo guía para la definición de planes departamentales, distritales y municipales de gestión del riesgo y estrategias de respuesta en su respectiva jurisdicción con programas y proyectos que se integrarían a los planes de ordenamiento territorial, de manejo de cuencas y de desarrollo departamental, distrital o municipal.

Se planteó por parte del gobierno nacional que el riesgo es competencia de la administración pública y de la comunidad y que ellos para afrontar los eventos naturales deben tener entendimiento y conocimiento de los tipos de eventos presentados y definir procesos de gestión del riesgo e implementarlos. La relación entre el riesgo y los desarrollos departamental y municipal es una de las razones por las que los planes del riesgo son fundamentales para la labor de la administración pública de cualquier departamento y municipio por ser el cuidado y el bienestar de la comunidad su responsabilidad. En los procesos de gestión del riesgo en los departamentos y en los municipios el liderazgo recae sobre los Consejos territoriales de gestión del riesgo que reemplazan a los antes denominados Comités regionales y locales para la atención y prevención de desastres (CREPAD y CLOPAD). Estos consejos son los encargados de la implementación de los procesos de gestión del riesgo incluyendo el conocimiento del riesgo, su reducción y el manejo de desastres en su área de jurisdicción.

La Ley 1523 de 2012 es explícita en la inclusión de la gestión del riesgo en la planificación territorial y en el desarrollo en los diferentes niveles del gobierno y define un plazo no mayor a un año, posterior a la fecha de sanción de la ley, para que las entidades territoriales revisen y ajusten los planes de ordenamiento territorial y de desarrollos municipales y departamental para incluir el proceso de gestión del riesgo. La Ley 1523 define un sistema nacional de gestión del riesgo de desastres, un plan nacional y una estructura organizacional. También detalla unos instrumentos de planificación directamente involucrados con el ordenamiento del territorio y del desarrollo previstos de sistemas de información y de mecanismos de financiación; sin embargo, hasta ahora la dinámica de acción en gestión del riesgo de desastres se ha

centrado en la atención lo que evidencia una desarticulación entre la gestión de riesgos y el ordenamiento del territorio que se espera cambie bajo la nueva organización normativa.

Como parte de esta actualización del macroproyecto «Crecidas, torrentes y asentamientos humanos» se plantea una propuesta de análisis que involucró elementos existentes de planeación técnica, administrativa, jurídica y política del territorio para que sean analizados en conjunto de tal manera que permitan, de forma dinámica, conocer y entender el riesgo por inundación que es recurrente para unas condiciones específicas de geografía y de ocupación humana de las cuencas y a partir de allí proponer procesos de gestión del riesgo de desastres.

6.1 Análisis de desastres asociados a eventos hidrológicos para cada cuenca

La propuesta descrita se aplica para tres cuencas del departamento: León, Nare y Porce. A continuación se recogen las principales conclusiones extraídas del análisis de la información recolectada durante el desarrollo de la actualización del estado del recurso hídrico en Antioquia.

- Caso de estudio 1: cuenca del río León.

La delimitación de la cuenca del río León con respecto a la distribución política de los municipios que hacen parte de esta no permite identificar correctamente la localización de los desastres asociados con eventos hidrológicos y su impacto sobre esa porción del territorio. Para obtener información de mayor detalle se requieren datos georreferenciados de las zonas afectadas.

Entre los tipos de eventos analizados se encontró que la avenida torrencial, el deslizamiento, la lluvia y la socavación no son relevantes en esta cuenca debido a sus condiciones geográficas particulares. Específicamente las inundaciones son el desastre de mayor relevancia en este territorio por lo que los esfuerzos en prevención deben ir encaminados a controlar los asentamientos humanos que no respeten un retiro adecuado de las corrientes.

La cobertura de estaciones disponibles de forma libre para el cálculo de eventos hidrológicos extremos es buena comparándola con las otras cuencas analizadas, pero debe ampliarse la cantidad de información para el desarrollo del territorio.

Los estudios de manejo y de gestión del riesgo por inundación integran

adecuadamente las condiciones del territorio dentro de la cuenca, pero se limitan a hacer un reporte de la situación actual en las zonas donde han ocurrido desastres principalmente en las áreas urbanas de cada municipio sin profundizar en la justificación técnica del evento. Se debe mejorar en la planificación territorial con fundamentos técnicos como apoyo al desarrollo de políticas que permitan mitigar el impacto negativo de las inundaciones.

- Caso de estudio 2: cuenca del río Nare.

La delimitación de la cuenca del río Nare con respecto a la distribución política de los municipios que hacen parte de esta no permite identificar correctamente la localización de los desastres asociados con eventos hidrológicos y su impacto sobre esa porción del territorio. Debido a la forma de la cuenca el promedio de ocupación es de 76 %, mayor que las otras dos cuencas analizadas, por lo que es más probable que los desastres registrados ocurrieran dentro de la misma. Para obtener información de mayor detalle se requieren datos georreferenciados de las zonas afectadas.

La cuenca presentó una distribución equivalente entre las inundaciones y los deslizamientos, por lo que los esfuerzos deben ir encaminados a mitigar el impacto negativo de ambos. A pesar de lo anterior el impacto generado por otros eventos no es despreciable frente al total de desastres registrados; además, deben buscarse mecanismos de prevención.

La cobertura de estaciones disponibles de forma libre para el cálculo de eventos hidrológicos extremos no es muy buena comparándola con la cuenca del río León, pero es mejor que la situación de la del río Porce. Cuenta con una buena distribución de las estaciones a lo largo de toda la cuenca, pero se debe mejorar en la cantidad y la calidad de información disponible.

El estado de los planes de manejo y de gestión del riesgo en la cuenca es el más completo a pesar de tener municipios sin estos estudios. La mayor cantidad de los territorios hacen parte de la jurisdicción de Cornare, por lo que los planes presentan los lineamientos básicos de esta entidad frente a la prevención del riesgo por inundación; además tienen sus propios estudios donde profundizan en el tema. Se debe mejorar en el contenido técnico de los planes de manejo y de gestión del riesgo con el fin de mitigar los impactos negativos de las inundaciones.

- Caso de estudio 3: cuenca del río Porce.

Debido a la forma de la cuenca y a la distribución política de los municipios que hacen parte de ella esta tiene el menor promedio de ocupación de territorios dentro de la cuenca con tan solo el 65 %; además, la mayor parte de centros poblados en los municipios ubicados en la parte baja de la cuenca se encuentran fuera de ella por lo que es más probable que los eventos registrados ocurrieran en cuencas aledañas.

La cuenca se divide en dos tramos: uno corresponde a los municipios del Valle de Aburrá y el otro a los demás municipios. Esto genera dificultades en la recolección de la información ya que cada zona tiene una entidad que ejerce control sobre la gestión del riesgo: la primera es el AMVA y la segunda es el DAPARD. Lo más importante sería que ambas entidades unificaran la forma como la información es recolectada y presentada ya que las condiciones actuales de sus bases de datos no permitieron utilizar la información de forma conjunta.

La cobertura de estaciones disponibles de forma libre para el cálculo de eventos hidrológicos extremos es preocupante comparándola con las otras cuencas analizadas y la distribución de las estaciones está concentrada en la parte alta de la cuenca donde hay mayor densidad poblacional. La cobertura y la calidad de la información de estaciones es considerablemente buena, pero la mayor parte es de carácter privado o de difícil acceso debido a las condiciones particulares del territorio. Se debe mejorar en la cobertura de estaciones disponibles de forma libre y la cobertura de estaciones en la parte baja de la cuenca.

La cuenca del río Porce no cuenta con una política o una integración efectiva de la planificación, el manejo y la gestión del riesgo, esto se ve reflejado en la gran cantidad de municipios que no cuentan con estudios relacionados y otros que la desarrollan de forma individual. A pesar de que el Valle de Aburrá se encuentra integrado y existe un plan de gestión y de prevención del riesgo global elaborado por el SIATA es claro que esta integración no se ha extendido lo suficiente para abarcar la cuenca del río Porce. Se debe mejorar en la inclusión de todos los territorios que hacen parte de la cuenca y compartir los lineamientos que se deben seguir para el desarrollo efectivo de planes de manejo y de gestión de riesgo por inundación.

| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES |

La actualización de los registros de desastres de acuerdo con la información recolectada ha mostrado una disminución en el número de eventos hidrológicos extremos en los años 2012, 2013 y 2014 sin apreciarse un cambio drástico en la distribución del tipo de eventos con respecto a periodos anteriores. Entre los años

2011 y 2012 se vio una disminución del 20 % del número de eventos totales, entre los años 2012 y 2013 del 19 % y entre los años 2013 y 2014 del 54 %. Estos resultados se asocian, principalmente, a la reducción de eventos hidrológicos extremos por el inicio de un periodo de fenómeno de El Niño débil o moderado.

La estructura general de los sistemas de prevención y de atención del riesgo nacional, departamental o municipal parecen cumplir más acciones de atención que de prevención, ya que según la información recolectada las fluctuaciones en el número de desastres no se asocia a políticas de prevención de entidades de control sino a condiciones climatológicas que generaron una disminución en el número de eventos hidrológicos extremos. Las acciones de atención son la respuesta que toda administración debe cumplir con su comunidad, pero si no se acompañan de planes de prevención no irán más allá del gasto de recursos. Lo que se debe plantear es el papel que juegan las entidades de prevención y de atención del riesgo durante los periodos de menor número de desastres o periodos con predominancia de fenómenos de El Niño en los que se debe buscar el desarrollo y la ejecución de proyectos de mitigación de inundaciones en las zonas con registros conocidos de este tipo de eventos.

La cobertura de información para el desarrollo de proyectos en el departamento de Antioquia es escasa en muchas áreas con registros altos de desastres. Como se mostró en el estudio las estaciones disponibles para las cuencas analizadas y en general para el departamento es bastante bajo con respecto a las necesidades de información requeridas para el desarrollo de investigaciones técnicas que permitan mitigar los tipos de eventos analizados. En el caso particular de la cuenca del río Porce se han desarrollado proyectos como el SIATA (Sistema de alerta temprana del Valle de Aburrá) que mejora la cobertura de estaciones en la parte alta de la cuenca, pero siguen presentándose vacíos de información en la parte baja que cuenta con un menor desarrollo urbano, por lo que una política de recolección de información similar a la desarrollada en el Valle de Aburrá mejoraría los estudios de manejo y de gestión del riesgo por eventos hidrológicos extremos.

Actualmente existen tres tipos de estudios que hacen mención de los planes de prevención y de mitigación del riesgo por inundación: plan de ordenamiento territorial (POT), plan de desarrollo (PD) y plan de manejo y gestión del riesgo (PMGR); cada uno presenta unos lineamientos y contenidos diferentes según el enfoque particular de la entidad que los desarrolla por lo que en muchos casos no responden efectivamente a las necesidades de planificación del territorio. En términos generales se puede apreciar que todos los planes carecen de estudios técnicos de buena calidad que detallen las causas y las posibles soluciones de los desastres registrados, en lugar

de eso, se concentran, en muchos casos, en reportar eventos y afectaciones. Es de suma relevancia continuar con los esfuerzos de desarrollar planes conjuntos para todo el departamento como se ha hecho para los municipios de Urabá o los pertenecientes a la cuenca del río Nare estructurando un estudio único que aborde la problemática de la misma forma para todo el departamento teniendo en cuenta las condiciones particulares de los territorios.

La metodología que se ha propuesto y aplicado durante el desarrollo de este estudio se debe plantear en concordancia con la información disponible para cada cuenca, ya que la mayor parte de la información recolectada presenta una escala espacial municipal y para asociarse correctamente a la de cada cuenca los datos deben tener una mejor escala. La mayor dificultad se presentó en la información de desastres para cada municipio en donde la georreferenciación de los eventos con dispositivos de posicionamiento global permitiría mejorar la escala de los datos registrados y así separar adecuadamente las zonas con mayor afectación para cada cuenca o subcuenca analizada.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2010). Gestión ambiental metropolitana 2010. Medellín: AMVA.

Base de datos CEDIR – gestión del riesgo [en línea]. Disponible en Internet:
<http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/>

Base de datos Cornare – gestión del riesgo [en línea]. Disponible en Internet:
<http://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/>

Base hidrológica – Colombia. Google Earth. IGAC.

Catálogo de estaciones hidrológicas y meteorológicas suministradas por el IDEAM (2009). Empresas Públicas de Medellín, Antioquia. Medellín: IDEAM.

CTA (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia) (2010). Actualización del estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia 2007-2009. Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua. Medellín

DesInventar. Base de datos. [En línea]. Disponible en Internet: <http://online.desinventar.org/>

Plan de Ordenamiento Territorial – POT [en línea]. Disponible en Internet:
<https://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://474b42d2a001a412ed3117d306a43135>

Santana Rodríguez, Luis Marino; Escobar Martínez, Francisco. Las bases de datos globales y SIG en la toma de decisiones: oportunidades y limitaciones. [En línea]. 2005. Disponible en Internet:
<http://www.ua.es/grupo/giecryal/documentos/docs/L.M.%20Santana.pdf>

Sistema de alerta temprana de Medellín [en línea]. Disponible en Internet:
http://siata.gov.co/Menu_GR/Estudios/Estudios_AMVA/

ANÁLISIS DEL USO DEL SUELO Y REPORTES DE DESASTRES AMBIENTALES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS LEÓN, NARE Y PORCE COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

María Isabel Marín-Cerón

Ph. D. Ciencias de la Tierra e Ingeniería Ambiental

Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad EAFIT

Resumen

El análisis de la información existente sobre usos del suelo actual y la cantidad de desastres ambientales (deslizamientos, avenidas torrenciales, inundaciones, socavación, sismos, derrames de productos tóxicos), se convierten en una importante herramienta para diagnosticar la gestión integrada del recurso hídrico. A nivel de las cuencas analizadas en este capítulo (cuencas del Nare, Porce y León) se encontró una mayor proporción de desastres ambientales en aquellas donde ha existido un mayor cambio en la vocación natural de los usos del suelo (cuenca de los ríos Nare y Porce) debido a la expansión de la frontera agrícola y ganadera. En el caso de la cuenca del río León, si bien es cierto que se presentan desastres ambientales predominan los fenómenos de inundación hacia la cuenca baja, zona que por naturaleza y vocación corresponde a llanuras de inundación y que afectan los suelos donde existen las plantaciones de banano y plátano; dichas plantaciones con la adecuada tecnología pueden coexistir con la dinámica natural de la cuenca. Todo lo anterior apunta que para la adecuada gestión integrada del recurso hídrico en Antioquia no solo se deben incluir análisis integrados de la calidad y cantidad del recurso hídrico sino también el uso actual del suelo y un inventario georreferenciado de puntos críticos ambientales que dirijan las acciones hacia el futuro.

Palabras claves: usos del suelo, desastres ambientales, gestión del recurso hídrico, calidad, cantidad.

| INTRODUCCIÓN |

La moderna concepción global e integral del medio ambiente como sistema está ligado al reconocimiento de la interrelación directa entre el sistema natural y el hombre. Dicha concepción se basa en la integración de los nuevos axiomas en el mundo moderno: interdependencias del mundo viviente y la congruencia Tierra - mundo. Las relaciones ambientales se pueden investigar bajo una variedad de niveles, desde el subatómico hasta el cósmico; sin embargo, el enfoque de la ciencia sobre el medio ambiente debe integrar las relaciones entre los seres humanos y los sistemas biogeológicos en los que viven. De este modo, los humanos nos constituimos en sujeto/objeto de la gestión ambiental de la cual dependerá su desarrollo sostenible. Es por esto que se ha planteado considerar la cuenca (a nivel regional) y microcuencas (a nivel local) como unidades de planeación (Jourjeanni y Jouravlev, 1999).

Un agente modificador del ciclo del agua es sin lugar a dudas el ser humano, esto hace indispensable incluir el ciclo antrópico como factor modificante del ciclo natural en el cual cualquier acción ejecutada por el hombre produce un efecto pequeño, mediano o de gran impacto. Esto se traduce, finalmente, en la forma de empleo que hace el hombre de una cobertura determinada, ya sea cíclica o en forma permanente (p.e. IGAC-Gobernación de Antioquia, 2007), lo cual es conocido como uso actual del suelo. Dicha cobertura puede ayudar a establecer, a su vez, la demanda en calidad y cantidad de agua que los seres humanos necesitan para subsanar dichos usos del suelo.

El ordenamiento del uso del suelo en un territorio debe expresar las necesidades actuales de los diferentes usuarios en relación con un manejo sostenible del medio natural; a su vez, la reglamentación adecuada de los usos del suelo es de vital importancia desde la perspectiva para el uso múltiple del agua. Los usos del suelo delimitados deberán estar acorde con la capacidad y la calidad del agua requerida para los diferentes usos del suelo como lo son: usos del suelo residencial (necesidad del agua para consumo humano y doméstico), agricultura (necesidad del agua en cantidad y calidad para riego), usos industriales (necesidad del agua para los procesos industriales), entre otros.

En este capítulo se pretende compilar el estado del arte del recurso hídrico correspondiente a los tipos de uso del suelo y su relación con la ocurrencia de desastres ambientales en las cuencas de los ríos Nare, León y Porce, con el fin de discutir directrices que apunten hacia la gestión integrada del recurso hídrico.

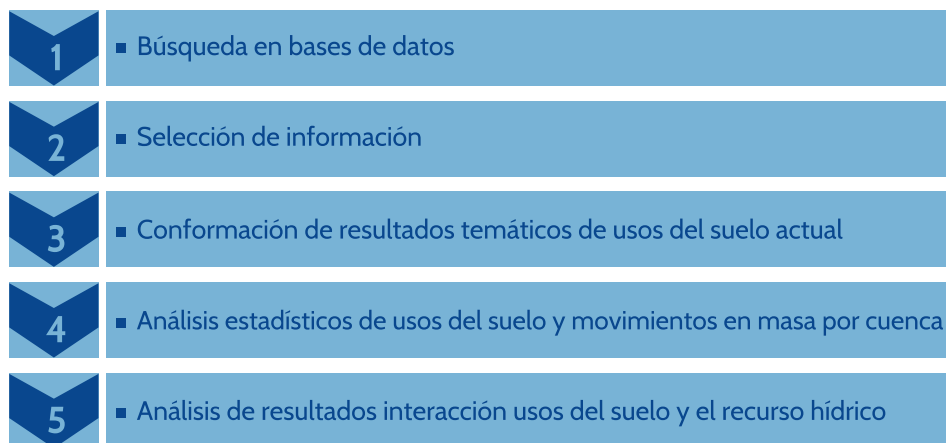
| 1. METODOLOGÍA |

Es importante mencionar que, para recopilación de la información, no se encontraron datos numéricos que permitieran desarrollar una base de datos con un alto nivel de confianza referente a los fenómenos analizados; sin embargo, se tuvo en cuenta la información obtenida en los registros de la base de datos DesInventar los cuales, en su mayoría, carecen de georreferenciación, razón por la que no se pudo establecer propiamente un inventario de los fenómenos.

La recopilación de información para el trabajo se llevó a cabo en dos etapas. la primera de ellas correspondió al análisis de los registros obtenidos de las diferentes fuentes; la segunda, se llevó a cabo mediante la selección de información relevante y construcción de diagramas estadísticos.

Las etapas que constituyeron el desarrollo del trabajo, se presentan en la figura 1.

Figura 1. Flujograma metodológico



- Primera etapa: búsqueda de bases de datos

Se obtuvieron análisis de registros de fenómenos ocurridos en los municipios que se encuentran en las cuencas de los ríos Nare, Porce y León usando la base de datos de desastres DesInventar que se encuentra en una página web de dominio público en donde los usuarios pueden acceder a bases de datos de entidades que ejercen control

sobre el territorio. La DesInventar es una herramienta conceptual y metodológica para la construcción de bases de datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres donde el software para consulta de los datos tiene la opción de selección de los criterios de búsqueda. Los grupos de investigación comprometidos con la red proponen un marco de unificación conceptual y metodológica sobre los desastres DesInventar a 2015.

- Segunda etapa: selección de información

Todos los registros de fenómenos de desastres naturales que se tuvieron en cuenta corresponden a movimientos en masa cuya información fue sesgada exclusivamente a eventos de origen hidrológico y fue seleccionada de la principal y más completa base de datos del sistema correspondiente al inventario de desastre de Antioquia - DAPARD -. De igual forma, se tuvieron en cuenta eventos como derrames, sismos, inundaciones, avenidas torrenciales y socavaciones como referencia desde la perspectiva de la gestión del riesgo.

Los criterios de selección que se tuvieron en cuenta para los diferentes registros fueron: fecha, geografía, coordenadas, sitio, magnitud, causa y tipo de evento.

- Tercera etapa: conformación de mapas temáticos

A partir de la información existente en el IGAC se generaron los mapas temáticos de zonificación de tierras (2007) escala 1:500.000, con el fin de determinar los porcentajes de los diferentes usos del suelo en cada cuenca.

- Cuarta etapa: análisis estadístico de usos del suelo y movimientos en masa

A partir de los mapas de zonificación de tierras y la información compilada en las diferentes bases de datos se obtuvieron diagramas circulares por cuenca. Debido a que los movimientos en masa no se encuentran georreferenciados se hizo el análisis por municipios y se les dio un peso estadístico según su participación en la cuenca.

- Quinta etapa: análisis de resultados para la relación de los usos del suelo y movimientos en masa

El análisis realizado abarca la totalidad del departamento de Antioquia (no mostrado en este trabajo) de manera generalizada con el fin de dar una idea global de la situación actual en las cuencas del río León, Nare y Porce respecto a la distribución de

los diferentes usos del suelo en las cuencas, los cuales fueron generados solo con referencia a los usos diferentes a las áreas urbanas.

| 2. RESULTADOS |

De acuerdo con el análisis del mapa de zonificación de tierras (IGAC, 2007) se presentan a continuación los principales usos del suelo que conforman las tres cuencas analizadas. Además de los diagramas porcentuales de distribución de eventos geológicos en cada una de las cuencas basados en la información compilada en las distintas bases de datos consultadas.

| 2.1 Cuenca del río Porce |

Los principales usos del suelo en la cuenca del río Porce se presentan en la figura 2. La relación porcentual de cada uso del suelo indica una predominancia de bosque natural fragmentado (58 %), seguido de bosque plantado (26 %) y mosaico de cultivos pastos y espacios naturales (14 %), bosque de galería o ripario (1 %) y ríos - 50 metros - (1 %), el resto de usos como: bosque natural denso, embalses y cuerpos artificiales, plantaciones de café, caña, zonas de extracción minera y tierras desnudas corresponden a porcentajes menores al 1 % (ver figura 3).

Figura 2. Mapa de usos del suelo cuenca del río Porce

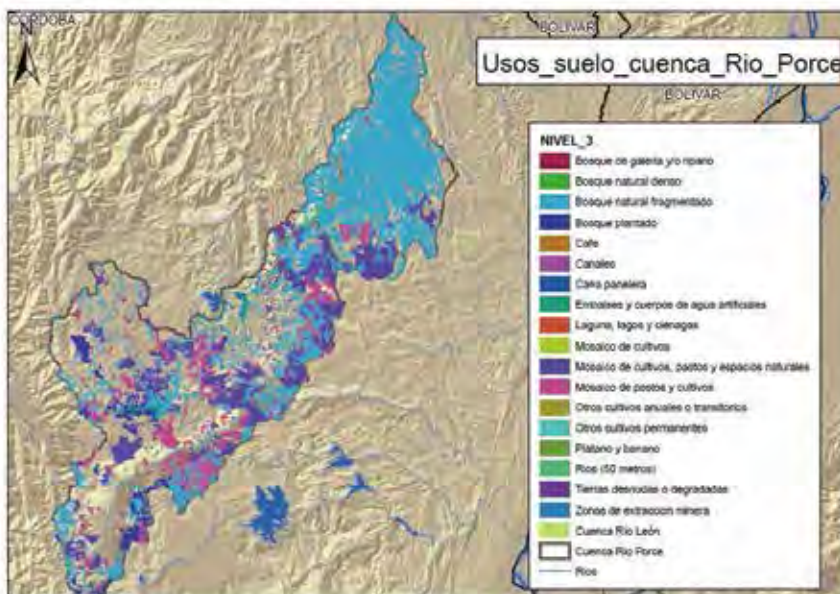
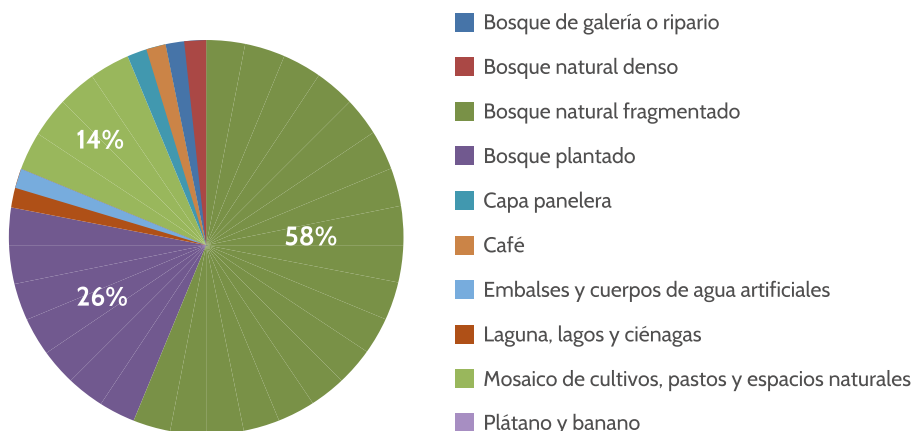
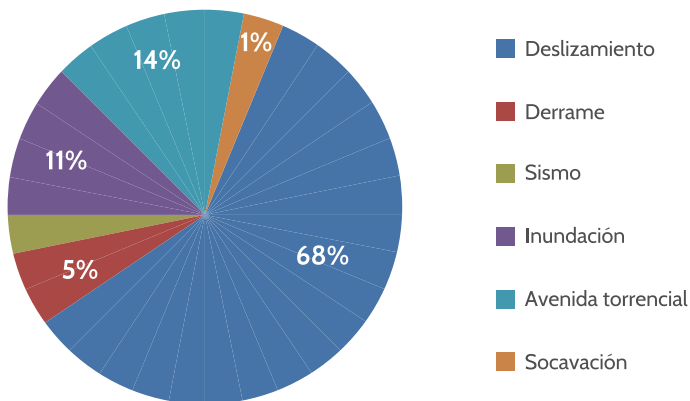


Figura 3. Diagrama porcentual de usos del suelo cuenca del río Porce



A partir de las diferentes bases de datos existentes sobre amenazas de origen geológico y químicos se determinó que en la cuenca del río Porce prevalecen la generación de eventos asociados a deslizamientos (68 %), avenidas torrenciales (14 %), inundaciones (11 %), derrames de materiales tóxicos (5 %), fenómenos de socavación del cauce (1 %) y percepción de sismos (1 %), dentro de un total de 1354 eventos registrados (Figura 4).

Figura 4. Diagrama porcentual de distribución de eventos geológicos y derrames tóxicos cuenca del río Porce



| 2.2 Cuenca del río León |

Los principales usos del suelo en la cuenca del río León se presentan en la figura 5. La relación porcentual de cada uso del suelo indica una predominancia de bosque natural fragmentado (33 %), seguido por bosque natural denso (36 %), plátano y banano (25 %), lagunas, lagos y ciénagas (2 %), bosque de galería o ripario (1 %), mosaico de cultivos pastos y espacios naturales (3 %), el resto de usos como: bosque plantado, caña panelera, embalses y cuerpos artificiales, tierras desnudas y degradadas y ríos (50 metros) corresponden a porcentajes menores al 1 % (ver figura 6).

Figura 5. Mapa de usos del suelo cuenca del río León

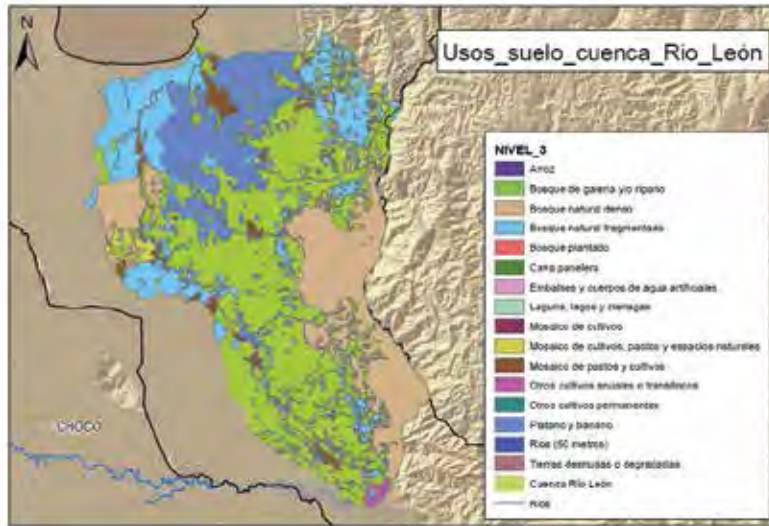
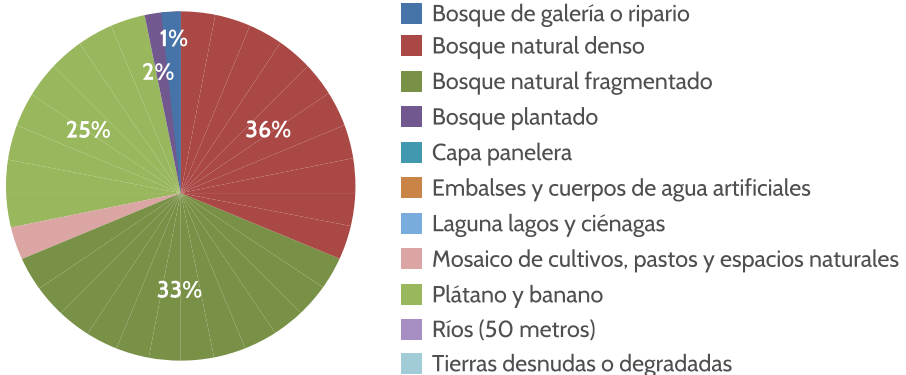
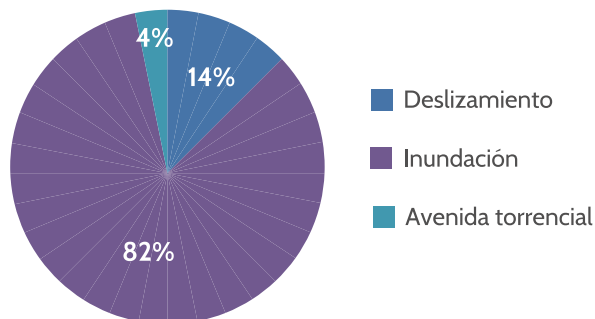


Figura 6. Diagrama porcentual de usos del suelo cuenca del río León



A partir de las diferentes bases de datos existentes sobre amenazas de origen geológico y químicos se determinó que en la cuenca del río León prevalecen la generación de eventos asociados inundaciones (82 %), deslizamientos (14 %), y avenidas torrenciales (4 %), dentro de un total de 28 eventos reportados (Figura 7).

Figura 7. Diagrama porcentual de distribución de eventos geológicos cuenca del río León.



| 2.3 Cuenca del río Nare |

Los principales usos del suelo en la cuenca del río Nare se presentan en la figura 8. La relación porcentual de cada uso del suelo indica una predominancia de bosque natural fragmentado (14 %), mosaico de cultivos pastos y espacios naturales (14 %), bosque natural denso (13 %), bosque plantado (13 %), tierras desnudas o degradadas (9 %), embalses y cuerpos de agua artificiales (8 %), cultivos de café (8 %), lagunas lagos y ciénagas (7%), cultivo de caña panelera (7 %), zonas de extracción minera (4 %), riveras y ríos (2 %), bosques de galería o riparios (1 %) y en proporciones menores al 1 % cultivos de plátano, banano y cultivos de arroz (ver figura 9).

Figura 8. Mapa de usos del suelo cuenca del río Nare

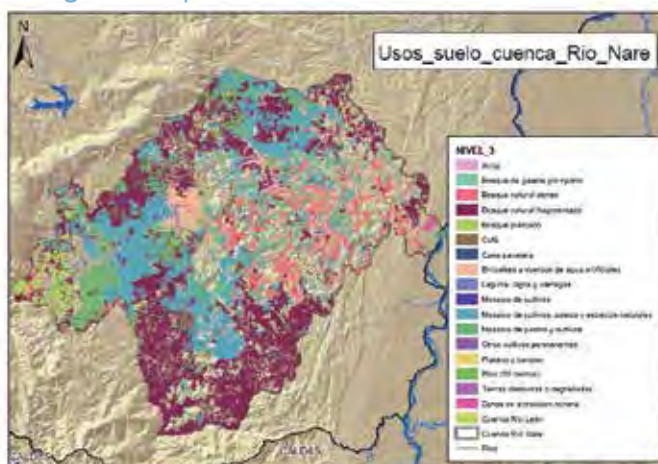
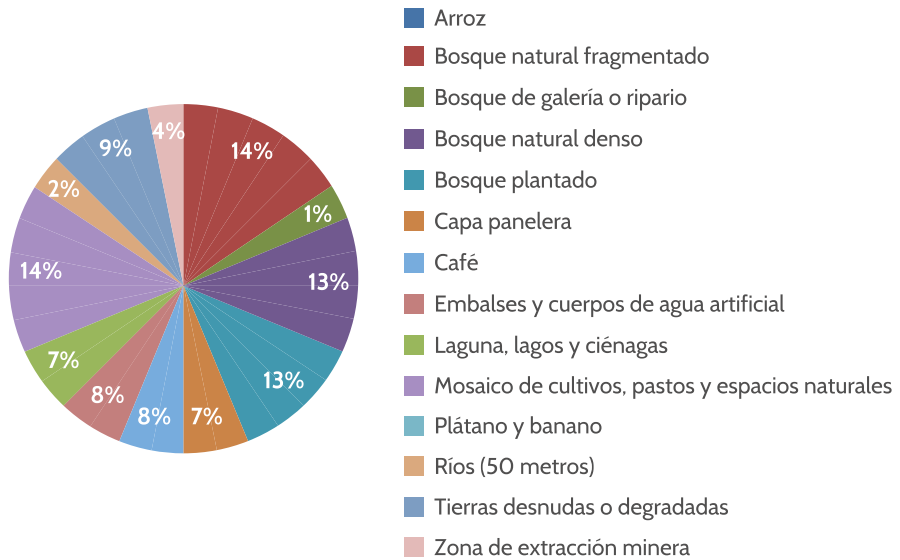
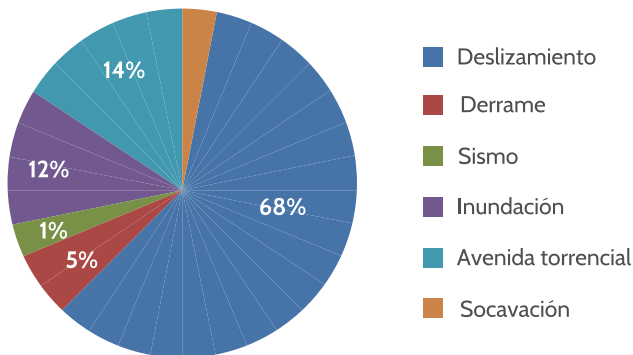


Figura 9. Diagrama porcentual de distribución de eventos geológicos cuenca del río Nare



A partir de las diferentes bases de datos existentes sobre amenazas de origen geológico y químicos se determinó que en la cuenca del río Nare prevalecen la generación de eventos asociados a deslizamientos (68 %), avenidas torrenciales (14 %), inundaciones (12 %), derrames de material tóxico (5 %), percepción de sismos (1 %) y en proporciones menores al 1 % eventos asociados a socavación, dentro de un total de 1569 eventos reportados (Figura 10).

Figura 10. Diagrama porcentual de distribución de eventos geológicos cuenca del río Nare



| 3. DISCUSIÓN |

De acuerdo con los resultados obtenidos de la zonificación de los usos del suelo (excluyendo los del suelo urbano) y el reporte de desastres ambientales (deslizamientos, inundaciones, avenidas torrenciales, socavación de cauces, sismos y derrames de material tóxico) se convierte en un importante herramienta para la gestión integrada del recurso hídrico.

Al inicio de esta compilación se pretendía hacer una síntesis de la problemática ambiental de las cuencas Porce, León y Nare mediante la conformación de un sistema de información geográfico donde se ubicarán los puntos críticos ambientales a partir de la asignación de un grado de criticidad a cada evento geológico y de derrames tóxicos reportados en la información secundaria. Este objetivo no se pudo cumplir debido a que la mayoría de las base de datos existentes sobre desastres ambientales (eventos naturales y derrames tóxicos desde 1920 hasta la actualidad) que conforman la base de datos Desinventar no se encuentran totalmente georreferenciadas y en la mayoría de los casos no fueron evaluadas según la criticidad.

Lo anterior implicó que los eventos no pudieran ser localizados y evaluados y que solo se pudiera aplicar una herramienta estadística que permitió identificar la distribución porcentual de los desastres ambientales reportados a nivel de municipio los cuales, en general, no se encuentran asentados en su totalidad al interior de la cuenca analizada. Finalmente, se tomó la decisión de dar un peso proporcional de la participación del municipio en las cuencas y con ello la distribución de los datos analizados. Si bien es cierto que la metodología aplicada no corresponde a la distribución real de los eventos, los datos obtenidos pueden servir como directrices para la identificación de los escenarios futuros en relación con los usos actuales del suelo en las mismas.

En general, se encontró que en las cuencas donde se reportaron mayor cantidad de eventos asociados a deslizamientos, avenidas torrenciales e inundaciones (cuencas de los ríos Nare y Porce) existe una gran diversidad del uso del suelo actual que está en conflicto con su uso potencial. Lo anterior, ha generado cambios en la vocación natural de los suelos y, por lo tanto, son altamente susceptibles al desarrollo de movimientos en masa y avenidas torrenciales. El desarrollo de este tipo de eventos afecta la calidad del recurso hídrico debido al aporte de mayor cantidad de sedimentos en suspensión y destrucción de infraestructura (p.e. bocatomas de acueductos y redes de distribución). Igualmente, el reporte de derrames tóxicos también tiene una clara asociación con los usos del suelo urbano e industrial y de

cruce de poliductos que, recurrentemente, pueden generar este tipo de contingencias.

En el caso de la cuenca del río León predomina el reporte de eventos asociados a inundaciones, los cuales son acordes con la conformación en la cuenca de amplias llanuras de inundación en su parte baja donde se desarrollan usos del suelo asociados a plantaciones de plátano y banano. La presencia de mayor cantidad de bosques natural denso y natural fragmentado hacia la cuenca alta podría correlacionarse con el poco desarrollo de eventos como deslizamientos y avenidas torrenciales. Esto podría indicar un menor grado de conflicto del uso del suelo en relación con su uso potencial.

Teniendo en cuenta los escenarios mencionados, con miras a la recuperación integral de las cuencas, se hace necesario ahondar los esfuerzos en la recuperación progresiva de los usos potenciales de los suelos para disminuir el grado de conflicto de los mismos que repercuten directamente en la cantidad y en la calidad del recurso hídrico.

El cambio en la vocación de los suelos ejerce mayores presiones sobre el recurso, un ejemplo de esto es el cambio de vocación de los usos del suelo de bosque natural a mozaico de cultivos y pastos en la parte alta de la cuenca donde se demandaría mayor cantidad de agua para riego y ganadería compitiendo con usos del agua para consumo humano. Este cambio de vocación, como se dijo anteriormente, también termina afectando la calidad del recurso hídrico, ya que, en general, se generan mayores procesos morfodinámicos (deslizamientos y avenidas torrenciales) que aportan gran cantidad de sólidos suspendidos. De igual forma, la presencia de cultivos en estas zonas, en general, aporta elementos químicos de gran toxicidad incompatibles con usos del agua para consumo humano.

Finalmente, se puede concluir que el creciente conflicto en el uso del suelo genera conflictos entre los usos y los usuarios del agua y por lo tanto son un reflejo de la poca gestión ambiental con miras a la gestión integrada del recurso hídrico. Por lo tanto, solo una visión sistémica a nivel de cuenca ayuda a identificar el escenario actual (inventario de desastres ambientales, grado de criticidad, usos del suelo actual y usos actuales del agua), el escenario de crisis (si no se hace ningún tipo de intervención, como, por ejemplo, la no reducción de puntos críticos ambientales) y la construcción de escenarios sostenibles hacia el futuro mediante la implementación de programas que permitan reducir la cantidad y el grado de criticidad de los puntos críticos ambientales y la recuperación de la vocación natural de los usos del suelo.

| 4. CONCLUSIONES |

El análisis de la información existente sobre usos del suelo actual permite identificar un claro conflicto del uso del suelo actual respecto de su uso potencial. Esto ha desencadenando mayor cantidad de eventos o desastres ambientales como deslizamientos, avenidas torrenciales e inundaciones.

La calidad y la cantidad del recurso hídrico no son parámetros de medida que dependen de sí mismos, por el contrario, son el resultado del inadecuado uso del suelo, uso irracional del recurso, poca gestión ambiental, por mencionar las principales variables.

A nivel de las cuencas analizadas se encontró una mayor proporción de desastres ambientales en aquellas donde ha existido un mayor cambio en la vocación natural de los usos del suelo (cuencas de los ríos Nare y Porce), debido a la expansión de las fronteras agrícola y ganadera. En el caso de la cuenca del río León si bien es cierto que se presentan desastres ambientales, predominan los fenómenos de inundación hacia la cuenca baja, zona que, por naturaleza y vocación, corresponde a llanuras de inundación que afectan las zonas con uso del suelo con plantaciones de banano y plátano, las cuales son plantaciones que con la adecuada tecnología pueden coexistir con la dinámica natural de la cuenca.

| 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS |

Dourjeanni y Jouravlev, 1999. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. LC/R. 1948. CEPAL. Santiago de Chile.

IGAC - Gobernación de Antioquia (2007). Mapa de zonificación de tierras. Departamento de Antioquia. Escala (1:500.000).

Base de datos Desinventar (2015). <http://www.desinventar.org/es/database>

ESTADO DEL ARTE, PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN DE CUENCAS EN ANTIOQUIA PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Juan Pablo García Montoya

M. Sc. en Hidráulica Ambiental
Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia

Jorge Ignacio Montoya Restrepo

M. Sc. en Educación Ambiental
Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia

Jordi Morato Farreras

UNESCO Chair on Sustainability
Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech

Resumen

Mediante la consulta, el procesamiento y el análisis de información llevados a cabo en el departamento de Antioquia sobre programas de restauración de cuencas se pretende contribuir a la realización del diagnóstico y a la construcción del estado del arte de la gestión del recurso hídrico en las diferentes regiones de este territorio. Esta actividad se efectuó para las cuencas principales que hacen parte de Antioquia: Nare, Porce y León, encontrándose que la mayor parte de los proyectos se han desarrollado en microcuencas y afluentes menores de estas. Se destacan los programas tendientes a la restauración desarrollados en el Valle de Aburrá dentro de la cuenca del río Porce como lo son los de parques lineales; los programas de reforestación y de protección de cuencas afluentes de los ríos Nare y León. También se mencionan proyectos de restauración integral de cuencas que promueven la sostenibilidad del territorio y que pueden servir como modelos aplicables para la gestión y la ordenación de cuencas. Si bien se han desarrollado programas y proyectos en restauración de cuencas se evidencia que existe gran deterioro del recurso hídrico en toda la región, sobre todo cerca de los centros urbanos, por lo tanto, hace falta adelantar mayor cantidad de acciones en este aspecto orientadas a la adecuada gestión de los recursos hídricos.

Palabras claves: restauración de cuencas, recurso hídrico, sostenibilidad, territorio, programas ambientales, diagnóstico estado arte gestión recurso hídrico.

| INTRODUCCIÓN |

Durante el último siglo el deterioro de los recursos naturales, en especial del recurso hídrico, por el desarrollo de diversas actividades antrópicas se ha visto magnificado. El país no es ajeno a esta situación, según el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, el 50 % del recurso hídrico en Colombia no se puede utilizar por problemas de calidad (Beleño I, 2010). El departamento de Antioquia cuenta con una de las cuencas con mayor grado de contaminación del país, la del río Aburrá o Medellín.

En Antioquia, a nivel rural, la práctica de la minería, la agricultura y la ganadería han causado el deterioro del recurso hídrico tanto en calidad como en oferta, debido a la generación de vertimientos de aguas residuales con alta carga de sustancias contaminantes, la deforestación y la generación de procesos erosivos. Sin embargo, el mayor impacto se presenta en las zonas urbanizadas donde la gran concentración de población y la práctica de todo tipo de actividades industriales y comerciales genera muchos vertimientos que, en la mayoría de los casos, son descargados a las fuentes sin ningún tipo de tratamiento; además de la modificación parcial o total del territorio y con ello de la biosfera.

Debido a la degradación de las cuencas han surgido preocupaciones que han llevado a modificar las reglas que definen las interacciones entre la comunidad y los recursos hídricos. Se han promovido planes y programas que conducen a la gestión y a la adecuada ordenación de las cuencas. Un componente de estas actividades son los programas de restauración de corrientes superficiales y ecosistemas adyacentes.

La restauración de cuencas se puede definir como el conjunto de actividades que pretenden devolverle la estructura y el funcionamiento al río como ecosistema de acuerdo con algunos procesos y con dinámicas equivalentes a las condiciones naturales (Giraldo y colaboradores, 2012). Además, se promueve la conservación del recurso en el tiempo, evidenciándose en el mejoramiento de la calidad del agua (Mounton A, 2009). Por lo tanto, la construcción de un estado del arte de dichos programas permitirá realizar un diagnóstico de esta componente y será una guía para adelantar futuros proyectos en la temática, de tal manera que, se promueva la rehabilitación y una gestión adecuada de los recursos hídricos en el territorio.

En el presente capítulo se pretende compilar información relacionada con los programas de restauración de cuencas realizados en el departamento de Antioquia y a partir de estos datos hacer un diagnóstico que identifique las debilidades en el tema para así promover la implementación de estos programas y dar lineamientos que permitan desarrollarlos de manera adecuada.

| 1. MATERIALES Y MÉTODOS |

Las actividades desarrolladas en este documento consistieron en la recopilación, el procesamiento, la digitalización y el análisis de información, la elaboración de cartografía temática, el desarrollo de cálculos estadísticos y el análisis de resultados; la construcción del diagnóstico y la proposición de alternativas de solución a las problemáticas encontradas. En la figura 1 se presenta un diagrama de flujo de las actividades. A continuación se describen cada una de las etapas desarrolladas en la elaboración de este trabajo.

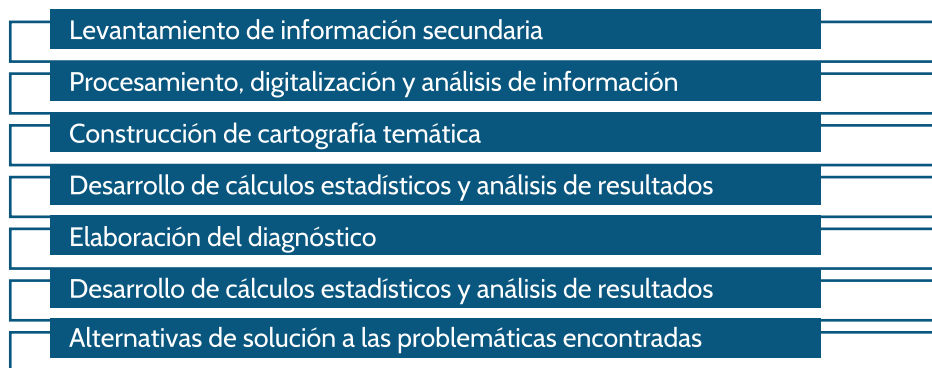
- Levantamiento de información secundaria

Se levantó información secundaria procedente de textos enfocados en la gestión y en la ordenación de cuencas, artículos de revistas indexadas, tesis de grado y posgrado relacionado con proyectos de investigación en el tema; instrumentos legislativos como la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010), los planes de ordenación y manejo de cuencas -POMCA- (MAVDT, 2014), y los planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas -PIOM-, promovidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible e implementados por las corporaciones autónomas regionales con competencia en el departamento.

- Procesamiento, digitalización y análisis de información

Se realizó una selección de la información consultada según criterios de relevancia en cuanto a la temática a tratar, la fecha, la seriedad de las fuentes y la ubicación de los estudios.

Figura 1. Diagrama de actividades desarrolladas



- Construcción de cartografía temática

Se adquirió información topografía de cada una de las regiones analizadas empleando planchas cartográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC – para localizar las cuencas que presentan alto grado de degradación ambiental y cada una de las intervenciones consultadas.

Dicha información fue empleada para adelantar la construcción de una base de datos georreferenciada con el programa ARCGIS que presenta las áreas degradadas y de intervención.

- Desarrollo de cálculos estadísticos y análisis de resultados

A partir de los datos anteriores se realizaron análisis clasificando los tipos de intervenciones realizadas en las cuencas según su tipo, identificando las zonas que presentan mayor y menor cantidad de intervenciones, superponiendo con planos que indiquen las cuencas que presentan alto grado de degradación y por lo tanto, prioridad de atención.

Al final se realizaron cálculos estadísticos para identificar las tendencias que se tienen en cuanto al tipo de intervenciones implementadas, los sitios que presentan mayor atención y los que requieren alta prioridad de intervención.

- Elaboración del diagnóstico

Mediante el análisis de cada uno de los proyectos y de las actividades consultadas, en cuanto a la temática de restauración de cuencas, se pudo establecer la cantidad y la calidad de intervenciones que se realizan y analizar si estas siguen algún lineamiento común; además de evaluarlas sobre su cumplimiento de la normatividad existente.

A partir de la identificación de las cuencas con mayor degradación ambiental y la localización de las zonas con menor cantidad de intervención se construyó un mapa de priorización de atención según la temática tratada.

- Alternativas de solución a las problemáticas encontradas

Empleando los resultados consignados en el diagnóstico temático se proponen algunos modelos de intervención de las cuencas para favorecer su restauración ambiental con miras a la sostenibilidad del territorio.

| 2. DATOS Y RESULTADOS |

Según las fuentes de información consultadas, los análisis estadísticos realizados y la construcción de planos se presentan los resultados obtenidos y los análisis en cada una de las líneas de investigación propuestas.

Inicialmente se presentará la definición y otras generalidades del tipo de intervenciones identificadas en la región, luego se referenciarán los proyectos realizados en cada una de las cuencas estudiadas.

- Tipo de intervenciones identificadas

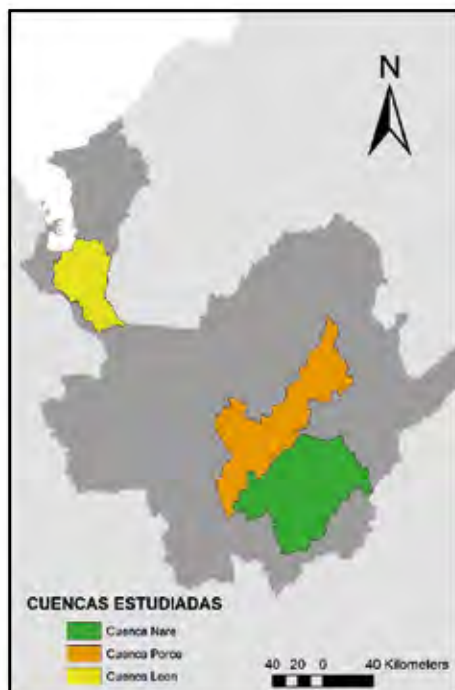
El departamento de Antioquia se ubica al noroccidente de Colombia, país suramericano. Su territorio está enmarcado por varias cuencas principales como se presenta en la figura 2.

Figura 2. Localización del departamento de Antioquia y sus principales cuencas



Fuente: construcción propia

Figura 4. Cuencas en las que se desarrolló el presente estudio



Fuente: construcción propia

- Planes de ordenación y manejo de cuencas

Es una herramienta para la administración del territorio que una vez adoptada se constituye en norma y directriz para el manejo de la cuenca, tal y como lo define el artículo 10 de la Ley 388 de 1997. Estas normas y directrices deben ser armónicas con los principios y los fines que se establecen en los marcos normativos que rigen y orientan los procesos de desarrollo, por lo cual sus diferentes niveles deben ser concordantes y coherentes entre sí aunque correspondan a diversos alcances y coberturas (Cornare, 2016).

Mediante la aplicación de los planes de ordenación y de manejo de cuencas (POMCA) y los planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas (PIOM) se gestionan los territorios de una manera adecuada. Los programas incluyen las siguientes actividades enmarcadas dentro de la restauración de cuencas:

- Protección de nacimientos.
- Establecimiento y protección de las retiros hidrológicos y suelos de protección.
- Establecimiento y protección de zonas de alto riesgo en la cuenca.
- Suelos de protección.
- Zonas de reserva forestal.
- Campañas de reforestación.
- Programas de monitoreo de calidad de agua.
- Programas de mejoramiento de la calidad y de la oferta hídrica de las fuentes.

- Parques lineales

Como se expuso anteriormente, uno de los objetivos concebidos dentro de los planes de ordenación y manejo de cuencas es la recuperación de las zonas de retiro de los cauces. Por lo tanto, como estrategia para la restauración de las quebradas y sus zonas aledañas algunas administraciones han diseñado y construido parques cercanos a los cauces llamados, en varios casos, parques lineales.

Situados alrededor de las quebradas estos parques lineales se instauran como espacios públicos naturales para la conexión, la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas y la descontaminación de las microcuencas para el disfrute de las comunidades y la recreación pasiva al aire libre en contacto con la naturaleza (Cuartas C, 2012).

- Otras intervenciones

En la mayoría de casos se hace alusión a proyectos relacionados con la recuperación de los suelos y los cauces mediante la realización de campañas de limpieza y de recolección de residuos sólidos en fuentes hídricas, la implementación de obras de revegetalización y de reforestación con técnicas de bioingeniería de suelos para el control de la erosión y la construcción de obras para el control y el tratamiento de aguas residuales domésticas.

| 2.1 Cuenca del río Porce |

Dentro del territorio que delimita la cuenca del río Porce se identifican como principales programas de restauración de cuencas los desarrollados indirectamente en los planes de ordenación y manejo de cuencas. Para la región estudiada las intervenciones son dirigidas por las autoridades ambientales con competencia en la

zona como lo son el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y Corantioquia y comprenden programas de construcción de parques lineales para fuentes hídricas, implementación de sistemas de gestión del riesgo y ordenación de cuencas, entre otros.

Además de los grandes bloques descritos anteriormente, se tienen otros programas con lineamientos para la conservación, la protección y la restauración de cuencas desarrollados por empresas prestadoras de servicios públicos como es el caso de Empresa Públicas de Medellín (EPM) y adelantados por proyectos de cooperación internacional y ONG.

A continuación, se presenta una breve descripción de los aspectos más relevantes de los programas consultados con componentes en restauración de cuencas.

- Planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas

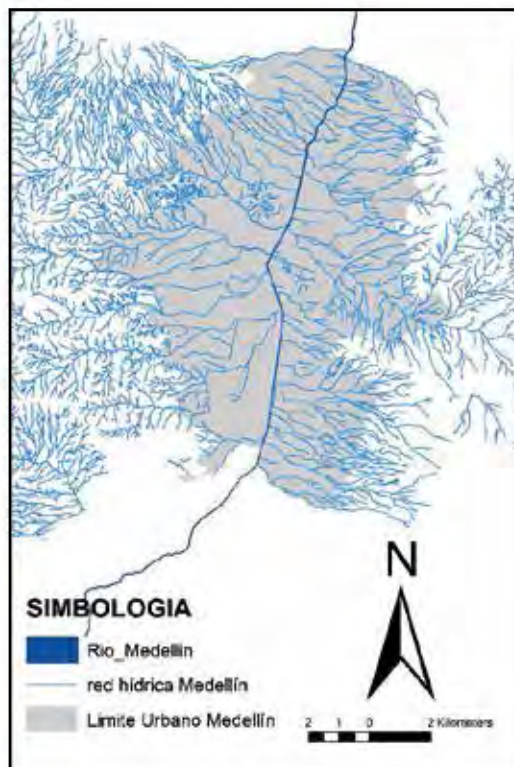
Según el AMVA y Corantioquia las siguientes cuencas de su jurisdicción cuentan con planes integrales de ordenamiento y de manejo de microcuencas (PIOM). A continuación, se presentan cada uno de los programas y proyectos desarrollados en las quebradas de cada uno de los municipios que hacen parte de la cuenca.

Medellín

La información que se presenta fue extraída de la página web de Corantioquia y se aclara que debido a que la mayor parte de las obras y de los proyectos se concentran en la ciudad de Medellín se mostrará en la figura 5 la red hídrica correspondiente a este municipio.

- **Altavista:** en su formulación se han establecido diferentes programas que se relacionan con la restauración ambiental de cuencas, el manejo y el control de puntos críticos con acciones encaminadas a la recuperación de suelos degradados, la compra de predios de nacimientos, de recuperación y de limpieza de cauces de quebrada; manejo adecuado de residuos y control de vertimientos de aguas residuales domésticas; y mejoramiento y gestión del espacio público, en este último se propuso el diseño y la construcción de parques lineales; además, del enriquecimiento florístico de su corredor.

Figura 5. Red hídrica del área urbana de Medellín



Fuente: construcción propia

- **La Rosa y La Bermejala:** en la línea relacionada con la planificación efectiva y la continuidad a largo plazo se establecieron acciones encaminadas al manejo adecuado de los vertimientos de aguas residuales domésticas por medio de la implementación de sistemas de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales no convencionales; a la revegetalización de los suelos para la mitigación de procesos erosivos identificados en ambas cuencas; a la recuperación de zonas de retiro y a la protección de las zonas de borde urbano con coberturas arbóreas; además, de la consolidación del espacio público por medio del acondicionamiento de zonas verdes y de retiros de la quebrada.
- **La Picacha:** se han establecido diferentes estrategias relacionadas con los objetivos de la restauración ambiental de cuencas como lo son los programas de conservación de la diversidad y la restauración ecosistémica que promueven acciones de restablecimiento de la conectividad ecológica mediante campañas de reforestación,

el fortalecimiento de los sistemas de saneamiento básico para el control de vertimientos directos a la fuente, el mejoramiento paisajístico y la recuperación del espacio público en la quebrada.

- **La Volcana:** entre los programas que pueden ser catalogados como parte de la restauración ambiental de cuencas se destacan los de gestión de ecosistemas, de recuperación de zonas degradadas y de calidad de las aguas de la fuente. Los proyectos que hacen parte de estos programas se orientaron a la recuperación de las zonas de retiro de la fuente, a la protección de nacimientos, a la ampliación de corredores ambientales y al control de vertimientos directos de aguas residuales domésticas.

- **Santa Elena:** dentro de los programas identificados como parte de la restauración ambiental se han proyectado acciones para la recuperación de las zonas de manejo especial como los retiros a cauces y las áreas protegidas, la implementación de sistemas de tratamiento de aguas para el control de vertimientos directos a las fuentes, entre otros.

- **El Salado:** a partir de la formulación de estrategias se han establecido diversos proyectos que identifican la vocación de restauración ambiental de cuencas que se orienta al mantenimiento y a la rehabilitación de obras de cauces y de zonas de retiro y al diseño de obras hidráulicas para el manejo y el tratamiento de vertimientos de aguas residuales, entre otros.

- **Piedras Blancas:** se han formulado dos líneas principales a partir de las cuales surgen los programas y con ellos los proyectos. A nivel de restauración ambiental de cuencas se puede mencionar el diseño de proyectos de carácter ambiental para la recuperación y la conservación de la cobertura vegetal de la cuenca, el control de vertimientos de aguas residuales y la configuración de redes ecológicas.

En la figura 6 se pueden observar los cauces de las cuencas en la ciudad de Medellín que cuentan con PIOM.

establecido diferentes estrategias, algunas encaminadas a la búsqueda de la restauración ambiental de la cuenca como la conservación de la biodiversidad mediante la implementación de campañas de reforestación; otras con la cobertura de los servicios públicos donde se propuso la instalación de redes de alcantarillado que evitaran la contaminación de la fuente; se formularon programas enfocados en la restauración de áreas degradadas por la minería y la recuperación de las zonas de retiro.

- **El Hato:** la formulación siguió los lineamientos establecidos en el POMCA del río Aburrá y la metodología establecida por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2003. Con respecto a los lineamientos relacionados con los objetivos de la restauración ambiental de cuencas se han implementado programas orientados a la recuperación de zonas degradadas mediante la recuperación paisajística y ambiental de áreas mineras y la aplicación de mecanismos de desarrollo limpio.

Caldas

- **La Valeria:** en la formulación del PIOM se propuso la implementación de proyectos para la recuperación de nacimientos y de áreas degradadas dentro de la microcuenca, la ampliación de corredores ambientales y la eliminación de vertimientos directos de aguas residuales.

Sabaneta

- **La Doctora:** se han propuesto una serie de estrategias que incluyen programas y proyectos, algunos encaminados a la recuperación o restauración ambiental de cuencas tales como la recuperación y la protección de las zonas de laderas y los bordes de contención a la expansión urbana, esto se logró mediante la compra de predios para la protección del suelo, la reglamentación de usos del suelo y la implementación de sistemas agrosilvopastoriles. Estas iniciativas estuvieron encaminadas a la restauración de la conectividad ambiental de la cuenca que contaron con campañas de reforestación, de recuperación de áreas degradadas, de conservación de especies vegetales nativas, de recuperación de las zonas de retiro, de diseño de parques lineales y de obras de saneamiento básico.

Barbosa

- **La López:** a partir de la formulación de estrategias se han establecidos diversas líneas, programas y proyectos. En cuanto a los temas relacionados con la restauración ambiental de cuencas se identificaron iniciativas para el manejo de los vertimientos

de aguas residuales domésticas mediante la instalación de diferentes sistemas de tratamiento; el mantenimiento y la rehabilitación de cauces y de obras hidráulicas; campañas de reforestación con especies nativas; implementación de sistemas de monitoreo ambiental y campañas educativas, entre otros.

Envigado

- **La Ayurá:** se elaboró, en diciembre de 2007, parte de la comisión conjunta del río Aburrá.

La Estrella

- **La Bermejala de La Estrella:** se propuso el establecimiento de diferentes zonas para la protección y la restauración de los servicios ecosistémicos de la cuenca. Las acciones planteadas en dicha zona se orientaron a la utilización adecuada del suelo evitando la ocupación humana de lugares de alto riesgo donde pudieran generar deterioro ambiental de la cuenca; así como la identificación de zonas para la reforestación y la conservación de nacimientos.

Santa Rosa de Osos, Gómez Plata y Carolina del Príncipe

- **Río Guadalupe:** en la formulación del POMCA se identificaron como proyectos relacionados con la restauración ambiental de la cuenca aquellos que promueven la protección de cauces y de los nacimientos de afluentes del río mediante acciones orientadas al aislamiento de las zonas de retiro y del desarrollo de campañas de reforestación con especies nativas; los planes maestros de acueducto y alcantarillado con actividades de control y de tratamiento de los vertimientos de aguas residuales domésticas que evitan la contaminación de la fuente; asimismo, proyectos de recuperación de la zona de influencia física de la cuenca del río Guadalupe, la formulación de planes de ordenación y de manejo de ecosistemas estratégicos que incluyen proyectos de investigación de especies animales y vegetales de la zona y el conocimiento de los ecosistemas presentes en la cuenca, gestión adecuada de los residuos sólidos generados dentro del área.

Belmira, Santa Rosa de Osos, Entreríos y Donmatías

- **Ríos Grande y Chico:** entre los programas identificados como afines con los objetivos de la restauración ambiental de cuencas se pueden mencionar aquellos relacionados con el saneamiento básico para el control de vertimiento de aguas residuales que incluyeron el diseño de sistemas de tratamiento y de alcantarillado; la

formulación de planes de gestión integral de residuos sólidos para el control de la contaminación de suelos y aguas dentro de la cuenca, el manejo integral de usos del suelo con el diseño de sistemas agrosilvopastoriles, la intervención física para el control del deterioro del suelo, el manejo y el uso sostenible de ecosistemas estratégicos, los nacimientos y los retiros de fuentes de agua y las zonas de embalse con iniciativas que implementaron obras alternativas para el control de crecientes y de erosión; asimismo, se hace mención de aquellos programas que buscaron el mejoramiento tecnológico de los sistemas productivos, las prácticas agroecológicas, de conservación y de protección de la cobertura vegetal en áreas críticas; la protección, recuperación y compra de cuencas abastecedoras de los sistemas de acueducto con el respectivo aislamiento de zonas de protección, de reforestación y de saneamiento para el control de vertimientos de aguas residuales; programas de saneamiento básico en los municipios de Santa Rosa de Osos y Gómez Plata enfocados a lograr una buena disposición de las aguas residuales, la protección y la recuperación de la calidad de agua en las fuentes.

Otros

- **Río Aburrá - Medellín:** el POMCA abarca toda el área de la cuenca que se extiende desde el municipio de Caldas hasta el área rural del municipio de Santo Domingo. Aunque en casi todos los programas no se referencia directamente el concepto relacionado con restauración de cuencas sí se propone la determinación de zonas de recuperación ambiental en el territorio donde se promueven obras de control de procesos erosivos mediante la protección del suelo con vegetación para evitar la producción de sedimentos y mejorar las condiciones del terreno. Se plantean posibilidades de instalación de trampas para sedimentos con el fin de controlar su aporte en el canal (Giraldo J y colaboradores, 2012); la mitigación del riesgo asociado a movimientos en masa con muros de estabilización y canales construidos mediante diversos materiales, entre estos los aplicados en la bioingeniería de suelos. Además, se habla de restauración de la conectividad ambiental del territorio cuyo objetivo es la generación de corredores ecológicos en las cuencas asociados a campañas de reforestación de áreas degradadas y a la recuperación de las zonas de retiro en los cauces; asimismo, la promoción y el diseño urbano de parques permiten la recuperación y la restauración de las zonas de borde de quebrada. Otro aspecto importante, tratado en los programas referenciados, se relaciona con la restauración de la calidad y de la oferta hídrica de las fuentes mediante la implementación de sistemas de alcantarillado para la recolección de las aguas y su tratamiento.

En general, las propuestas encaminadas a la restauración ambiental de cuencas en los POMCA se fundamenta en la recuperación de áreas degradadas mediante campañas

de reforestación y de protección de coberturas vegetales para lo que, en muchos casos, se plantea la compra de predios, la reforestación, el control de vertimientos de aguas residuales domésticas y el manejo adecuado de residuos sólidos para mejorar la calidad del agua, el paisajístico y generar un mayor aprovechamiento del espacio público.

- Parques lineales

Con respecto a los proyectos de diseño y de construcción de parques lineales en quebradas para la cuenca del río Porce se identificaron, a partir de la consulta de información en las páginas web de las alcaldías de la región, los datos respectivos a estos. En la figura 7 se presenta la localización de los parques lineales dentro de la cuenca.

Figura 7. Parques lineales dentro de la cuenca del río Porce



Fuente: construcción propia

Medellín

Como casos relevantes dentro de la cuenca del río Porce se destaca el programa de Parques Lineales desarrollado en Medellín donde se ejecutaron intervenciones a las siguientes quebradas (SMA, 2009):

- **Quebrada La Presidenta:** el parque lineal se encuentra ubicado en el sector suroriental de Medellín en el barrio El Poblado, comuna 14. Las intervenciones abarcan un área de 20 000 m². En la construcción de este parque se sembraron 127 especies arbóreas, se realizaron campañas de revegetalización con fines paisajísticos y para el control de procesos erosivos; además, de la construcción de plazas, senderos y puentes como sitios de encuentro para los visitantes.

- **Quebrada La Bermejala:** la intervención abarcó 1200 m lineales del cauce de la quebrada ubicada en la zona nororiental de Medellín en el barrio Moravia, comuna 4. En este parque se sembraron especies arbóreas nativas en algunos de los tramos intervenidos, se hicieron obras paisajísticas y de espacio público, construcción de colectores para el control de vertimientos de aguas residuales domésticas y obras de limpieza y de mejoramiento hidráulico de los canales.

- **Quebrada La Hueso:** este parque se ubica en sector occidental de Medellín en el barrio San Javier, comuna 13. Actualmente este proyecto se encuentra en ejecución. De este se entregó la primera etapa donde se intervinieron 4538 m² de espacio público con una compensación forestal de 479 especies. También se construyeron zonas de descanso, recreativas, senderos peatonales y ciclorrutas.

- **Quebrada La Tinaja:** el proyecto se desarrolló en el sector noroccidental de Medellín en el barrio Castilla, comuna 5. Las obras incluyeron la siembra de árboles y de jardines que buscaron la restauración ecológica de la zona y la generación de un corredor biológico entre el cerro El Picacho y las áreas urbanas de la ciudad.

Este parque se construyó en dos etapas: en la primera se intervinieron 33 950 m² y en la segunda 16 759 m²; además, se sembraron alrededor de 322 especies de árboles.

- **Quebrada La Santa Elena:** el parque lineal se encuentra en el sector oriental de Medellín en el barrio Buenos Aires, comunas 8 y 9. Tiene un área de ejecución de 5922 m². En este se construyeron obras para el mejoramiento del espacio público, la recreación y el paisajismo. Además, de obras de manejo y de control de vertimientos de aguas residuales y redes de alcantarillado. Con respecto a la restauración ambiental se preservó un nacimiento de agua ubicado en el sector y se sembraron especies arbóreas nativas.

- **Quebrada La Herrera:** la intervención abarcó 17 765 m² y el parque se ubica en la zona nororiental de Medellín en el barrio Granizal, comuna 1. Para el desarrollo de las obras se compraron 155 viviendas y se realizó la reubicación de las familias que las habitaban. Las obras incluyeron la construcción de diferentes infraestructuras para la recuperación del espacio público y la recreación, el control de vertimientos directos de aguas residuales, el manejo hidráulico de las aguas y la siembra de 355 árboles.

- **Quebrada La India:** la obra se desarrolló en una parte de las microcuencas La Cangreja, La Pastora y la India, ubicadas en el sector oriental de Medellín en los barrios Miraflores, Quintalinda y Cauces de Oriente, comuna 9. En total fueron intervenidos 25 000 m² con obras de restauración ambiental y paisajística que incluyeron la siembra de 335 árboles para la generación de bosques para la conservación de la fauna silvestre. También se construyeron parques, senderos y otras infraestructuras para la recuperación del espacio público.

- **Quebrada Ana Díaz:** el parque lineal se ubica en el sector occidental de Medellín en el barrio Belencito, comunas 12 y 13. El espacio intervenido fue de 22 185 m². Se realizaron obras para el manejo de las aguas superficiales y de escorrentía y el mejoramiento paisajístico y de reforestación. Se sembraron 330 árboles de especies diferentes.

- **Quebrada La Malpaso:** el parque se localiza en el sector centroccidental de Medellín en el barrio Robledo, comuna 7. La intervención abarcó 31 157 m². Las obras se centraron en la construcción de infraestructura para espacio público y mejoramiento paisajístico y se complementó con la siembra de 163 árboles.

- **Quebrada La Quintana:** el parque se encuentra ubicado en la zona noroccidental de Medellín en el barrio Aures sobre terrenos de la urbanización Villa Sofía y Brisas de Robledo, comuna 7. Tiene un área de 38 089 m² y se encuentra vinculado al parque Biblioteca Tomás Carrasquilla. Las obras realizadas incluyeron la reforestación con especies nativas en las zonas de retiro, el mejoramiento hidráulico del cauce, la potencialización de la cobertura vegetal existente y el control de vertimientos directos de aguas residuales domésticas.

La propuesta de parques lineales desarrollada por la Alcaldía de Medellín se orienta a la búsqueda de espacios con funciones ambientales y ecológicas que permitan la recuperación y la protección de la diversidad de especies nativas arbóreas y animales; además de la recuperación de espacios para el encuentro ciudadano (Ortiz P, 2014).

En la figura 8 se puede observar la localización de cada una de las intervenciones referenciadas.

Figura 8. Parques lineales dentro de la cuenca del río Porce



Fuente: construcción propia

Sabaneta

- **Quebrada La Doctora (AMVA, 2016):** este parque lineal se localiza entre las urbanizaciones Las Playas y Miramonte del municipio de Sabaneta, es una obra de aproximadamente 400 metros lineales que comprende obras de paisajismo y revegetalización, un sendero peatonal, iluminación y parque infantil, todo esto como una propuesta para el desarrollo de actividades individuales al aire libre en un entorno natural.

Envigado

- **Quebrada La Frontera:** es el límite entre los municipios de Medellín y Envigado. Con la construcción del parque se realizaron campañas de reforestación, adecuación de zonas verdes y de esparcimiento, además del mejoramiento hidráulico del canal.

- **Quebrada La Heliodora:** está ubicado en el barrio San Rafael de Envigado, la intervención realizada fue de 220 000 m² de zona verde, el espacio público más grande del Valle de Aburrá en área urbana. Se construyeron obras para el aprovechamiento del espacio público como senderos, plazoletas, gimnasios, entre otros. También se adelantaron campañas de reforestación y de potenciación de especies forestales.

Copacabana

- **Parque lineal Borde Cerro de la Cruz:** el Parque Metropolitano Borde Cerro de la Cruz ofrece posibilidades de recreación y sano esparcimiento con énfasis en la educación ambiental. Cuenta con 1270 m de recorrido, un mirador y tres terrazas. En el sendero se realizó, además, un proceso de arborización, obras hidráulicas e iluminación led.

Girardota y Barbosa

- **Parque lineal Los Meandros:** bordea el río Medellín para proteger las laderas y los ecosistemas. Busca la protección ambiental de un territorio mediante la arborización y recuperación de la fauna.

- Otras intervenciones

- **Obras de limpieza de cauces adelantadas por la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín:** la Secretaría ha designado a la Subsecretaría de Metrorrio para que adelante la limpieza y mantenimiento de cauces de la red hídrica de la ciudad de Medellín, tributaria del Aburrá. Las actividades se realizan según una matriz de priorización donde se atienden, primero, aquellas que tengan mayor deterioro ambiental en este aspecto. Entre las últimas intervenciones se destacan (El Colombiano, 2016):

- ▶ Remoción de 1228 m³ de sedimentos – la carga de unas 150 volquetas – de los lechos de las quebradas Altavista en Belén; La Hueso en el sector de Suramericana y La Presidenta en Patio Bonito.
- ▶ Limpieza de 400 metros de cauce en La Cantera, en el barrio El Picacho; Carevieja en Moscú; Gallinaza en el barrio Villatina; La Guayabala en la comuna 16; Las Playas en el sector del aeropuerto Olaya Herrera y El Zancudo en el barrio San Pablo.
- ▶ Las limpiezas de cauces de La Presidenta, así como en las quebradas La Rosa (barrio Santa Cruz), La Gallinaza (Villatina) y La Hueso.

- ▶ Obras de limpieza de cauces adelantadas por Corantioquia: limpiezas periódicas en las fuentes que lo requieran y que se encuentren por fuera de la jurisdicción del municipio de Medellín.
 - **Recuperación ambiental de suelos y microcuencas:** diferentes entidades gubernamentales y ONG han adelantado proyectos para la recuperación de áreas degradadas en microcuencas por procesos erosivos, deforestación, procesos de inestabilidad y contaminación del suelo, contaminación del suelo y de las aguas, entre otros. Se promueve la realización de obras de control de la erosión y de la estabilización de taludes con revegetalización y reforestación, instalación de obras de bioingeniería de suelo y sistemas de tratamiento con biotecnología y fitoremediación. Entre los proyectos realizados en este campo se destacan:
- ▶ Restauración integral de cuencas en el cerro de Moravia (Montoya J, 2012) mediante el proyecto «Moravia como ejemplo de transformación de áreas urbanas degradadas: tecnologías apropiadas para la restauración integral de cauces hidrográficas» desarrollado por la Catedra UNESCO de Sostenibilidad y Tecnológico de Antioquia para la Alcaldía de Medellín.
- ▶ Corporación Cuenca Verde: alianza entre entidades públicas y privadas que realizan intervenciones relacionadas con la conservación y la restauración de las cuencas abastecedoras de acueductos con campañas de reforestación, limpieza y mantenimiento de cauces; campañas de educativas, entre otras. Hoy benefician a los 10 municipios que conforman el Valle de Aburrá, habitado por más de 3.5 millones de personas y también a más de 35 mil habitantes de los municipios con jurisdicción en dichas cuencas, entre ellos Envigado y El Retiro (La Fe); Belmira, Donmatías, Entreríos, San Pedro de los Milagros y Santa Rosa de Osos (Riogrande II).

| 2.2 Cuenca del río Nare |

En el marco de la restauración del recurso dentro de la cuenca del río Nare se presentan a continuación las intervenciones realizadas según la información consultada.

- Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

Según los inventarios realizados por Cornare, corporación autónoma regional con jurisdicción dentro de la cuenca, se cuenta con los siguientes POMCA (Cornare, 2016).

Rionegro

- **Cuenca Abreo - Malpaso:** con respecto a los temas relacionados con la restauración ambiental de cuencas en la formulación del Plan se han establecido varias líneas de las que se desprenden programas y proyectos asociados como el control y el tratamiento de vertimientos de aguas residuales y el manejo adecuado de residuos sólidos; programas de producción más limpia aplicados a proyectos agropecuarios desarrollados en la zona; programas de preservación de la diversidad; campañas de reforestación, entre otros. Todo lo anterior está acompañado con educación ambiental de las comunidades.

- **El Tablazo:** entre las acciones encaminadas o que tienen que ver con la restauración de cuencas se encuentran la compra de predios para la protección de los nacimientos de aguas, la restauración de las zonas de retiro de la quebrada mediante la siembra de especies vegetales, el control del uso de agroquímicos para evitar la contaminación de los suelos y las aguas y, por último, se dan los lineamientos para la reglamentación en el uso del recurso hídrico.

El Carmen de Viboral

- **La Aldana:** una parte del área de la cuenca se encuentra en el municipio de El Carmen de Viboral. En la formulación se establecieron varias tipologías de proyectos relacionados con la restauración ambiental de cuencas; proyectos encaminados al control de la fragmentación del suelo, proyectos relacionados con el control de la degradación del suelo, proyectos relacionados con el control de procesos de socavación y deslizamientos en las márgenes, entre otros.

- **Cimarrona:** con respecto a la formulación de proyectos asociados a la restauración de cuencas se identificaron aquellos relacionados con el mejoramiento y el saneamiento básico enfocado en la gestión adecuada de residuos y al control de vertimientos de aguas residuales; programas de producción más limpia en los procesos agrícolas; proyectos de protección y conservación de la biodiversidad en predios públicos y campañas de educación ambiental.

El Santuario

- **La Aldana:** además de tener área dentro del municipio de El Carmen de Viboral la cuenca abarca parte del municipio de El Santuario. En la formulación se establecieron varias tipologías de proyectos relacionados con la restauración ambiental de cuencas: iniciativas encaminadas al control de la fragmentación del suelo; proyectos relacionados

con el control de la degradación del suelo; proyectos para el control de procesos de socavación y deslizamientos en las márgenes, entre otros.

- **Bodegas y El Salto:** al igual que en la cuenca Barbacoas se identificaron los siguientes aspectos relacionados con la restauración ambiental de cuencas. Se promueve el tratamiento de las aguas residuales domésticas para el control de vertimientos y el manejo integral de residuos sólidos; la conservación y la preservación de la biodiversidad en predios públicos y la producción más limpia en los sistemas agropecuarios para evitar la generación de impactos sobre el recurso. Todo lo anterior acompañado de campañas educativas.

Guarne

- **Quebrada la Honda:** se formularon proyectos encaminados a la restauración ambiental de la cuenca, se destacan aquellos en los que se promueve la recuperación de las zonas de retiro mediante la reforestación de las que carecen de cobertura vegetal; la disminución de la carga contaminante en las aguas implementando sistemas de tratamiento de aguas residuales in situ; el control de los usos del suelo para ocupación.

- **La Brisuela:** entre los proyectos relacionados con la restauración ambiental de las cuencas, presentados durante la formulación del POMCA se destacaron aquellos relacionados con la conservación de la biodiversidad, la recuperación del suelo, el saneamiento básico mediante el control de vertimientos directos de aguas residuales domésticas y el manejo integral de residuos sólidos, y la producción más limpia para la agricultura.

El Retiro

- **La Agudelo:** se formuló en conjunto con la quebrada la Aldana. Se promueven acciones encaminadas al control de las actividades mineras en la zona, la compra de predios para la conservación de nacimientos, la recuperación de suelos y zonas de retiro desnudas mediante campañas de reforestación, entre otras.

- **Río Pantanillo:** este abastece el embalse de La Fe que suministra el agua a la Planta de potabilización de Ayurá que atiende a toda la población del sur y centro del Valle de Aburrá. En la elaboración del POMCA se formularon programas encaminados a la restauración ambiental de la cuenca que promueven los usos adecuados del suelo, el control de vertimientos y el manejo adecuado de los residuos sólidos con obras de saneamiento ambiental, la recuperación de áreas degradadas y el uso eficiente de los recursos dentro de la cuenca.

Marinilla

- **Barbacoas:** en la fase de formulación de programas y proyectos del plan se identifican los siguientes aspectos relacionados con el objeto del presente estudio. Se promueve el tratamiento de las aguas residuales domésticas para el control de vertimientos y el manejo integral de residuos sólidos; la conservación y la preservación de la biodiversidad en predios públicos; la producción más limpia en los sistemas agropecuarios para evitar la generación de impactos sobre el recurso y las actividades de reforestación. Todo lo anterior acompañado de campañas educativas.

- **El Pozo:** la parte alta de la cuenca se encuentra dentro del área del municipio de Marinilla. En la formulación se establecieron líneas estratégicas, programas, proyectos y actividades específicas en diferentes aspectos de la gestión de cuencas. Entre los proyectos y actividades relacionados con el objeto del presente capítulo se pueden mencionar las relacionadas con el manejo ecológico de los suelos, el mejoramiento ambiental del manejo del recurso hídrico y el saneamiento mediante el montaje de sistemas de tratamiento de aguas residuales o mantenimiento de los existentes; manejo integral de residuos sólidos y bocatomas; delimitación, compra de predios y reforestación de zonas de interés ambiental dentro de la cuenca, entre otros.

- **La Bolsa:** la formulación del POMCA se realizó en conjunto con la cuenca de la quebrada Barbacoas. Se promueve el uso adecuado de los suelos, el saneamiento básico para el control de la contaminación y la producción más limpia.

El Peñol

- **El Pozo:** la desembocadura en el río Nare y sus áreas de influencia se encuentra en el municipio de El Peñol. En la formulación se establecieron líneas estratégicas, programas, proyectos y actividades específicas en diferentes aspectos de la gestión de cuencas. Entre los proyectos y las actividades relacionados con el objeto del presente capítulo se pueden mencionar los relacionados con el manejo ecológico de los suelos, el mejoramiento ambiental del manejo del recurso hídrico y el saneamiento mediante el montaje de sistemas de tratamiento de aguas residuales o mantenimiento de los existentes; manejo integral de residuos sólidos y bocatomas; delimitación, compra de predios y reforestación de zonas de interés ambiental dentro de la cuenca, entre otros.

San Vicente Ferrer

- **La Palma:** al igual que en otros planes formulados por la Universidad Nacional de Colombia se presentan acciones encaminadas al control de vertimientos el y el manejo adecuado de los residuos sólidos para evitar la contaminación de la fuente, la

producción más limpia en procesos agroindustriales y el uso del suelo adecuado mediante acciones tendientes a la conservación de la biodiversidad.

La Ceja de Tambo

- **La Pereira:** durante la formulación del POMCA de la quebrada La Pereira se identificaron los siguientes proyectos y acciones relacionados con la restauración de cuencas: programas para el mejoramiento del saneamiento básico con el fin de controlar la contaminación de los suelos y las aguas mediante el control de vertimientos de aguas residuales domésticas y el manejo integral de residuos sólidos; iniciativas de producción más limpia en el campo agropecuario y mejoramiento de los usos del suelo y campañas de restauración de áreas degradadas implementando programas de reforestación.

San Rafael

- **Quebrada Los Cuervos:** en la formulación del plan de manejo y ordenación de la cuenca se diseñaron estrategias encaminadas a la conservación de las cuencas como las relacionadas con la biodiversidad y la sostenibilidad, en las cuales se establecieron programas como los de gestión de las aguas para el control y el tratamiento de vertimientos de aguas residuales, y manejo de zonas de protección con campañas de reforestación y conservación de nacimientos.

Granada, San Carlos y Guatapé

- **Río Calderas:** se encuentra dentro de los municipios de Granada, San Carlos y Guatapé. En cuanto a la temática relacionada con los programas de restauración de ambiental de cuencas, formulados dentro del POMCA, se destacan las estrategias para la protección y la conservación de las fuentes, el uso eficiente y el ahorro del agua; el control de vertimientos directos de aguas residuales domésticas y el control de usos del suelo para su protección.

- Parques lineales

La localización de los parques lineales dentro de la cuenca del río Nare se puede observar en la figura 9.

Figura 9. Parques lineales en la cuenca del río Nare



Fuente: construcción propia

Con respecto a este tipo de proyectos se han encontrado las siguientes intervenciones (Cornare, 2016):

Guarne

- **Quebrada La Mosca:** el proyecto de construcción y recuperación de la quebrada La Mosca a través de un parque lineal tomó forma en aproximadamente 250 metros en su primera etapa en el sector del barrio San Antonio de la cabecera del municipio de Guarne. Este se desarrolla a través de un convenio interadministrativo entre el Municipio de Guarne y la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare - Cornare -

Rionegro

- **Río Negro:** en el proyecto se realizará una intervención de 2600 metros lineales. Mediante su ejecución se busca la potencialización de la vegetación presente en las riberas para el beneficio de las especies como aves migratorias y la recuperación del río, además, de la construcción de bulevares y andenes que permitan su utilización como espacio público.

Marinilla

- **Quebrada La Marinilla:** la intervención se encuentra dentro del casco urbano del municipio de Marinilla entre la unidad deportiva Ramón Emilio Arcila y el sector la Ramada, abarcando 2400 m lineales. En el proyecto se incluye la adecuación del canal y de las campañas de reforestación que permiten la recuperación de las riberas; además, la instalación de otras zonas verdes en las zonas de retiro de las fuentes. También, se realizará la construcción de plazoletas y andenes que permitan la utilización del sector como parte del espacio público.

El Carmen de Viboral

- **Quebrada La Cimarrona:** el parque se encuentra ubicado entre la Institución Educativa La Paz y el barrio El Hipódromo; en total fueron intervenidos 3000 metros lineales. En el proyecto se realizaron obras de reforestación, saneamiento, manejo de residuos sólidos, construcción de senderos, ciclorrutas y plazoletas para la recuperación del espacio público.

La Ceja del Tambo

- **Quebrada La Pereira:** el parque se encuentra ubicado cerca de la vía circunvalar en el municipio de El Carmen de Viboral y en total fueron intervenidos 1300 metros lineales. En el proyecto se realizaron obras de reforestación, saneamiento, manejo de residuos sólidos, construcción de senderos y otros amoblamientos para la recuperación del espacio público.

Otras intervenciones

- **Obras de limpieza de cauces adelantadas por Cornare:** se tienen programas de mantenimiento y de conservación de cauces, en los cuales se realizan actividades de limpieza de cauces en las fuentes hídricas que lo ameriten, incluyendo los afluentes del río Nare. Entre las intervenciones realizadas se destacan las relacionadas con la

limpieza y el manejo ambiental del cauce y riveras de la quebrada Yarumal y el río Negro (Cornare, 2009), cuencas afluentes del río Nare.

- **Formulación de proyectos de restauración de cuencas:** entre los criterios establecidos para la formulación de proyectos que pueden ser financiados por Cornare, se tienen los relacionados con la restauración de ecosistemas degradados, lo cual es aplicable a la recuperación y a la rehabilitación de cuencas. Se han financiado y ejecutado proyectos para la restauración de áreas degradadas por la práctica de actividades agrícolas y pecuarias en los municipios de Alejandría y San Rafael.

| 2.3 Cuenca del río León |

La cuenca del río León se encuentra ubicada en la región conocida como el Urabá antioqueño. A continuación, se presenta el estado del arte construido con base en la información relacionada con proyectos de restauración de cuencas (Corpouraba, 2016).

- Planes de ordenación y manejo de cuencas

Con respecto a la cuenca del río León actualmente se está en proceso de contratación para la elaboración de su plan de ordenación y manejo, por parte de la corporación autónoma regional competente en la zona que es Corpouraba. En este plan se incluirán intervenciones para los ríos Chigorodó, Carepa y Apartadó.

- Parques lineales

Respecto de este tipo de intervenciones se identificaron dentro de la cuenca los siguientes proyectos:

- Parque lineal Senderos del río Chigorodó.
- Proyecto Parque lineal río Carepa.

Actualmente, ambos se encuentran en elaboración y están enfocados, principalmente, al control hidráulico de los ríos y a la generación de espacio público. La localización de los parques lineales se puede visualizar en la figura 10.

Figura 10. Parques lineales en la cuenca del río León



Fuente: construcción propia

Otras intervenciones

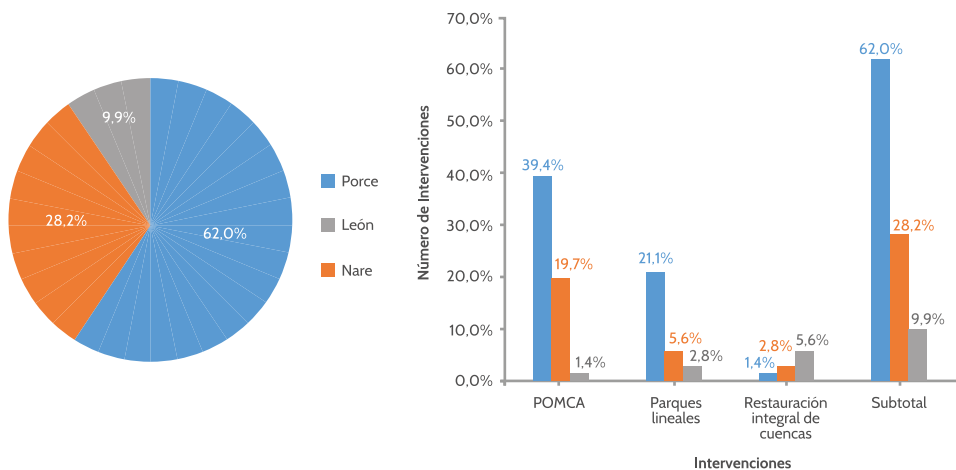
- Recuperación de microcuencas y potreros de los resguardos indígenas de Polines y Yeberadó en el municipio de Chigorodó.
- Recuperación, protección y conservación de microcuencas abastecedoras de acueductos municipales en la cuenca hidrográfica del río Sucio antioqueño.
- Recuperación y protección de la microcuenca del río Apartadó, municipio de Apartadó.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según los resultados de la consulta y la adquisición de información relacionada con programas, proyectos y actividades para la restauración ambiental de cuencas en las zonas referenciadas se han realizado diversos análisis para identificar los municipios que presentan mayor intervención. A partir de dichos resultados se construyeron gráficas que facilitarán la comprensión de los mismos.

Inicialmente, se evaluó la cantidad de intervenciones identificadas por cada una de las macrocuencas estudiadas en el presente capítulo. Los resultados del análisis se presentan en la figura 11; se puede observar que la cuenca con mayor número de intervenciones es la del río Porce, seguida de la del río Nare y por último la del río León.

Figura 11. Representatividad de cada tipo de intervención por cada cuenca referenciada



Fuente: construcción propia

Con respecto al tipo de intervención predominantemente realizada en cada una de las macrocuencas evaluadas se puede visualizar que para las del río Porce y Nare las más representativas son las referentes a los POMCA, seguidas de la construcción de parques lineales y, por último, otro tipo de intervenciones para la restauración de áreas degradadas. Para el caso del río León, los resultados son contrarios a los obtenidos para las cuencas anteriores, pues apenas está en formulación el POMCA de la cuenca.

Para visualizar el análisis de las tendencias descritas en la figura 12 se puede verificar que para el caso de parques lineales la mayor parte de las intervenciones se concentran en el sur de la cuenca del río Porce donde se ubica el área metropolitana del Valle de Aburrá, seguidas de las localizadas al occidente de la cuenca del río Nare, que es la región del oriente cercano.

Figura 12. Localización de los parques lineales identificados en las cuencas estudiadas



Fuente: construcción propia

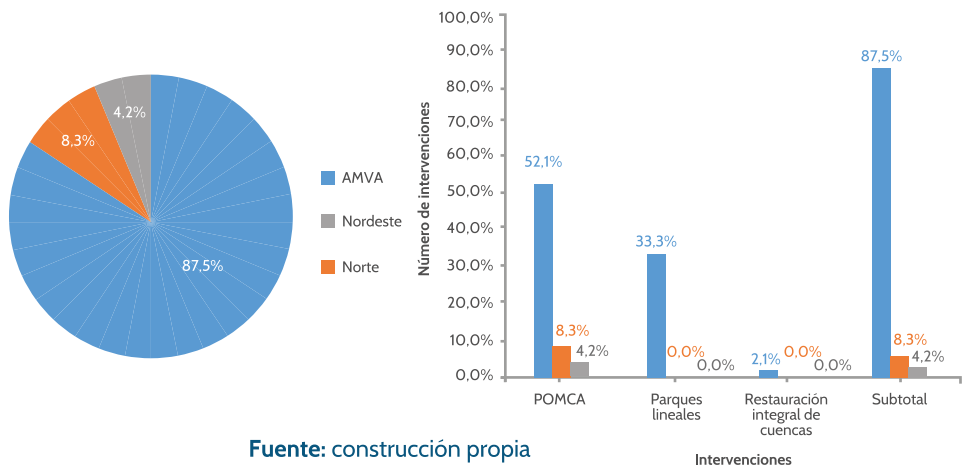
En los análisis posteriores se subdividió cada cuenca evaluada y se realizaron los análisis que se presentan a continuación.

| 3.1 Río Porce |

En lo referente a los resultados obtenidos para el río Porce se observa en la figura 13 que la región con mayor cantidad de intervenciones es el área metropolitana del Valle de Aburrá, seguida de la región Norte y por último la Nordeste. La tendencia puede estar relacionada con que la mayor área de influencia de la cuenca se encuentra dentro

de la región metropolitana, seguida de la región Norte; además, en la región predominante se tiene la mayor cantidad de población y concentración de recursos monetarios.

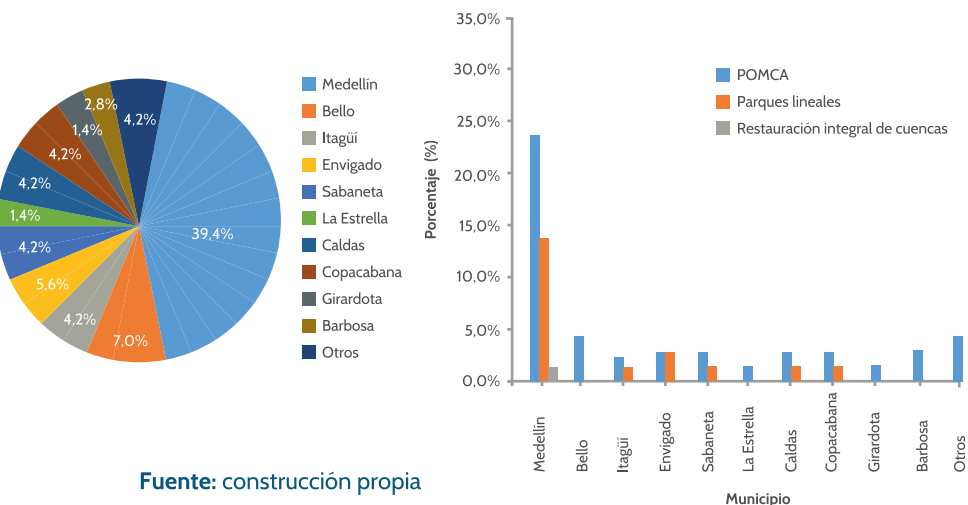
Figura 13. Representatividad de cada tipo de intervención para la cuenca del río Porce



Fuente: construcción propia

También se establecieron gráficos para determinar cuál de los municipios ubicados dentro de la cuenca presenta mayor número de intervenciones, esto puede ser observado en la figura 14.

Figura 14. Representatividad de cada tipo de intervención para los municipios ubicados en jurisdicción del río Porce



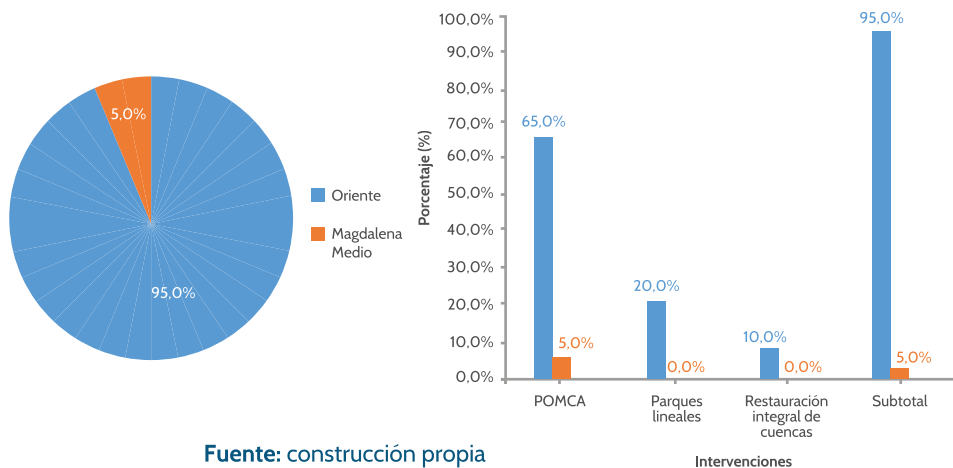
Fuente: construcción propia

Se identifica al municipio de Medellín como aquel en el que se han realizado la mayor cantidad de intervenciones, referenciadas para el presente estudio, seguido de los municipios de Envigado, Sabaneta e Itagüí. El resultado es coherente con lo esperado, pues en estos municipios se concentran los grandes centros poblados de la zona con mayor cantidad de presupuesto para atención de las problemáticas asociadas.

| 3.2 Río Nare |

En lo referente al río Nare se observó que el área de la cuenca se encuentra entre las regiones del Oriente y el Magdalena Medio, identificándose el mayor número de intervenciones dentro de la primera, pues es la que tiene mayor cantidad de población, áreas urbanizadas, problemáticas ambientales en cuencas y disponibilidad de recursos económicos (ver figura 15).

Figura 15. Representatividad de cada tipo de intervención dentro de la cuenca del río Nare



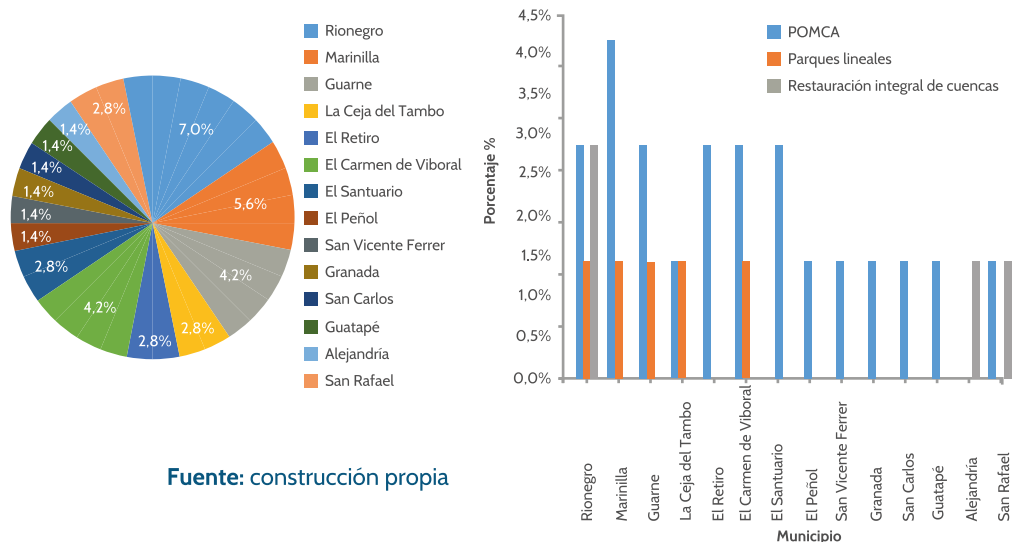
Fuente: construcción propia

Los resultados muestran que la mayor cantidad de intervenciones realizadas se concentran en la región Oriente que corresponde a una mayor área de la cuenca, concentración de población y recursos para la implementación de dichos programas.

El tipo de intervención más representativa es la formulación de POMCA, seguida del diseño y construcción de parques lineales en quebradas y ríos.

Con respecto a la identificación de los municipios que presentan mayor cantidad de intervenciones dentro del área de la cuenca los resultados se pueden observar en la figura 16.

Figura 16. Representatividad de cada tipo de intervención para los municipios ubicados en jurisdicción del río Nare



Fuente: construcción propia

Se puede ver en la figura 16 que el municipio que tiene mayor cantidad de intervenciones es Rionegro, seguido de Marinilla, Guarne, El Carmen de Viboral y La Ceja del Tambo. Sin embargo, para este caso, en general, los resultados en cuanto a la representatividad presentan una distribución más uniforme para los municipios del oriente cercano, comparando con los obtenidos para la cuenca del río Porce.

| 3.3 Río León |

Debido a que la cuenca se encuentra solamente dentro de la región de Urabá no se puede realizar el análisis de intervenciones por regiones. Por lo tanto, en la figura 11 se muestran gráficos en los que se pueden ver las tendencias sobre el tipo de intervenciones implementadas. Predominan acciones y proyectos de recuperación de áreas degradadas sobre la implementación de proyectos de parques lineales y formulación de los POMCA.

| 4. CONCLUSIONES |

- La mayor parte de las intervenciones identificadas dentro de las cuencas estudiadas están incluidas dentro de los POMCA a partir de su formulación se comienzan a ejecutar proyectos entre los cuales se destacan los parques lineales. La tendencia se mantiene en todas las cuencas estudiadas a excepción de la del río León donde se

invierte la tendencia, pues se han desarrollado proyectos con intervenciones puntuales sin la formulación de los POMCA que son fundamentales para la gestión armónica del territorio.

- En los POMCA analizados se proponen, como común denominador, intervenciones encaminadas a la recuperación de áreas degradadas, seguido de actividades como la reforestación, la compra de predios y el respeto de retiros en cauces.
- En el diseño y la ejecución de los parques lineales en las quebradas se busca, como objetivo común, la restauración de las riberas y las zonas aledañas al cauce mediante campañas de reforestación y la instalación de zonas duras y amoblamientos para la recuperación del espacio público.
- Al analizar las tendencias de intervención en cada una de las cuencas estudiadas se puede concluir que la mayoría se concentran en la cuenca del río Porce, seguidas por las del río Nare y, por último, las del río León. Si bien los resultados están de acuerdo con lo esperado, debido a la cantidad de población y extensión de áreas urbanizadas, se puede afirmar que existe una gran inequidad entre cada una de las regiones, pues en el caso del Urabá antioqueño se conocen graves problemáticas ambientales y deterioros de los recursos hídricos que aún no han sido atendidos adecuadamente en algunas áreas densamente pobladas.
- Las tendencias identificadas para la intervención del territorio, referenciadas anteriormente, se mantienen dentro de cada una de las cuencas, pues para el caso del río Porce la mayoría se concentran dentro del área metropolitana especialmente en la ciudad de Medellín, quedando muy poco en otras regiones extensas como el Norte y el Nordeste; con respecto al río Nare, la mayoría se ubican en la región del oriente cercano y para el caso del río León se focalizan en los municipios de Carepa y Chigorodó. Por lo tanto, se puede concluir que aunque estas zonas presentan la mayor concentración de población y de áreas urbanizadas, y con esto un mayor número de problemáticas ambientales, no se justifica la casi total ausencia de intervenciones en otras zonas que también las requieren.
- Por lo tanto, se debe propender desde cada uno de los gobiernos y autoridades locales la ejecución de intervenciones para la restauración y la protección de cuencas de una manera más equitativa, teniendo en cuenta que muchas de las zonas con poca intervención presentan graves problemas de degradación de los recursos hídricos por la prácticas de actividades agropecuarias, mineras, turísticas, entre otras.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beleño I. (Febrero 12 de 2011). El 50 % del agua en Colombia es de mala calidad. UN Periódico, No 141

Giraldo, J. Z., Martínez, J. F. B., & Giraldo, L. E. V (2012). La restauración de ríos y su inclusión en las políticas públicas de Colombia, pp. 3 y 10.

Mouton, A. M., Van Der Most, H., Jeuken, A., Goethals, P. L., & De Pauw, N. (2009). Evaluation of river basin restoration options by the application of the water framework directive explorer in the Zwalm River basin (Flanders, Belgium). *River research and applications*, 25(1), 82.

Ministerio de Ambiente, V. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Ambiente, V. (2014). Guía técnica para la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas - POMCA - Bogotá Colombia: Ministerio de Medio Ambiente.

Cornare. (2010-2016). POMCA Río Negro (Ant), Colombia. Recuperado de <http://www.cornare.gov.co/corporacion/division-socio-ambiental/pomcas>

Cuartas, C. H. (2012). Los parques lineales como nueva modalidad de espacio público inclusivo en la ciudad de Medellín. *Sistemas & Telemática*, 10(22), 159-166.

Corantioquia. (2010-2016). Resumen POMCA. Medellín (Ant), Colombia. Recuperado de: http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/_layouts/15/start.aspx#/SiteAssets/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2fsitios%2fExtranetCorantioquia%2fSiteAssets%2fImages%2fMenuSuperiorArchivos&FolderCTID=Ox0120004E7A4238134A634C88C90DA1F2258B17

Secretaría de Medio Ambiente, SMA. (2009). Parques lineales de Medellín. Medellín, Colombia: Alcaldía de Medellín.

Ortiz Agudelo, P. A (2014). Los parques lineales como estrategia de recuperación ambiental y mejoramiento urbanístico de las quebradas en la ciudad de Medellín: estudio de caso parque lineal La Presidenta y parque lineal La Ana Díaz (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín), pp. 5.

De Aburrá, Á. M. D. V., Principal, M. V., & Vial, J. (2010). Atlas área metropolitana del Valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle del Aburrá.

Loaiza J. (Febrero 5 de 2016). Medellín les pone mano a 37 de sus quebradas. Periódico El Colombiano.

Restrepo, J. I. M. (2011). Moravia como ejemplo de transformación de áreas urbanas degradadas: tecnologías apropiadas para la restauración integral de cuencas hidrográficas. *NOVA*, 9(15).

Cuenca verde. (2016). Quiénes somos. Medellín (Ant), Colombia. Recuperado de <http://www.cuencaverde.org/>

Cornare. (2010-2016). POMCA Río Negro (Ant), Colombia. Recuperado de <http://www.cornare.gov.co/corporacion/division-socio-ambiental/pomcas>

Cornare. (2010-2016). Sala de prensa. Río Negro (Ant), Colombia. Recuperado de <http://www.cornare.gov.co/component/k2/etiqueta/Parques%20Lineales>

Cornare. (2010-2016). Acuerdos. Río Negro (Ant), Colombia. Recuperado de http://www.cornare.gov.co/Acuerdos/Acuerdo_214_de_2009_cornare.pdf

Corpouraba. (2010-2016). Proyectos. Apartadó (Ant), Colombia. Recuperado de <http://www.corpouraba.gov.co/proyectos-ejecutados>

ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO EN ANTIOQUIA 2012 - 2015

Un producto de conocimiento



CONVENIO INTERINSTITUCIONAL



Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia

