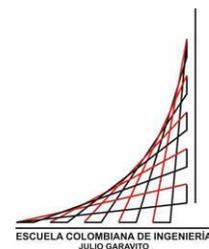


Maestría en Ingeniería Civil

Opciones para mitigar la escasez de agua potable en Colombia.

Luis Gabriel Angarita Torres

Bogotá, D.C, 22 de mayo de 2019

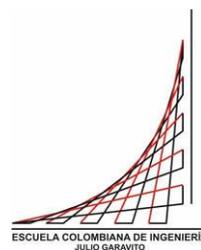


Opciones para mitigar la escasez de agua potable en Colombia.

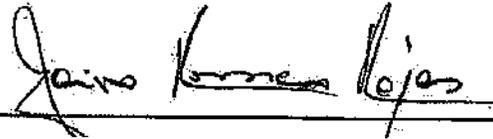
**Tesis para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis
en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.**

**Ingeniero Jairo Alberto Romero Rojas
Director**

Bogotá, mayo de 2019

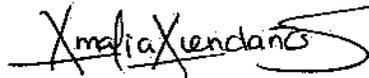


La tesis de maestría titulada "**Opciones para mitigar la escasez de agua potable en Colombia**" presentada por Luis Gabriel Angarita Torres, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.



Jairo Alberto Romero Rojas

Director de la tesis



Amalia Avendaño Sánchez

Jurado



María Paulina Villegas de Brigard

Jurado

Bogotá, D.C, 22 de mayo de 2019

A Juana y Felipe ¡Muchas Gracias!

Agradezco al Ingeniero Jairo Romero por su dedicación y acertada dirección.

RESUMEN

Este documento busca identificar las opciones para mitigar la escasez de agua potable en Colombia. Para tal fin, en primer lugar, se mencionan los municipios que ante condiciones hidrológicas promedio y condiciones hidrológicas secas cuentan con un índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH) que varía entre valores medio, alto y muy alto. A continuación, se procede a determinar cuáles son las principales causas de escasez de agua potable en dichos municipios, logrando establecer que la deforestación, el verano intenso, la contaminación de las fuentes de agua y la falta de inversión son los causantes de esta problemática. Finalmente se procede a la identificación de soluciones que permitan enfrentar cada una de las causas que generan la escasez de agua potable

Índice general

Introducción.....	10
Objetivos y Alcance	12
1. Municipios con escasez de agua potable en el país	13
1.1 Condiciones hidrológicas promedio	14
1.2 Condiciones hidrológicas secas.....	24
2. Causas de escasez de agua potable en dichos municipios.....	34
2.1 Deforestación.....	34
2.2 Verano intenso.....	37
2.3 Contaminación de las fuentes de agua	41
2.4 Falta de inversión.....	42
3. Soluciones conocidas apropiadas para eliminar las causas de escasez de agua potable en el país.....	44
3.1 Detener la deforestación – Reforestación	44
3.2 Proteger los páramos	46
3.3 Cierre de la frontera agrícola.....	49
3.4 Cumplimiento de norma de vertimientos	49
3.5 Reducción de la demanda	51
3.6 Captación y almacenamiento de aguas lluvias	52
3.6.1 Microcaptación.....	53
3.6.2 Macrocaptación	53
3.6.3 Cosecha de agua de techos de viviendas y estructuras impermeables.....	53
3.6.4 Captación de agua atmosférica	53
3.7 Sistemas de detección y prevención de fugas	53
3.7.1 Pérdidas físicas	54
3.7.2 Pérdidas y consumos operacionales	55
3.7.3 Pérdidas comerciales	56

3.8	Aprovechamiento de aguas subterráneas.....	56
4	Soluciones factibles para atender los problemas de escasez de agua potable.....	58
4.1	Actividades en contra de la deforestación.....	58
4.1.1	Bonos de carbono	58
4.1.2	Cumplimiento de la legislación ambiental	59
4.1.3	Artemisa.....	60
4.2	Protección de páramos	60
4.3	Implementación norma de vertimientos.....	61
4.4	. Explotación de aguas subterráneas.....	61
4.5	Estrategias de captación y almacenamiento de agua lluvia.....	62
4.5.1	Captación de agua lluvia a través de techos y otras superficies impermeables....	62
4.5.2	Captación de niebla	63
5.	Conclusiones	65

Índice de tablas

Tabla 2. Municipios con IVH Alto en condiciones hidrológicas promedio	14
Tabla 2. Municipios con IVH Alto en condiciones hidrológicas promedio.....	15
S.....	16
Tabla 2. Municipios con IVH Muy Alto en condiciones hidrológicas secas.....	25
¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....¡Error! Marcador no definido.	
¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....¡Error! Marcador no definido.	9
Tabla 7 Eficiencias asignadas a los sistemas de riego en Colombia	52

Índice de figuras

Figura 1. Bosques Territorios de Vida.....	35
Figura 2. Región Andina. Fenómeno de El Niño. IDEAM.....	38
Figura 3. Región Caribe. Fenómeno de El Niño. IDEAM.....	38
Figura 4. Región Pacífica. Fenómeno de El Niño. IDEAM.....	39
Figura 5. Región Amazonía. Fenómeno de El Niño. IDEAM.....	40
Figura 6. Región Pacífica. Fenómeno de El Niño. IDEAM.....	40
Figura 7. Ley de Páramos. (WWF-Colombia, 2018).....	47
Figura 8. Distribución de las reservas de agua subterránea.....	56
Figura 9. Panel atrapa niebla.....	63

Introducción

Colombia gracias a su ubicación geográfica cuenta con el privilegio de poseer un clima y un territorio rico en fuentes hídricas que le permite tener una disponibilidad anual de agua por habitante de 33.160 m³ (cuarto en el mundo), valor muy superior al que se considera empieza la escasez, <1.700 m³/persona-año. Esta riqueza hídrica abarca fuentes de agua de tipo superficial y subterránea, que a pesar de repartirse homogéneamente en la mayoría del país, no llega a todos los habitantes, por carencia en infraestructura o de presión en la demanda, en sus zonas más densamente pobladas (Revista Semana, «Colombia, ¿potencia hídrica?» 2011).

Tres aspectos reúnen las causas que limitan el desarrollo y bienestar de parte de las poblaciones que se asientan en las zonas críticas de escasez de agua (FAO 2013, p. 7):

- Escasez de agua por ausencia física o por calidad
- Escasez de agua por falta de infraestructura
- Escasez de agua por dificultades organizacionales

El primero de estos aspectos engloba las siguientes causas: incremento en la demanda de alimentos, crecimiento urbano, crecimiento industrial, producción de biocombustibles, aumento de los efectos del calentamiento global y la calidad del agua.

La escasez asociada a la falta de infraestructura y a la imposibilidad de establecer y mantener organizaciones que gestionen el uso del recurso, alcanzan un nivel de importancia medio, supeditado a la falta de recursos económicos, a limitaciones técnicas y a la ausencia de entes rectores de las políticas para la administración del recurso.

Las iniciativas para mitigar la escasez se agrupan en los siguientes ejes: gestión del suministro y gestión de la demanda. La primera de estas opciones implica desarrollar nuevas infraestructuras de captación y distribución, aumento de almacenamiento,

control de contaminación, aprovechamiento de agua subterránea, y reciclaje y reutilización de agua, entre otras (FAO 2013, p. 54). La gestión de la demanda se define como un conjunto de acciones que controlan la demanda, bien aumentando la eficiencia económica general del uso del agua como recurso natural, o bien reasignando los recursos hídricos dentro de cada sector y entre los distintos sectores (FAO 2013, p. 12).

Considerando la magnitud del escenario, enfrentar la escasez de agua se convierte en una prioridad a nivel global, puesto que de esta batalla dependerá la seguridad energética, la seguridad alimentaria, el crecimiento económico, la reducción de los conflictos, la pérdida de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático.

Objetivos y Alcance

Objetivo general:

Conocer los métodos para enfrentar problemas de escasez de agua.

Objetivos específicos:

1. Conocer los municipios con escasez de agua potable en Colombia.
2. Identificar las causas de escasez de agua potable en dichos municipios.
3. Identificar soluciones conocidas apropiadas para eliminar las causas de escasez de agua potable en el país.
4. Recomendar soluciones factibles para atender los problemas de escasez de agua potable.

1. Municipios con escasez de agua potable en el país

Colombia posee una oferta hídrica seis veces superior a la oferta global y tres veces mayor que la oferta de América latina, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM¹, sin embargo, el 80% de la población del país se encuentra asentada en la zona central y en la zona caribe, área donde se concentra tan solo el 21% de la oferta hídrica del país. (Revista Semana, Colombia potencia hídrica, 2016). Adicionalmente, no se protegen las fuentes hídricas y el recurso hídrico no es tratado de manera estratégica.

El Estudio Nacional del Agua - ENA (2014) sometió a análisis 318 fuentes hídricas que proveen a cabeceras municipales que presentan problemas de abastecimiento, a partir de allí se calculó el Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH) que mide el grado de fragilidad de la cuenca hidrográfica para mantener una oferta para el abastecimiento de agua ante fenómenos climatológicos. El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) que mide la cantidad de agua que pueden retener las cuencas y el Índice de uso de agua (IUA) que establece la cantidad de agua utilizada por los diversos sectores en relación con la oferta hídrica. En la Tabla 1 se muestra la matriz que se emplea para determinar el IVH

¹ EL IDEAM es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que tiene como misión generar conocimiento, producir información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente para facilitar la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general.

Tabla 1 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico

Vulnerabilidad del recurso hídrico relación IRH – IUA					
IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)		Índice de regulación			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 -50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá

Este estudio se realizó bajo dos escenarios: condiciones hidrológicas promedio y condiciones hidrológicas secas.

En las Tablas 2 a 6, adicionalmente se incluyen para cada cabecera municipal la fuente correspondiente, la demanda hídrica anual, el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) que mide la cantidad de humedad que pueden retener las cuencas, la oferta anual, el Índice de Uso de Agua (IUA) que corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diversos usuarios durante un periodo y para una cuenca determinada, en relación con la oferta hídrica disponible para el mismo espacio y tiempo, y la calificación para el Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH).

1.1 Condiciones hidrológicas promedio

Bajo este escenario el estudio arroja que 8 cabeceras municipales del país presentan vulnerabilidad alta como se muestra en la Tabla 2, y 53 cabeceras presentan vulnerabilidad media como se muestra en la Tabla 3

Tabla 2. Municipios con IVH Alto en condiciones hidrológicas promedio

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE(MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT ² .	IVH CAT.
BOYACA	FLORESTA	QDA. TENERIA	0,102	BAJO	0,32	0,27	ALTO	ALTO
BOYACA	PAIPA	QDAS. TOIBITA Y EL CAIMAN Y NACEDERO EL PORVENIR	1,234	BAJO	12,27	9,31	MODERADO	ALTO
BOYACA	SORACÁ	QDA. SALITRE Y NACEDERO EL VIEJO	0,04	BAJO	0,36	0,27	MODERADO	ALTO
CUNDINAMARCA	SIBATÉ	RÍO AGUAS CLARAS	1,264	BAJO	15,74	8,25	MODERADO	ALTO
MAGDALENA	SANTA MARTA	RÍOS MANZANARES, PIEDRAS Y GAIRA	21,976	BAJO	281,03	199,49	MODERADO	ALTO
NARIÑO	PASTO	RÍO PASTO, EMBALSE RIO BOBO Y QDAS. CHAPAL Y MIJITAYO	18,515	BAJO	63,6	32,26	MUY ALTO	ALTO

² CAT: CATEGORÍA

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE(MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT ² .	IVH CAT.
NORTE DE SANTANDER	PAMPLONA	QDAS. CARIONGO, EL ROSAL Y EL MONO	2,777	MODERADO	23,09	13,06	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	YUMBO	RÍO YUMBO	7,767	MODERADO	21,33	13,01	MUY ALTO	ALTO

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, 2015

Tabla 3 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas promedio (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT ³ .
ANTIOQUIA	SALGAR	QDA. LA SUCRE	0,502	ALTO	7,12	4,1	MODERADO	MEDIO
ANTIOQUIA	EL SANTUARIO	QDAS. EL SALTO Y BODEGAS	0,944	MODERADO	10,22	6,19	MODERADO	MEDIO
BOYACA	CHIQUINQUIRÁ	RÍO SUÁREZ	3,679	MUY BAJO	312,21	221,59	BAJO	MEDIO
BOYACA	CIÉNEGA	QDA. EL GUAMO	0,071	BAJO	5,34	3,86	BAJO	MEDIO
BOYACA	GARAGOA	QDAS. LAS MOYAS Y HATILLOS	0,742	BAJO	58,66	43,25	BAJO	MEDIO
BOYACA	LA CAPILLA	QDA. LA GUAYA	0,053	BAJO	52,65	33,23	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	MIRAFLORES	LAG. EL RAMO Y QDA. LA JORDANERA	0,448	BAJO	49,83	37,1	BAJO	MEDIO

³ CAT: CATEGORÍA

Tabla 3 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas promedio (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT ³ .
BOYACA	MONGUA	RÍO LEONERA Y QDA. PEÑABLANCA	0,089	BAJO	39,25	32,71	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	MONGUÍ	RÍO MORRO	0,189	BAJO	28,93	24,11	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	MONQUIRÁ	QDA. LA SICHA	0,971	BAJO	338,14	209,4	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	OICATÁ	QDA. LA MECHA	0,016	BAJO	0,68	0,43	BAJO	MEDIO
BOYACA	PESCA	RÍO PESCA	0,103	BAJO	30,96	23,11	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	SANTA ROSA DE VITERBO	QDA. GRANDE Y UN NACEDERO	0,451	BAJO	9,32	7,07	BAJO	MEDIO
BOYACA	TOCA	RÍO TOCA	0,292	BAJO	9,01	6,39	BAJO	MEDIO
CALDAS	AGUADAS	QDAS. LA CASTRILLONA, BARRO BLANCO Y CHUCHERA	0,581	ALTO	10,92	5,65	MODERADO	MEDIO
CASANARE	YOPAL	RÍO CRAVO SUR	8,335	BAJO	2805,76	2237,99	MUY BAJO	MEDIO

Tabla 3 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas promedio (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT ³ .
CESAR	VALLEDUPAR	RÍOS GUATAPURI Y BADILLO	17,931	BAJO	807,14	496,68	BAJO	MEDIO
CESAR	EL COPEY	RÍO ARIGUANICITO	1,044	BAJO	83,02	54,67	BAJO	MEDIO
CESAR	LA JAGUA DE IBIRICO	RÍO SORORIA	1,586	MUY BAJO	295,64	233,83	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	BITUIMA	RÍO CONTADOR Y QDAS. EL SILENCIO Y GUATE	0,035	BAJO	101,84	78,3	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	EL COLEGIO	QDA. SANTA MARTA	0,644	BAJO	35,41	18,56	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	GACHALÁ	QDAS. LOS ANDES, LA MOYA Y BELLAVISTA	0,106	BAJO	30,62	21,27	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	GUASCA	RÍO CHIPATA Y QDA. EL UVAL	0,353	BAJO	52,75	27,65	BAJO	MEDIO

Tabla 3 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas promedio (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT ³ .
CUNDINAMARCA	GUATAVITA	RÍO CORALES Y QDA. EL CHUSCAL	0,17	BAJO	5,27	2,76	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	JERUSALÉN	QDA. EL TABACO	0,051	BAJO	4,97	4,31	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	NOCAIMA	QDAS, NATAUTA Y EL TIGRE	0,096	BAJO	56,47	34,77	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	PANDI	QDA. GRANDE	0,056	BAJO	6,88	4,27	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	QUEBRADANEGRA	QDAS. AGUA CLARA Y LA CHORRERA	0,013	BAJO	14,02	8,69	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	SILVANIA	RIO BLANCO	0,388	BAJO	96,57	66,99	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	SUBACHOQUE	RÍO SUBACHOQUE Y QDA. LA COLORADA	0,362	BAJO	8,95	5,42	BAJO	MEDIO

Tabla 3 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas promedio (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT ³ .
CUNDINAMARCA	VIANÍ	RÍO CONTADOR Y QDA. LA PEÑA	0,069	BAJO	92,75	57,11	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	VILLETA	RÍO NAMAY Y QDA. CUNE	1,171	BAJO	50,36	38,72	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	VIOTÁ	RÍO LINDO Y LAGUNA DEL INDIÓ	0,294	BAJO	194,09	101,62	MUY BAJO	MEDIO
HUILA	NEIVA	RÍO CEIBAS	11,659	ALTO	157,04	67,77	MODERADO	MEDIO
LA GUAJIRA	MAICAO	RÍO CARRAIPIA	2,756	MUY BAJO	30,01	28,28	BAJO	MEDIO
NARIÑO	SAN LORENZO	QDAS. LA CHORRERA Y LA PALMA	0,128	MODERADO	1,22	0,66	MODERADO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	CONVENCIÓN	QDAS. EL GUAMAL Y SAN JUAN	0,343	BAJO	44,27	26,93	BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	SAN CALIXTO	QDA. LA MARAVILLA	0,102	BAJO	11,83	7,22	BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	TIBÚ	RÍO TIBU	0,958	BAJO	754,93	488,7	MUY BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	VILLA DEL ROSARIO	RÍO TÁCHIRA	6,099	BAJO	347,48	240,38	BAJO	MEDIO
RISARALDA	PEREIRA	RÍO OTÚN	27,878	ALTO	393,06	214,29	MODERADO	MEDIO

Tabla 3 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas promedio (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT ³ .
RISARALDA	MISTRATÓ	QDA. ARRAYANAL	0,263	MODERADO	4,41	2,42	MODERADO	MEDIO
SANTANDER	BUCARAMANGA	ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA (RÍOS TONA, FRÍO Y SURATA)	44,716	ALTO	330,83	211,21	ALTO	MEDIO
SANTANDER	BOLÍVAR	QDAS. LA HERVEDORA Y POZO VERDE	0,067	BAJO	71,17	44,08	MUY BAJO	MEDIO
SANTANDER	CHIPATÁ	QDA. LA GILERIA	0,036	BAJO	23,61	14,62	MUY BAJO	MEDIO
SANTANDER	MÁLAGA	QDAS. LA MAGNOLIA Y LOS MOLINOS	1,122	MODERADO	9,4	6,01	MODERADO	MEDIO
TOLIMA	IBAGUÉ	RÍO COMBEIMA Y QDA. CAY	42,11	ALTO	182,35	96,79	ALTO	MEDIO
TOLIMA	COYAIMA	RÍOS SALDAÑA Y MECHE	0,317	MUY BAJO	7482,97	3640,36	MUY BAJO	MEDIO

Tabla 3 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas promedio (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT ³ .
TOLIMA	MELGAR	RÍO SUMAPAZ Y QDA. LA MELGARA	2,996	BAJO	1426,5	918,54	MUY BAJO	MEDIO
TOLIMA	NATAGAIMA	RÍO ANCHIQUE	1,1	MUY BAJO	546,79	465,66	MUY BAJO	MEDIO
VALLE DEL CAUCA	CALI	RÍOS CAUCA, CALI Y MELENDEZ	196,277	BAJO	6176,68	3767,09	BAJO	MEDIO
VALLE DEL CAUCA	BUGA	RÍO GUADALAJARA	8,891	MODERADO	132,53	73,55	MODERADO	MEDIO
VALLE DEL CAUCA	PALMIRA	RÍO NIMA	19,386	MODERADO	201,41	126,29	MODERADO	MEDIO

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, 2015

1.2 Condiciones hidrológicas secas

Ante estas condiciones, en la Tabla 4 se muestra que dos (2) cabeceras municipales presentan vulnerabilidad muy alta.

En la Tabla 5 se incluyen las 27 cabeceras municipales que presentan vulnerabilidad alta.

En la Tabla 6, se muestran las 42 cabeceras municipales que presentan vulnerabilidad media en condiciones hidrológicas secas.

Tabla 2. Municipios con IVH Muy Alto en condiciones hidrológicas secas

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT.
BOYACA	CHIQUEQUIRÁ	RÍO SUÁREZ	3,679	MUY BAJO	3,78	2,69	MUY ALTO	MUY ALTO
LA GUAJIRA	MAICAO	RÍO CARRAIPIA	2,756	MUY BAJO	0,47	0,45	MUY ALTO	MUY ALTO

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, 2015

Tabla 5 Municipios con IVH Alto en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT.
ANTIOQUIA	EL SANTUARIO	QDAS. EL SALTO Y BODEGAS	0,944	MODERADO	4,03	2,44	ALTO	ALTO
BOYACA	FLORESTA	QDA. TENERIA	0,102	BAJO	0,18	0,15	MUY ALTO	ALTO
BOYACA	OICATÁ	QDA. LA MECHA	0,016	BAJO	0,19	0,12	MODERADO	ALTO
BOYACA	PAIPA	QDAS. TOIBITA Y EL CAIMAN Y NACEDERO EL PORVENIR	1,234	BAJO	1,9	1,44	MUY ALTO	ALTO

Tabla 5 Municipios con IVH Alto en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT.
BOYACA	SANTA ROSA DE VITERBO	QDA. GRANDE Y UN NACEDERO	0,451	BAJO	1,81	1,37	ALTO	ALTO
BOYACA	SORACÁ	QDA. SALITRE Y NACEDERO EL VIEJO	0,04	BAJO	0,05	0,04	MUY ALTO	ALTO
BOYACA	TOCA	RÍO TOCA	0,292	BAJO	2,52	1,79	MODERADO	ALTO
CESAR	VALLEDUPAR	RÍOS GUATAPURI Y BADILLO	17,931	BAJO	151,53	93,15	MODERADO	ALTO
CESAR	EL COPEY	RÍO ARIGUANICITO	1,044	BAJO	13	8,56	MODERADO	ALTO
CESAR	LA JAGUA DE IBIRICO	RÍO SORORIA	1,586	MUY BAJO	6,1	4,83	ALTO	ALTO
CUNDINAMARCA	EL COLEGIO	QDA. SANTA MARTA	0,644	BAJO	4,98	2,61	ALTO	ALTO
CUNDINAMARCA	GUATAVITA	RÍO CORALES Y QDA. EL CHUSCAL	0,17	BAJO	2,78	1,46	MODERADO	ALTO
CUNDINAMARCA	SIBATÉ	RÍO AGUAS CLARAS	1,264	BAJO	10,84	5,68	ALTO	ALTO
CUNDINAMARCA	TOPAIPÍ	QDA. SUCONAL	0,042	MODERADO	0,29	0,17	ALTO	ALTO

Tabla 5 Municipios con IVH Alto en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT.
CUNDINAMARCA	VILLETA	RÍO NAMAY Y QDA. CUNE	1,171	BAJO	14,76	11,35	MODERADO	ALTO
CUNDINAMARCA	YACOPÍ	QDAS. AGUA BLANCA Y EL VALLE	0,241	MODERADO	1,3	0,83	ALTO	ALTO
MAGDALENA	SANTA MARTA	RÍOS MANZANARES, PIEDRAS Y GAIRA	21,976	BAJO	39,07	27,73	MUY ALTO	ALTO
NARIÑO	PASTO	RÍO PASTO, EMBALSE RIO BOBO Y QDAS. CHAPAL Y MIJITAYO	18,515	BAJO	5,61	2,85	MUY ALTO	ALTO
NARIÑO	SAN LORENZO	QDAS. LA CHORRERA Y LA PALMA	0,128	MODERADO	0,55	0,3	ALTO	ALTO
NORTE DE SANTANDER	LOS PATIOS	RÍO PAMPLONITA Y QDA. LA HONDA	5,113	MODERADO	46,74	24,08	ALTO	ALTO
NORTE DE SANTANDER	PAMPLONA	QDAS. CARIONGO, EL ROSAL Y EL MONO	2,777	MODERADO	19,66	11,12	ALTO	ALTO

Tabla 5 Municipios con IVH Alto en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT.	IVH CAT.
SANTANDER	MÁLAGA	QDAS. LA MAGNOLIA Y LOS MOLINOS	1,122	MODERADO	2,8	1,79	MUY ALTO	ALTO
TOLIMA	LÍBANO	RÍO VALLECITOS	1,965	MODERADO	20,6	8,64	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	CALI	RÍOS CAUCA, CALI Y MELENDEZ	196,277	BAJO	1764,53	1076,17	MODERADO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	BUGA	RÍO GUADALAJARA	8,891	MODERADO	41,34	22,94	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	PALMIRA	RÍO NIMA	19,386	MODERADO	64,76	40,61	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	YUMBO	RÍO YUMBO	7,767	MODERADO	19,71	12,02	MUY ALTO	ALTO

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, 2015

Tabla 6 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT ⁴ .	IVH CAT.
ANTIOQUIA	CIUDAD BOLIVAR	QDA. LOS MONOS	1,384	ALTO	14,51	7,34	MODERADO	MEDIO
ANTIOQUIA	SALGAR	QDA. LA SUCRE	0,502	ALTO	2,62	1,51	ALTO	MEDIO
ANTIOQUIA	TITIRIBI	QDAS. LA ZULIA, EL RETIRO, LOS AMAYAS Y DEL MEDIO	0,469	MODERADO	10,51	10,51	MODERADO	MEDIO
BOYACA	CIÉNEGA	QDA. EL GUAMO	0,071	BAJO	3,16	2,29	BAJO	MEDIO
BOYACA	GARAGOA	QDAS. LAS MOYAS Y HATILLOS	0,742	BAJO	41,06	30,28	BAJO	MEDIO
BOYACA	LA CAPILLA	QDA. LA GUAYA	0,053	BAJO	43,67	27,56	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	MIRAFLORES	LAG. EL RAMO Y QDA. LA JORDANERA	0,448	BAJO	33,1	24,68	BAJO	MEDIO

⁴ CAT: CATEGORÍA

Tabla 6 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT ⁴ .	IVH CAT.
BOYACA	MONGUA	RÍO LEONERA Y QDA. PEÑABLANCA	0,089	BAJO	21,24	17,7	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	MONGUÍ	RÍO MORRO	0,189	BAJO	19,47	16,23	BAJO	MEDIO
BOYACA	MONIQUIRÁ	QDA. LA SICHA	0,971	BAJO	99,49	61,61	BAJO	MEDIO
BOYACA	PESCA	RÍO PESCA	0,103	BAJO	7,92	5,91	BAJO	MEDIO
CALDAS	AGUADAS	QDAS. LA CASTRILLONA, BARRO BLANCO Y CHUCHERA	0,581	ALTO	3,97	2,05	ALTO	MEDIO
CALDAS	MANZANARES	QDAS. EL ROSARIO Y EL PALO	0,363	MODERADO	4,58	2,82	MODERADO	MEDIO
CASANARE	YOPAL	RÍO CRAVO SUR	8,335	BAJO	1644,6	1311,8	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	BITUIMA	RÍO CONTADOR Y QDAS. EL SILENCIO Y GUATE	0,035	BAJO	64,22	49,38	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	GACHALÁ	QDAS. LOS ANDES, LA MOYA Y BELLAVISTA	0,106	BAJO	17,85	12,4	MUY BAJO	MEDIO

Tabla 6 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT ⁴ .	IVH CAT.
CUNDINAMARCA	GUASCA	RÍO CHIPATA Y QDA. EL UVAL	0,353	BAJO	23,22	12,17	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	JERUSALÉN	QDA. EL TABACO	0,051	BAJO	1,24	1,08	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	NOCAIMA	QDAS, NATAUTA Y EL TIGRE	0,096	BAJO	23,26	14,32	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	QUEBRADANEGRA	QDAS. AGUA CLARA Y LA CHORRERA	0,013	BAJO	6,31	3,91	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	SILVANIA	RIO BLANCO	0,388	BAJO	30,29	21,01	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	SUBACHOQUE	RÍO SUBACHOQUE Y QDA. LA COLORADA	0,362	BAJO	7,58	4,59	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	VIANÍ	RÍO CONTADOR Y QDA. LA PEÑA	0,069	BAJO	57,77	35,57	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	VIOTÁ	RÍO LINDO Y LAGUNA DEL INDIO	0,294	BAJO	47,61	24,93	BAJO	MEDIO
HUILA	NEIVA	RÍO CEIBAS	11,659	ALTO	25,23	10,89	MUY ALTO	MEDIO
HUILA	CAMPOALEGRE	RÍO FRÍO	2,343	MODERADO	26,11	12,3	MODERADO	MEDIO

Tabla 6 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT ⁴ .	IVH CAT.
NARIÑO	POLICARPA	QDA. EL COCAL	0,15	MODERADO	1,98	1,18	MODERADO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	CUCUTA	RÍOS PAMPLONITA Y ZULIA	48,045	MODERADO	727,19	374,6	MODERADO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	CONVENCIÓN	QDAS. EL GUAMAL Y SAN JUAN	0,343	BAJO	17,29	10,52	BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	OCAÑA	RÍOS ALGODONAL Y TEJO	6,19	MODERADO	71,62	40,74	MODERADO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	SAN CALIXTO	QDA. LA MARAVILLA	0,102	BAJO	5,95	3,63	BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	TIBÚ	RÍO TIBU	0,958	BAJO	232,28	150,37	MUY BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	VILLA DEL ROSARIO	RÍO TÁCHIRA	6,099	BAJO	224,03	154,98	BAJO	MEDIO
RISARALDA	PEREIRA	RÍO OTÚN	27,878	ALTO	129,39	70	ALTO	MEDIO
RISARALDA	MISTRATÓ	QDA. ARRAYANAL	0,263	MODERADO	2,55	1,4	MODERADO	MEDIO
SANTANDER	BUCARAMANGA	ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA (RÍOS TONA, FRÍO Y SURATA)	44,716	ALTO	1,98	1,26	MUY ALTO	MEDIO

Tabla 6 Municipios con IVH Medio en condiciones hidrológicas secas (Continuación)

DEPARTAMENTO	CABECERA MUNICIPAL	NOMBRE FUENTE	DEMANDA HÍDRICA ANUAL 2014 (MILLONES DE METROS CÚBICOS)	IRH CAT.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (MILES DE METROS CÚBICOS)	OFERTA ANUAL DISPONIBLE (MILES DE METROS CÚBICOS)	IUA CAT ⁴ .	IVH CAT.
SANTANDER	BOLÍVAR	QDAS. LA HERVEDORA Y POZO VERDE	0,067	BAJO	11,69	7,24	MUY BAJO	MEDIO
SANTANDER	CHIPATÁ	QDA. LA GILERIA	0,036	BAJO	6,16	3,81	MUY BAJO	MEDIO
TOLIMA	IBAGUÉ	RÍO COMBEIMA Y QDA. CAY	42,11	ALTO	61,11	32,44	MUY ALTO	MEDIO
TOLIMA	COYAIMA	RÍOS SALDAÑA Y MECHE	0,317	MUY BAJO	3619,78	1760,97	MUY BAJO	MEDIO
TOLIMA	MELGAR	RÍO SUMAPAZ Y QDA. LA MELGARA	2,996	BAJO	403,25	259,66	BAJO	MEDIO
TOLIMA	NATAGAIMA	RÍO ANCHIQUE	1,1	MUY BAJO	49,98	42,57	BAJO	MEDIO

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, 2015

2. Causas de escasez de agua potable en dichos municipios

Las razones que suelen generar problemas de escasez de agua potable suelen ser comunes entre los diversos municipios que conforman la nación. Tras revisar información de diversa índole, se encuentra que los principales factores que han incidido en la escasez de agua potable son la deforestación, el verano intenso, la contaminación y la falta de inversión.

2.1 Deforestación

En el año de 1966 se estimaba que el 62,1% de la superficie del país estaba cubierta por bosques (70,8 millones de hectáreas), hacia el año de 1988 la superficie del país que estaba cubierta por bosques se había reducido a 54 millones de hectáreas. De acuerdo con la Figura 1, durante el año 2016 se perdieron 178.597 hectáreas de bosque natural, distribuidas en las cinco regiones en que está dividido el país, de la siguiente manera: región Amazonia 70.074 ha, región Andina 45.606 ha, región Pacífico 29.009 ha, región Caribe 24.509 ha y región Orinoquia 9.398 ha.

Seis departamentos concentraban el 67% de la deforestación nacional: Caquetá, Chocó, Meta, Antioquia, Norte de Santander y Guaviare. La deforestación aumentó en el año 2016 un 44% respecto al año 2015.

- **Ampliación de las áreas cultivadas:** La ampliación de la frontera agrícola es causada por varios factores. Entre otros, el fenómeno de desplazamiento de ciudadanos por causa del conflicto interno del país, que al verse obligados a dejar sus tierras por presión de los grupos armados se desplazan a nuevas áreas donde transforman los bosques en cultivos para su subsistencia, y posteriormente para convertirlos en potreros.
- **Construcción de vías:** Expansión de infraestructura vial.
- **Cultivos de uso ilícito:** Los programas de erradicación de cultivos ilícitos han presionado al campesinado a desplazarse a zonas cada vez más distantes y alejadas de las áreas pobladas, generando colonización de áreas naturales que poseen un alto valor para la conservación.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) manifestó, que en el año 2017 la deforestación causada por los cultivos de coca representó el 24% del total deforestado a nivel nacional. La dirección Antinarcoóticos de la Policía Nacional afirma que los cultivos ilícitos generan vertimientos de sustancias químicas que afectan el suelo y el agua de un orden de 3,5 toneladas por hectárea al año (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

- **Extracción ilícita de minerales:** En los últimos años el aumento de la minería ilegal, actividad que no cumple con el licenciamiento ambiental.

La destrucción de los bosques tiene efectos ecológicos y altos costos monetarios, entre las que se pueden mencionar:

- Aumento de procesos erosivos y del riesgo de desertificación

- Pérdida de la regulación de las aguas superficiales y del subsuelo
- Modificación de los procesos de intercepción, infiltración y evapotranspiración
- Pérdida de la calidad del agua

La desprotección de las fuentes de agua, los cambios de clima, el aumento de la erosión y la desertización producen cambios en la vegetación, alteran el ciclo hídrico, la cantidad, la distribución y la frecuencia de las lluvias.

Cada año, son derribadas entre 17 y 20 millones de hectáreas de bosque tropical. Los bosques tropicales contienen 155.000 de las 250.000 especies de plantas conocidas. Colombia se encuentra entre los países donde más se talan los bosques tropicales junto con Indonesia, República Democrática del Congo, Costa de Marfil, Ghana, Brasil, Bolivia, México y Perú (Revista Semana Sostenible, 2018).

2.2 Verano intenso

Aunque el territorio colombiano está sujeto a un régimen de estaciones bimodal, la ocurrencia de veranos intensos se asocia al fenómeno del Niño. Para corroborar este hecho, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM estudió mensualmente dicho fenómeno durante el periodo comprendido entre 1970 y 2010. Se evidenció que para las regiones Andina y Caribe el impacto es altamente significativo en lo que respecta a deficiencia de lluvias (Figura 2 y Figura 3).

Es así como en *“el 80 % de los eventos del Niño, las deficiencias de lluvia impactan más del 50 % del territorio, en las regiones Caribe y Andina. En la región Pacífica, el porcentaje de eventos con impacto significativo se reduce a poco más del 50 %”* (Hurtado Moreno, González, Agrometeorología, & Meteorología-IDEAM, 2015).

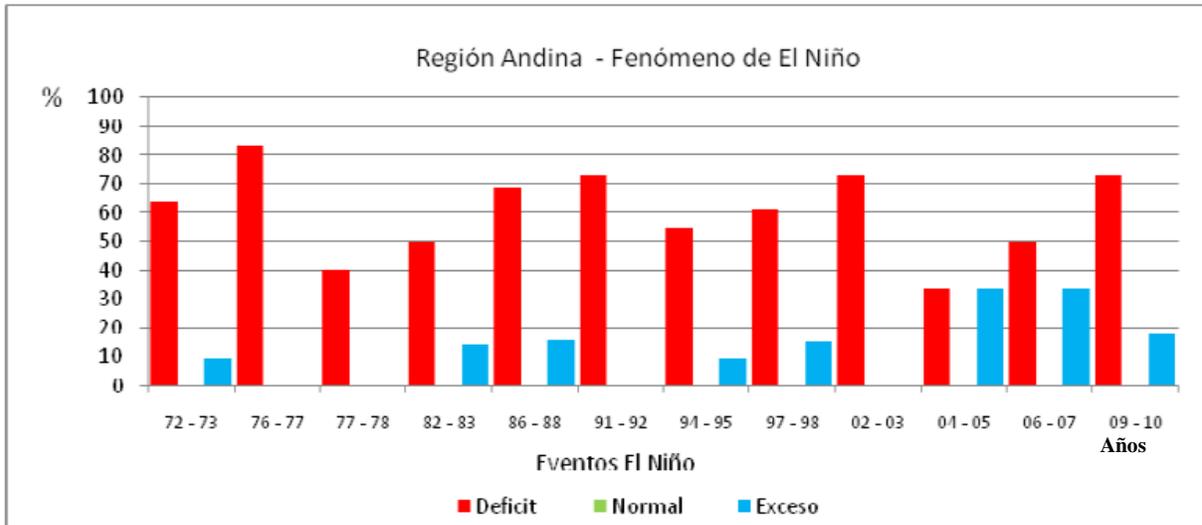


Figura 2. Porcentaje de casos de anomalías de precipitación Región Andina-Fenómeno de El Niño.

Fuente: Evaluación de la afectación territorial de los fenómenos del Niño/la Niña y Análisis de la Confiabilidad de la predicción climática basada en la presencia de un evento - Hurtado Moreno, González, Agrometeorología, & Meteorología-IDEAM, 2015.

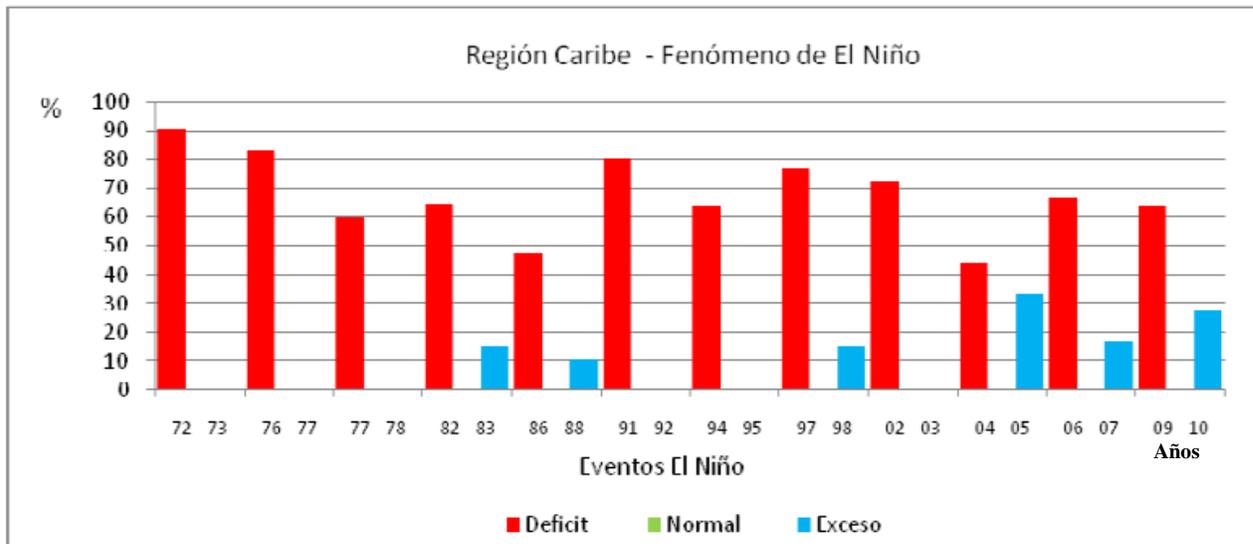


Figura 3. Porcentaje de casos de anomalías de precipitación Región Caribe - Fenómeno de El Niño.

Fuente: Evaluación de la afectación territorial de los fenómenos del Niño/la Niña y Análisis de la Confiabilidad de la predicción climática basada en la presencia de un evento - Hurtado Moreno, González, Agrometeorología, & Meteorología-IDEAM, 2015.

En cuanto a la región Pacífica la deficiencia de lluvia es significativa, puesto que la mitad de los eventos ocurridos así lo mostraron (Figura 4).

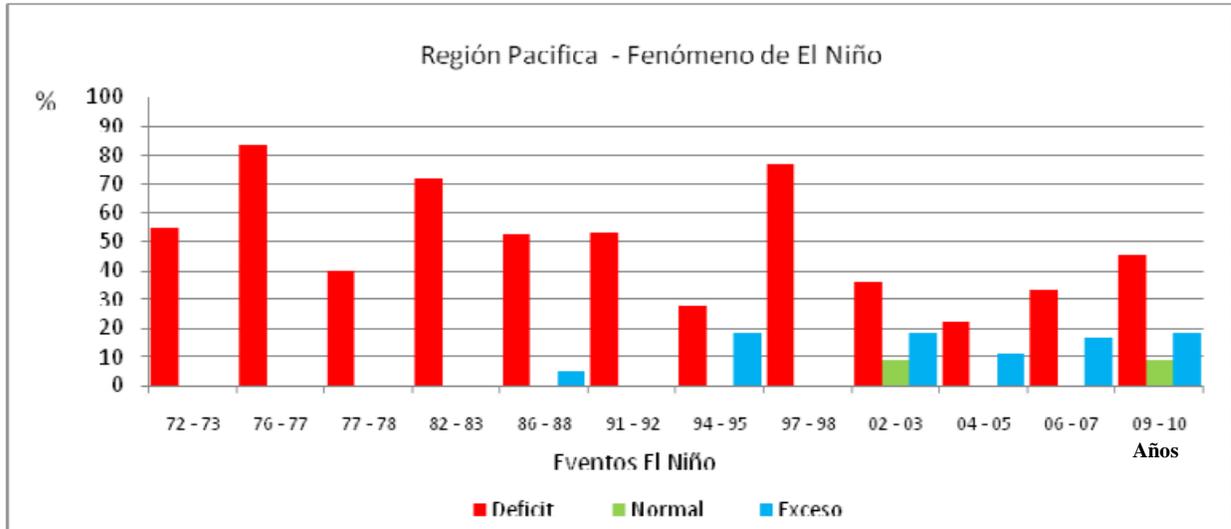


Figura 4. Porcentaje de casos de anomalías de precipitación región Pacífica - Fenómeno de El Niño.

Fuente: Evaluación de la afectación territorial de los fenómenos del Niño/la Niña y Análisis de la Confiabilidad de la predicción climática basada en la presencia de un evento - Hurtado Moreno, González, Agrometeorología, & Meteorología-IDEAM, 2015.

En la Amazonia (Figura 5) y en la Orinoquia (Figura 6), el Niño no tuvo efectos significativos, excepto durante el periodo comprendido entre los años 1976 - 1977 con déficit del 60% y el 80% respectivamente.

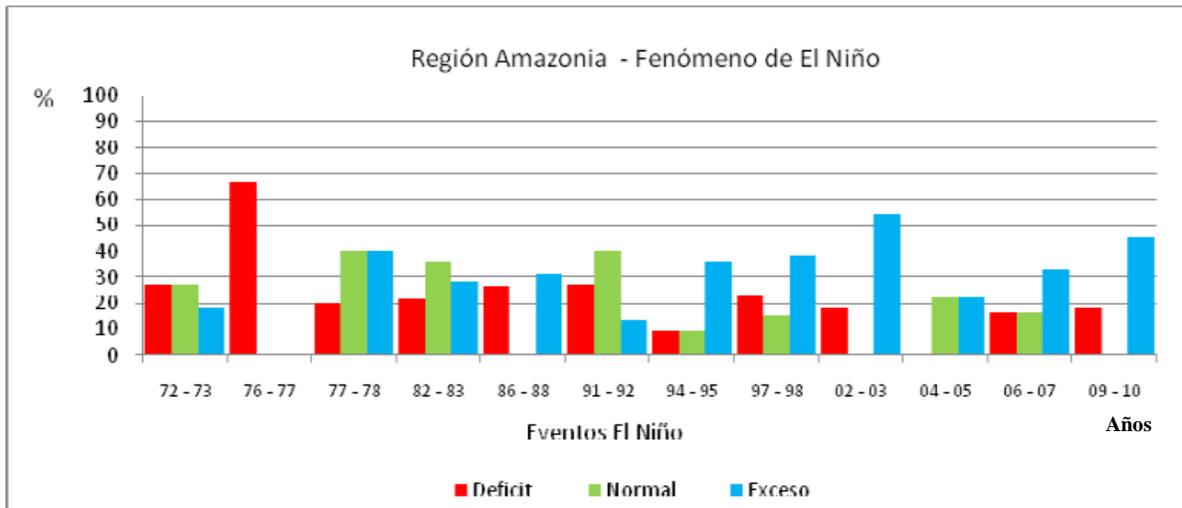


Figura 5. Porcentaje de casos de anomalías de precipitación región Amazonia - Fenómeno de El Niño.

Fuente: Evaluación de la afectación territorial de los fenómenos del Niño/la Niña y Análisis de la Confiabilidad de la predicción climática basada en la presencia de un evento - Hurtado Moreno, González, Agrometeorología, & Meteorología-IDEAM, 2015.

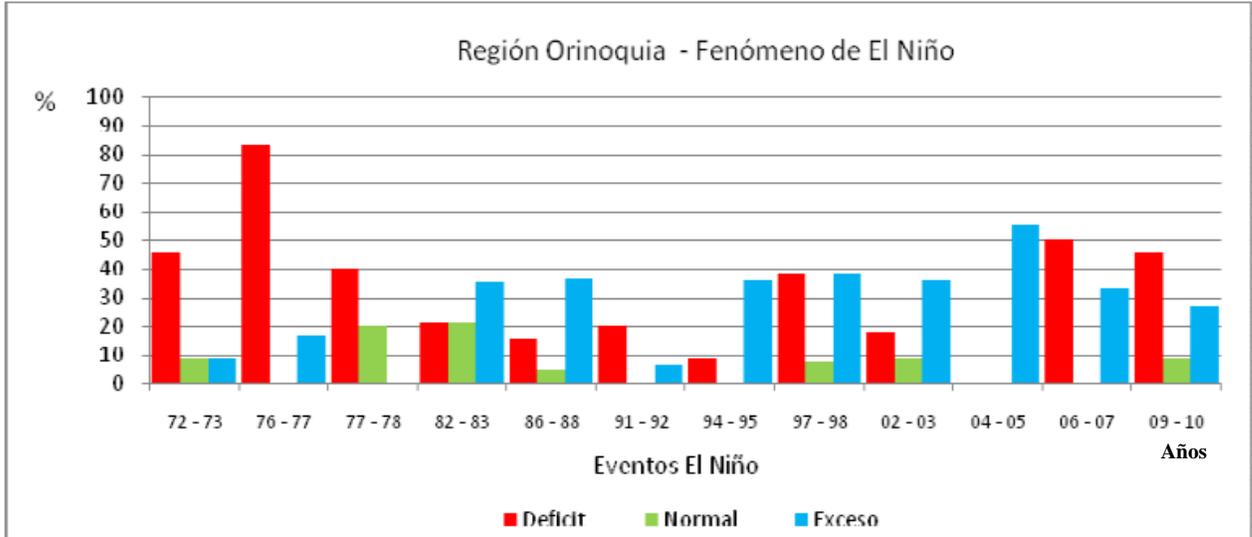


Figura 6. Porcentaje de casos de anomalías de precipitación Región Orinoquia - Fenómeno de El Niño.

Fuente: Evaluación de la afectación territorial de los fenómenos del Niño/la Niña y Análisis de la Confiabilidad de la predicción climática basada en la presencia de un evento - Hurtado Moreno, González, Agrometeorología, & Meteorología-IDEAM, 2015.

2.3 Contaminación de las fuentes de agua

La contaminación del agua consiste en el vertimiento en los ríos, los lagos y los océanos, de materiales químicos, físicos o biológicos, que degradan la calidad del agua y afectan a los organismos que viven en ella. Se puede tratar de una simple adición de sólidos disueltos o suspendidos o de la liberación a las aguas de tóxicos persistentes como los pesticidas, los metales pesados y los compuestos químicos no biodegradables y bioacumulativos. Los contaminantes del agua incluyen nutrientes, partículas sólidas disueltas y en suspensión, aceites, metales (arsénico, mercurio, plomo, hierro, cobre y manganeso), así como materia orgánica biodegradable.

En el territorio colombiano se pueden distinguir cinco grandes áreas hidrográficas:

- Amazonas
- Caribe
- Magdalena Cauca
- Orinoco
- Pacífico

Dentro de éstas destaca el área Magdalena Cauca, que abarca 19 departamentos y sirve de residencia a la mayor parte de la población del país. Es allí y en la zona Caribe donde la contaminación de las aguas afecta a cerca de 17.500.000 habitantes. Se estima que anualmente se vierten a los cuerpos de agua cerca de 756.945 toneladas de materia orgánica biodegradable y alrededor de 918.670 toneladas de sustancias químicas (Puentes Ramos, 2017).

“El 80 % de esas cargas son aportadas por cerca de 50 municipios y principalmente por áreas urbanas de gran población, como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena. Ahora, si analizamos desde el punto de vista de la carga de químicos vertidos, los que más contribuyen son la industria y el sector doméstico. Afecta a ríos como el Bogotá, el Sumapaz, el Lebrija —en Santander— y otros que desembocan en el mar Caribe”, explica Nelson Omar Vargas, subdirector de Hidrología del IDEAM (Puentes Ramos, 2017).

Las principales fuentes de alteración de la calidad del recurso hídrico en el país identificadas por el IDEAM son:

- Aguas residuales domésticas
- Aguas residuales industriales
- Aguas residuales de producción agrícola y ganadera
- Aguas lluvias
- Transporte terrestre, fluvial y marítimo de sustancias peligrosas y de petróleo y sus derivados
- Obras de infraestructura
- Aguas de lavado del proceso de extracción minera
- Residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios o directamente en cuerpos de agua (Segura, Luis Eduardo, ESAP, 2007)

2.4 Falta de inversión

De acuerdo con el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), Colombia posee una cobertura a nivel de acueducto de 92,3% (3,6 millones de personas no cuentan con acceso) y para alcantarillado ronda alrededor del 88.2% (5.6 millones de personas carecen de él). Para las áreas rurales el panorama es desalentador, puesto que cerca del 75% carece de los dos servicios (Delgado, Paula. El Espectador, 2018).

Las inversiones destinadas a saneamiento y agua potable, desde hace bastante tiempo, han sufrido los embates de malas administraciones y han sido blancos de la corrupción.

Durante el periodo 2012-2016, se realizaron inversiones en 920 proyectos de agua y saneamiento básico por un valor de 1,8 billones de pesos; sin embargo, sólo 541 de los 1122 municipios que componen el país cuentan con PTAR (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales), y sólo el 31% de las ciudades cuentan con sistemas de tratamiento eficiente (Sarralde, Milena, El Tiempo, 2018).

De acuerdo con la Contraloría, durante el periodo 2015-2017, existían un 46% de obras inconclusas a nivel nacional, que corresponden a plantas de tratamiento y alcantarillado que quedaron a mitad de ejecución, o que no proveen a las comunidades agua apta para su consumo. Esta infraestructura está avaluada en 150.070 millones de pesos (Sarralde, Milena, El Tiempo, 2018).

Con el fin de establecer cuán eficientes son los recursos de regalías destinados a este sector, se tomó una muestra de 23 proyectos distribuidos en 7 departamentos (obras avaluadas en 39.000 millones de pesos). El resultado fue desalentador, puesto que la mayoría de estas obras no cumplen con el cometido de llevar agua potable a las comunidades. Las razones: “La infraestructura está subutilizada, los laboratorios para el monitoreo de agua no se están usando, faltan insumos para que las plantas de tratamiento puedan funcionar o porque falta capacitar al personal. También hay infraestructura mal construida o literalmente abandonada”, es así como el 65% de las obras no cumplen la función para la cual fueron diseñadas. Otras cifras para destacar son:

- El 87% de los proyectos no son sostenibles económicamente.
- El 50% de las obras no cumple con requisitos técnicos
- El 50% de las obras no cumple con los permisos de captación de aguas.
- El 53% de los proyectos no aplica pruebas para determinar el Índice de riesgo de calidad del agua.
- El 66% de los proyectos que aplican pruebas para determinar el Índice de riesgo de calidad del agua, entregan al consumidor final agua no apta para su consumo.

3. Soluciones conocidas apropiadas para eliminar las causas de escasez de agua potable en el país

3.1 Detener la deforestación – Reforestación

Conservar la vegetación natural de los ríos es determinante en la infiltración y en la escorrentía (flujo de agua) puesto que, a menor vegetación, mayor será la escorrentía y el riesgo de sufrir inundaciones.

Si bien la tasa de deforestación ha disminuido, al compararla con el promedio mundial, Colombia posee una de las cifras más altas.

El IDEAM ha identificado nuevos focos de deforestación a lo largo del territorio nacional, estos se encuentran localizados en “*el sur del Meta; el noroccidente de Caquetá; el nororiente de Guainía; el departamento de Putumayo; los Santanderes; el Magdalena Medio; la Cordillera Central y en el departamento de Nariño*” (Revista Semana, 2014)

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS (2019) enfrentará esta problemática a través de cuatro planes:

- Visión Amazonía: A través de su pilar 1 “Gobernanza forestal” buscará fortalecer la conservación de los bosques naturales, enfocándose en tres componentes básicos: “**planificación del recurso forestal para su manejo sostenible, fortalecimiento de la autoridad ambiental encargada del seguimiento, control y vigilancia forestal en los niveles nacional, regional y local, y promoción de procesos participativos para la gestión comunitaria de los bosques, la educación ambiental y la comunicación para la conservación**” (Visión Amazonía, 2018). Se espera que para el año 2020 se controle el fenómeno en la región.
- Fortalecimiento al control del tráfico ilegal de madera.
- Creación del Bloque de búsqueda contra la minería criminal

- Profundización del Pacto Intersectorial por la Madera Legal: Pacto liderado por MADS, Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), la Federación Nacional de Industriales de la Madera (Fedemaderas) y Fondo Mundial para la Naturaleza- WWF Colombia, que logró involucrar a 24 entidades del sector público y privado, consumidores y representantes de la sociedad civil para acabar el tráfico ilegal de madera en Colombia.

Adicionalmente, el país cuenta con una serie de normas y decretos que buscan promover la protección del recurso hídrico:

La ley 99 de 1993 del Congreso de la República de Colombia, en el artículo 111 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011, dispone que para los departamentos y municipios se destinará un porcentaje no inferior al 1% de los ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas.

Por lo anterior, el Decreto 953 de 2013 entra a reglamentar y establecer los lineamientos para la identificación, delimitación y priorización de las áreas estratégicas por parte de las autoridades ambientales y define criterios técnicos para la selección de predios por parte de las entidades territoriales, dándoles las opciones de adquirir el área o la aplicación del incentivo económico de Pago por Servicios Ambientales (PSA), indicando el procedimiento para la adquisición y mantenimiento de los predios, el cálculo del valor del incentivo a reconocer, el desarrollo de contratos por parte de entidades territoriales y los mecanismos de seguimiento de PSA.

El Pago por Servicios Ambientales asociados al recurso hídrico, se define como el incentivo en dinero o en especie, que las entidades territoriales podrán reconocer contractualmente a los propietarios y poseedores regulares de predios ubicados en las áreas de importancia estratégica, en forma transitoria, por un uso del suelo que permita la conservación o recuperación de los ecosistemas naturales y en consecuencia la provisión y mejoramiento de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico.

Con la implementación de los esquemas de pago por servicios ambientales se busca fortalecer los valores culturales y el reconocimiento social asociados a la conservación de los recursos hídricos y de la biodiversidad del país.

Como herramienta de seguimiento las entidades territoriales deben reportar a las autoridades ambientales competentes un inventario anual de los predios adquiridos o esquemas de Pago por Servicios Ambientales financiados, con copia al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

En el año 2007 las Corporaciones Autónomas Regionales-CAR invirtieron el 41% en reforestación (Ministerio de Ambiente, 2017).

Ya que la conservación es un problema de incentivos de uso del suelo, hay que crear las condiciones para que el uso de la tierra sea más eficiente y así reducir la eliminación de los bosques (Ministerio de Ambiente, 2017).

3.2 Proteger los páramos

Los páramos son ecosistemas de montaña que se encuentran ubicados por encima de los 3000 m.s.n.m. Colombia posee el 42,48% de este tipo de ecosistemas a nivel global. Prestan funciones importantes, son ideales para recoger, filtrar y regular el agua que llega por lluvia, neblina y deshielo de los glaciares, liberando de manera gradual y constante agua limpia y pura, a tal punto que el 70% del agua dulce de Colombia proviene de estas áreas. Razones más que suficientes para que sea necesario protegerlos, cuidarlos y recuperarlos (Herrera Santoyo, 2013).

Como se muestra en la Figura 7, la ley busca la gestión integral de este tipo de ecosistemas. Entre otras, establece y prohíbe las actividades que pueden desarrollarse al interior de ellos. Adicionalmente destina recursos provenientes del impuesto al carbono para proteger este ecosistema estratégico, así como el desarrollo de actividades productivas permitidas.



Figura 7. Ley de Páramos.

Fuente: WWF-Colombia, 2018

Adentrándonos en la Ley 1930 del 27 de julio de 2018 del Congreso de Colombia se dictan las disposiciones para la gestión Integral de los Páramos en Colombia, con el objeto de establecer como ecosistemas estratégicos los páramos, así como fijar directrices que propendan por su integralidad, preservación, restauración, uso sostenible y generación de conocimiento.

En esta se define los páramos como ecosistemas de alta montaña, ubicados entre el límite superior de Bosque Andino y, si se da el caso, el límite inferior de los glaciares, en el cual dominan asociaciones vegetales tales como pajonales, frailejones, matorrales, prados y chuscales, además puede haber formaciones de bosques bajos y arbustos. Así mismo se pueden encontrar humedales, ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas, entre otros.

Dentro del marco de esta ley, se toman medidas con miras a salvaguardar este importante ecosistema, el Artículo 4 ordena que el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible realice la delimitación de los páramos

El Artículo 5 menciona que el desarrollo de proyectos, obras o actividades en estas áreas estará sujeto a los Planes de Manejo Ambiental, y adicionalmente dictamina entre otras una serie de prohibiciones al respecto:

- Prohíbe las actividades de exploración y explotación minera.
- Prohíbe las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, así como la construcción de refinerías
- Prohíbe las expansiones urbanas y suburbanas
- Prohíbe la construcción de nuevas vías
- Prohíbe el uso de maquinaria pesada asociadas a labores agropecuarias.
- Se prohíben las quemas
- Se prohíbe la tala a menos de que esta sea para garantizar la conservación de los páramos, previa autorización de la autoridad ambiental

También, en esta Ley se indica en el Artículo 25 que: “Los recursos provenientes del recaudo de las tasas por utilización de agua, se destinarán de la siguiente manera:

- a) En las cuencas con Plan de Ordenamiento y Manejo Adoptado, se destinarán exclusivamente a las actividades de protección, recuperación y monitoreo del recurso hídrico definidas en el mismo;
- b) En las cuencas declaradas en ordenación, se destinarán a la elaboración del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca...”

La Ley de páramos ha sido un gran avance en la gestión y para la protección de estos, es un tema que es legislado específicamente por primera vez, sentando bases de una política pública en materia de conservación.

3.3 Cierre de la frontera agrícola

La frontera agrícola es *“el límite del suelo rural que separa las áreas donde las actividades agropecuarias están permitidas, de las áreas protegidas, las de especial importancia ecológica, y las demás áreas en las que las actividades agropecuarias están excluidas por mandato de la ley o el reglamento”* (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria-UPRA, 2018). El definir que la frontera agrícola asciende a 40.075.960 hectáreas es importante puesto que limita las áreas donde se pueden realizar actividades agrícolas, pecuarias, forestales, de acuicultura y pesca, y de manera paralela define los 60.000.000 de hectáreas que deben ser protegidos y que corresponden a bosques naturales, páramos, humedales Ramsar y áreas de importancia ambiental para el país (Presidencia de la República de Colombia, 2018).

3.4 Cumplimiento de norma de vertimientos

A lo largo y ancho del país se repite el mismo escenario: municipios que si bien se encuentran en inmediaciones de ríos importantes no pueden hacer uso de ellas puesto que aguas arriba este mismo afluente recibió aguas residuales sin tratar de otros municipios, ocasionando que no sea posible utilizar este afluente sin que el agua sea sometido a un proceso de potabilización que en muchas ocasiones debido a la alta carga contaminante que arrastra suele implicar un elevado costo en su tratamiento, costo que muchos municipios en Colombia no pueden asumir.

Por esta y otras tantas razones el MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) propuso la Resolución 0631 de marzo de 2015: Norma de Vertimientos Puntuales a Cuerpos de Aguas Superficiales y a los Sistemas de Alcantarillado Público:

...busca reducir y controlar las sustancias contaminantes que llegan a los ríos, embalses, lagunas, cuerpos de aguas naturales o artificiales de agua dulce, y al sistema de alcantarillado público, para de esta forma, aportar al mejoramiento de la calidad del agua y trabajar en la recuperación ambiental de las arterias fluviales del país (Minambiente, 2015).

Esta Resolución reglamenta el Artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984, de acuerdo a la nueva realidad del país, permitiendo el control de los vertimientos que se realizan a los diversos cuerpos de agua. En este nuevo decreto se redefinió el cumplimiento de los parámetros al pasar de % de remoción de carga (kg/día) a valores de concentración (mg/L)

Adicionalmente se definieron 56 parámetros de acuerdo a las características de las actividades industriales, comerciales y de servicios

Esta Resolución es de obligatorio cumplimiento para los siguientes sectores productivos:

- Agroindustria
- Ganadería
- Minería
- Hidrocarburos
- Elaboración de productos alimenticios y bebidas
- Fabricación y manufactura de bienes
- Actividades asociadas con servicios y otras actividades
- Empresas prestadoras del servicio público de alcantarillado, comerciales o de servicios generadoras de aguas residuales domésticas

3.5 Reducción de la demanda

Se estima que el 65% del agua a nivel mundial es destinada a la agricultura, el 25% al sector industrial y el 10% restante al consumo doméstico y comercial. A nivel nacional, la demanda hídrica durante el año 2012 alcanzó los 35.987 millones de m³, de los cuales el 46,6 % (16.760,33 millones de m³) fueron destinados a uso agrícola, 21,5% correspondieron al uso para generación de energía, 8.5% al sector pecuario, el 8.2% a uso doméstico, 5,9% a uso industrial, 4,6% a uso acuícola, y los sectores de minería, hidrocarburos y servicios el 1,8%, 1,6% y 1,3% respectivamente (Sistema de Información Ambiental de Colombia-SIAC, 2019).

Si bien es cierto que el sector agrícola ha reducido de manera leve su demanda (antes su porcentaje era superior al 50%), aún sigue siendo el renglón productivo que más usa el recurso hídrico, siendo los cultivos de arroz, palma, caña y plátano algunos de los más demandantes

Sumado a esto se encuentra la adopción de métodos de riego poco eficientes en el uso de agua, bien sea por desconocimiento o falta de recursos económicos para la adopción de sistemas de riego eficientes. En la Tabla se encuentra la eficiencia asociada a algunos métodos de riego:

Tabla 7 Eficiencias asignadas a los sistemas de riego en Colombia

Tipo de riego	Eficiencia de riego (%)
Aspersión	75
Gravedad	50
Goteo y aspersión	90
Aspersión y gravedad	60
Aspersión y goteo	75
Gravedad y aspersión	65
Sin información	70

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá

Se hace necesario que el gobierno nacional establezca medidas para controlar el consumo excesivo de agua en los sectores que mas la demandan, para así evitar que a futuro se presente desabastecimiento que pueda llegar a afectar a la población.

3.6 Captación y almacenamiento de aguas lluvias

La captación y el aprovechamiento de las aguas lluvias hacen parte de las estrategias del uso racional del agua, a nivel rural se requiere agua que permita suplir los siguientes tipos de consumo:

- Uso doméstico
- Producción agrícola
- Consumo animal
- Usos varios
- Pérdidas de origen natural (evaporación, escorrentía y percolación)

Con el fin de suplir el agua requerida a lo largo de la historia se han desarrollado técnicas empíricas para la captación de aguas lluvia, que suelen agruparse de acuerdo a su modalidad de captación:

3.6.1 Microcaptación

Se capta la escorrentía superficial del terreno de cultivo, para ser utilizada aguas abajo en un terreno con el fin de que se infiltre y sea aprovechada por los cultivos.

3.6.2 Macrocaptación

Similar a la técnica anterior con la salvedad que las áreas para captar la escorrentía suelen ser más grandes, carentes o con escasa cobertura vegetal con el fin de que se genere una gran escorrentía superficial que pueda ser encauzada a través de canales, acequias surcos y camellones para ser almacenada en estanques o reservorios, o para ser conducida de manera directa hacia las áreas de cultivo.

3.6.3 Cosecha de agua de techos de viviendas y estructuras impermeables

Es el método más conocido y que permite obtener agua de mejor calidad para ser empleada en el consumo doméstico. Consiste en captar la escorrentía de superficies impermeables como cubiertas, superficies rocosas y demás.

3.6.4 Captación de agua atmosférica

Bajo ciertas condiciones particulares de clima y orografía es posible captar la niebla que se desplaza a nivel atmosférico (FAO, 2013).

3.7 Sistemas de detección y prevención de fugas

En los diversos componentes de un sistema de agua potable (captación, tratamiento, conducción, almacenamiento y distribución, bien sea, por fugas visibles y no visibles, reboses, volúmenes utilizados en los procesos de tratamiento y conexiones y sustracciones clandestinas) son frecuentes las pérdidas de agua potable.

De acuerdo a estándares internacionales se permite hasta un 30% de desperdicio asociado a fugas de agua, pero de acuerdo a cifras entregadas por el DNP (Departamento Nacional de Planeación), este porcentaje en Colombia asciende a un 43%, siendo el caso más crítico el departamento de la Guajira, donde esta cifra alcanza un 82%. En Bogotá, la pérdida de líquido alcanza el 38%, y en departamentos como San Andrés, Magdalena y Guaviare se alcanzan valores de 79%, 60% y 57% respectivamente.

Básicamente este 43% que en promedio se pierde a nivel nacional implica que, por cada 10 litros de agua, se pierden 4 litros por causas asociadas a deterioro de redes de distribución, fuga o rebosamiento de los tanques de almacenamiento.

Las medidas de control y/o reducción de pérdidas pueden clasificarse de acuerdo al tipo de pérdidas que presenta el sistema:

3.7.1 Pérdidas físicas

Corresponden a volúmenes de agua que se pierden debido a fallas en la infraestructura: roturas, fisuras y filtraciones. Con el fin de combatir este tipo de pérdidas se suelen implementar las siguientes medidas de control: Estas se pueden catalogar de la siguiente manera:

- **Mantenimiento correctivo:** Es un método pasivo de control, puesto que tan solo se realiza tras la ocurrencia de una falla. Su principal desventaja es que tan solo actúa sobre las pérdidas cuando estas se evidencian.
- **Mantenimiento preventivo:** Consiste en la realización de labores de inspección de las redes sin que haya de por medio evidencia de una falla, con el fin de preservar sus condiciones de funcionamiento, y evitando o disminuyendo de esta manera la ocurrencia de fallas en el sistema o de pérdidas de agua.
- **Control de presión en la red:** Esto se logra a través de la sectorización de las redes de distribución. Se realiza análisis de cada uno de los sectores y a menor variación de presión, más eficiente es el control de pérdidas en el mismo.

- Control de fugas no visibles en la red: Están basados en la detección de fugas antes de la ocurrencia de las mismas. Los métodos que se emplean son: i) Detección sistemática de fugas, consiste en realizar inspección sistemática de la red, mediante el empleo de equipos de detección acústica, a partir de la localización del sonido que produce por la salida a presión del agua. Existen equipos manuales y electrónicos, cuya implementación dependerá del tamaño de la red a inspeccionar, ii) “Medición distrital”, consiste en aislar sectores con el fin de instalar caudalímetros a la entrada y salida y salida del área evaluada, se procede a estudiar los consumos durante un periodo de tiempo determinado, y se procede a comparar el caudal que ingresa al área contra la relación porcentual de los consumos nocturnos netos (caudal ingresado al área menos consumos no residenciales permanentes) y el promedio diario, cuando este valor es superior al 25% es indicador de una alta probabilidad de fugas en el área estudiada, iii) Medición directa de fugas: Se instala un caudalímetro a la entrada del área a estudiar, y se compara con los consumos domiciliarios.

3.7.2 Pérdidas y consumos operacionales

Las medidas más frecuentes son:

- Instalación de macromedidores entre la etapa de producción y distribución.
- Instalación de medidores de nivel en los estanques de regulación.
- Mejorar medio de comunicación entre las unidades del sistema.
- Aplicar tecnología de telemedición y telecontrol a elementos pertinentes del sistema (macromedidores, válvulas reguladoras de presión y otros).

Para disminuir los consumos operacionales asociados a la operación de las plantas de tratamiento, se suele implementar las siguientes medidas:

- Mantenimiento preventivo de los elementos más expuestos a procesos de desgaste.

- Ajuste periódico a la operación de la planta, basados en el análisis de los consumos de agua asociados al lavado de filtros.
- Control de calidad en cada uno de los procesos que se implementan en el agua.
- Capacitación del personal que participa en la operación de la planta.
- Adecuación de las instalaciones a la calidad del agua a tratar.

3.7.3 Pérdidas comerciales

Las acciones que se toman con el fin de reducir y controlar este tipo de pérdidas, giran en torno a minimizar los errores de medición y combatir los consumos fraudulentos. Entre otras se puede mencionar:

- Reducción en los errores de medición: Tienen como fin minimizar la diferencia entre el consumo registrado por el medidor y la cantidad de agua que es consumida por el usuario. Con este objetivo, se implementan mantenimientos correctivos, preventivos, cambios tecnológicos (reemplazo de medidores de transmisión mecánica a transmisión magnética), adecuado dimensionamiento de arranques y medidores, implementación de sistemas electrónicos de registro de lecturas, reducción de pérdidas intradomiciliarias.
- Reducción de consumos fraudulentos: Estas medidas buscan la prevención, corrección y sanción de las personas que de manera fraudulenta gozan de suministro de agua. En aras de cumplir esta meta se realiza detección de conexiones ilegales basadas en inspecciones en campo, anomalías en la lectura de medidores e información ciudadana, incentivo a las denuncias entre otros (Caldes, 2017).

3.8 Aprovechamiento de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son de vital importancia puesto que son menos vulnerables a los procesos de contaminación y degradación. Si bien los recursos de aguas subterráneas no han sido cuantificados por completo, se estima que Colombia cuenta con reservas de agua subterránea que cubren alrededor de 74 % del territorio nacional,

distribuidos en 16 provincias hidrogeológicas, alcanzando un volumen total estimado que asciende a $5,848 \times 10^9$ metros cúbicos (5.848 Km^3), los cuales están distribuidos como se muestra en la Figura 8

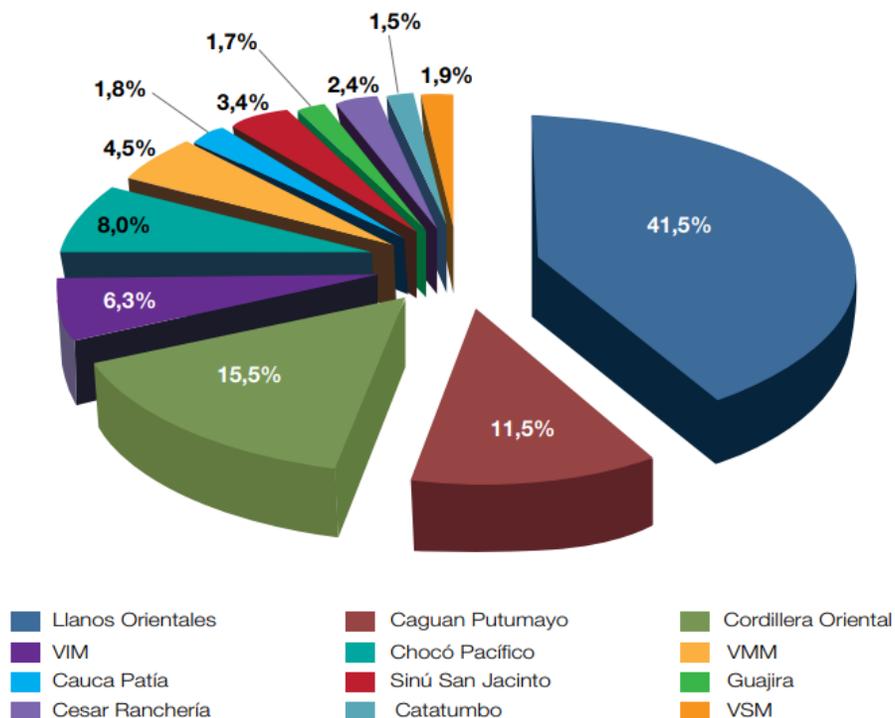


Figura 8 Distribución de las reservas de agua subterránea

Fuente. Aguas Subterráneas en Colombia una Visión General, IDEAM, 2013.

Como se muestra en la Figura 8 las mayores reservas se encuentran en las provincias de llanos orientales, Caguán - Putumayo y Cordillera Oriental.

El sector agrícola es a nivel nacional, el sector de la economía que mayor uso realiza del agua subterránea (75%), seguido por el sector doméstico (9%), y el industrial (7%), siendo el departamento del Valle del Cauca el mayor consumidor con un 58% del total consumido por este sector a nivel nacional (IDEAM,2013).

Las aguas subterráneas son un recurso estratégico para enfrentar el cambio climático y las futuras disminuciones de caudal en el país, sin embargo, se hace necesario realizar estudios que permitan conocerlos de manera adecuada puesto que tan solo 10 de los 44 acuíferos que se identificaron en el territorio nacional cuentan con información adecuada para su aprovechamiento (IDEAM, 2013).

4 Soluciones factibles para atender los problemas de escasez de agua potable

4.1 Actividades en contra de la deforestación

Para frenar la deforestación se hace necesario que sociedad civil, gobierno y empresas aúnen esfuerzos en pro de erradicar este problema, entre acciones y políticas podemos mencionar:

4.1.1 Bonos de carbono

Si bien esta es una estrategia busca ayudar a reducir los gases que originan el efecto invernadero, de manera paralela puede permitir la protección de cuencas abastecedoras, bosques de galería entre otros. Básicamente los bonos de carbono pretenden que aquellos países o empresas que sobrepasen su cuota de gases de efecto invernadero, puedan reducirla comprando este tipo de bonos a países menos contaminantes.

Debido a que el 54% del territorio nacional esta cubierto por bosques, Colombia posee una gran oportunidad para el establecimiento de proyectos de reforestación y conservación de bosques naturales.

Como muestra que es posible la implementación de este tipo de estrategias, en Acandí (Chocó) se conformó Cocomasur (Consejo Comunitario de las Comunidades Negras de la Cuenca del Río Tolo y Zona Costera Sur), quienes velan por 134.000 hectáreas que les fueron adjudicadas como título colectivo, su labor consiste en impedir que los bosques que están distribuidos a lo largo de 150 parcelas en las que está dividida el

área que les fue adjudicada sean talados, y de esta manera vender a terceros la capacidad que tienen estos bosques para capturar dióxido de carbono. En el año 2012 vendieron 104,700 bonos, y en el 2018 esperaban llegar a los 300,000.

Entre otros proyectos también se puede mencionar el que se ejecuta en el departamento del Huila, en los municipios de Palestina, Acevedo, Pitalito y San Agustín que abarca a 73.000 hectáreas de bosque y que vincula a más de mil familias de pequeños productores rurales, como parte del proyecto REDD Macizo Colombiano en el Parque Natural Regional corredor biológico Guacharos Puracé.

4.1.2 Cumplimiento de la legislación ambiental

Como se menciona en el Capítulo 3, Colombia cuenta con legislación que pretende velar por el cuidado de las cuencas. Sin embargo, las autoridades no suelen velar de manera exhaustiva por su cumplimiento. Adicionalmente se hace necesario el desarrollo de nuevas leyes. Es así como en la legislatura anterior se radicaron en la cámara de representantes y el senado dos proyectos de ley que buscan regular la tala de árboles y por otra parte reforestar las zonas afectadas. El primero de ellos establece como regla general que se evitara esta práctica. A menos de que cumpla con las siguientes excepciones:

- Los árboles hayan sido plantados para fines comerciales.
- Los árboles representen un riesgo para la comunidad o el ecosistema.
- Las especies estén enfermas.

El segundo proyecto fomenta la restauración de los ecosistemas a través de la siembra de especies nativas e los predios rurales que tengan uso agropecuario. En él se plantea que aquellos predios cuya área supere una Unidad Agrícola Familiar- UAF y que adicionalmente posea pendientes entre 25 % y 50%, deberán destinar al menos el 5% de su predio a la restauración con especies nativas. Para aquellos terrenos cota

área supere las 50 hectáreas deberá destinarse al menos el 10% de su área para reforestación.

Cabe aclarar que esto no es suficiente, también es necesario garantizar la presencia de autoridades que hagan control y que verifiquen que se cumpla la normatividad existente.

4.1.3 Artemisa

En los últimos años, Colombia ha perdido alrededor de 200.000 hectáreas por año de bosques y selva húmeda tropical. Con el fin de frenar esta andanada deforestadora el gobierno nacional ideó la campaña Artemisa que, a través del trabajo interinstitucional de Fiscalía General de la Nación, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Parques Nacionales Naturales de Colombia, IDEAM, fuerza pública y actividades locales busca:

- Detener la avanzada de la deforestación en el país.
- Recuperar las selvas y bosques nacionales.
- Judicializar a los causantes de la deforestación.

La campaña será desarrollada por todas las divisiones del ejército, policía, infantería de marina y fuerza aérea. Cobra vital importancia la labor de esta última fuerza puesto que a través de la utilización de drones se ha adelantado labores que permiten identificar las áreas objeto de degradación, y a futuro medir el impacto de las operaciones ejecutadas por la institucionalidad (Herrera, Efraín-Presidencia de la República, 2019).

4.2 Protección de páramos

El ecosistema páramo tan solo se encuentra presente en 5 países del mundo, siendo Colombia el país que posee cerca del 50% de ellos, de estas fábricas de agua proviene el líquido que consumen 7 de cada 10 colombianos. Por primera vez en la historia del

país se cuenta con una herramienta (Ley 1930 de 2018), que de manera puntual pretende velar por la salvaguarda de este ecosistema, prohibiendo entre otras la explotación minera en estas áreas y otorgando fuentes de financiación para que los pobladores que históricamente se encuentran asentados en estas áreas realicen una reconversión de sus actividades productivas.

Es deber del gobierno nacional, y de los ciudadanos de este país velar por la implementación de esta nueva ley que permite blindar a estos delicados ecosistemas ante la depredación voraz del ser humano.

4.3 Implementación norma de vertimientos

Por citar un breve ejemplo, la laguna de Fuquene padece las consecuencias del vertimiento de aguas residuales sin tratamiento alguno por parte de municipios como Ubaté y Chiquinquirá afectando de manera grave este cuerpo de agua y generando unas condiciones favorables para el crecimiento del buchón de agua, todo esto causado por la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales que permitan el tratamiento de las aguas negras antes de ser vertidas en la laguna (El Espectador, 2019).

Es vital que la institucionalidad y la ciudadanía velen por el cumplimiento de las normas ambientales que permitirán disminuir la carga contaminante de muchos de nuestros ríos, quebradas y humedales.

4.4. Explotación de aguas subterráneas

El agua subterránea constituye más del 95% de las reservas de agua dulce del planeta, y por tanto surge como una importante alternativa para hacer frente al riesgo de desabastecimiento.

En Colombia se han identificado 44 sistemas acuíferos de los cuales tan solo 10 cuentan con información adecuada para realizar una adecuada gestión del recurso hídrico allí almacenado, 13 sistemas acuíferos cuentan con información aceptable, y 21 que carecen información técnica. Se hace vital el estudio de los acuíferos puesto que esto permitirá tomar decisiones al respecto de su utilización y gestión, permitiendo así que se conviertan en una alternativa para preservar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones. Siendo los acuíferos de Turbaco, Santa Marta, Maicao, Valle del Cauca, Duitama-Sogamoso, Sabana de Bogotá, Glacis del Quindío, Golfo de Urabá, Mariquita-Dorada-Salgar de vital importancia para enfrentar la vulnerabilidad al desabastecimiento.

4.5 Estrategias de captación y almacenamiento de agua lluvia

Si el agua disponible, no es aprovechada de inmediato o en su defecto almacenada, fluirá fuera del área en la cual se precipitó y se pondrá fuera del alcance de la comunidad para ser aprovechada. A continuación, se mencionarán algunos métodos existentes para el aprovechamiento del agua lluvia

4.5.1 Captación de agua lluvia a través de techos y otras superficies impermeables

Captación de techo

El agua que se capta a través de techos posee una buena calidad respecto a la colectada a través de otros métodos. Básicamente este sistema está compuesto por:

- Techo
- Canaletas
- Acoples
- Tubería de conducción

- Malla fina

Captación a través de otras estructuras impermeables

Esta agua es la proveniente de estructuras tales como patios, canchas, parqueaderos y lozas para secado de granos, que están construidas en materiales que impiden al líquido infiltrarse libremente al suelo. Poseen algunas desventajas, entre otras, por estar a nivel de suelo obligan a que la estructura en la que se almacena el agua debe estar en un nivel inferior a la superficie del suelo haciendo difícil su utilización. Este sistema se compone de:

- Área de captación
- Filtro
- Tubería de conducción

4.5.2 Captación de niebla

Las cordilleras colombianas cuentan con una serie de características que permiten que ocurra formación de neblina en sus laderas. La neblina se compone de pequeñas partículas de agua, que poseen diámetros entre 10,8 y 15,3 micrones, lográndose así una concentración de aproximadamente 400 gotas/cm³.

Estas partículas pueden ser atrapadas a través del empleo de paneles atrapaniebla, que están compuestos por dos postes (se emplea el material de que se disponga en la zona) fijados al suelo, que sujetan una guaya sobre la cual se instala una doble cortina de malla tipo raschel. Estas mallas poseen unas dimensiones de 3 a 4 metros de alto por 10 o 12 metros de largo. Adicionalmente es necesario emplear guayas adicionales que serán instaladas como tirantes (Figura 9).



Figura 9 Panel Atrapa Niebla

Fuente. Captación y almacenamiento de aguas de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el caribe, FAO, Santiago de Chile, abril 2013

El agua que es transportada por la neblina, al chocar con la malla es atrapada. Paulatinamente se atrapan más y más gotas que de manera lenta se desplazan en sentido descendente a través de la malla hasta verterse en una canaleta que se encuentra instalada en la parte inferior de la malla, para posteriormente ser conducidas a un estanque de almacenamiento (Molina, José M. 2005).

Algunos beneficios de este sistema son que no requiere del empleo de energía para que el agua sea captada y conducida, adicionalmente el líquido que se obtiene a través de este método presenta bajos riesgos de contaminación.

Si bien es cierto que la implementación de este sistema no permitirá suplir la demanda de toda una población, si permitiría suplir de manera parcial la demanda de los hogares que la implementen.

5. Conclusiones

- En Colombia, los municipios con escasez de agua potable (IVH ALTO), para condiciones hidrológicas promedio, son: Floresta, Paipa y Soracá en el Departamento de Boyacá, Sibaté en el departamento de Cundinamarca; Santa Marta en el departamento del Magdalena; Pasto en el departamento de Nariño; Pamplona en el departamento de Norte de Santander y Yumbo en el departamento del Valle del Cauca.
- En Colombia, los municipios con escasez de agua potable (IVH ALTO), para condiciones hidrológicas secas, son: Chiquinquirá en el Departamento de Boyacá y Maicao en el departamento de La Guajira.
- En Colombia, los municipios con escasez de agua potable (IVH MUY ALTO), para condiciones hidrológicas secas, son: El Santuario en el departamento de Antioquia; Floresta, Oicatá, Paipa, Santa Rosa de Viterbo, Soracá y Toca en el departamento de Boyacá; Valledupar, El Copey, La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar; El Colegio, Guatavita, Sibaté, Topaipí, Villeta y Yacopí en el departamento de Cundinamarca; Santa Marta en el departamento de Magdalena; Pasto y San Lorenzo en el departamento de Nariño; Los Patios y Pamplona en el departamento de Santander; Líbano en el departamento de Tolima y Cali, Buga, Palmira y Yumbo en el departamento de Valle del Cauca.
- Las causas de escasez de agua potable en dichos municipios señaladas por el IDEAM y varios autores diferentes son: la deforestación, el verano intenso, la contaminación y la falta de inversión.
- Las soluciones señaladas generalmente como apropiadas para eliminar las causas de escasez de agua potable en el país son: detener la deforestación, proteger los páramos, cierre de la frontera agrícola, cumplimiento de la norma de vertimientos, reducción de la demanda, captación y almacenamiento de aguas lluvias, detección y prevención de fugas y aprovechamiento de aguas subterráneas.
- Colombia tiene una riqueza hídrica inigualable en el mundo, lo que indica que la causa principal de escasez es la excesiva pérdida existente en los sistemas de distribución y la ausencia de una inversión económica adecuada, efectiva y eficiente.

Referencias

- Caldes, Gabriel. (8 de febrero de 2017). Las pérdidas de agua, un tema pendiente. Se resuelve con gestión y uso de tecnologías. *iAgua*, Chile. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/gabriel-caldes/disminucion-perdidas-agua-no-es-problema-tecnico-es-gestion-y-gobernanza> el día 2 de abril de 2019
- Colombia, uno de los cinco países con mayor deforestación en 2018. (25 de abril de 2019). *Semana Sostenible*. Recuperado de <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/colombia-uno-de-los-cinco-paises-con-mayor-deforestacion-en-2018/43960> el día 30 de abril de 2019.
- Delgado, Gómez Paula. (26 de julio de 2018) Lo que falta en suministro de agua y alcantarillado en Colombia. *El Espectador*. Recuperado de <https://www.elespectador.com/economia/lo-que-falta-en-suministro-de-agua-y-alcantarillado-en-colombia-articulo-802501> el día 26 de abril de 2019.
- Procuraduría pide plan de acción inmediato para recuperar Laguna de Fúquene. (2 de mayo de 2019) *El Espectador*. Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/procuraduria-pide-radical-un-plan-de-accion-inmediato-para-la-recuperacion-de-la-laguna-fuquene-articulo-853383> el día 3 de mayo de 2019
- Herrera, Efraín. (28 de abril de 2019) Declaración del Presidente Iván Duque en la presentación de la Campaña 'Artemisa' contra la deforestación. *Presidencia de la República de Colombia*. Recuperado de <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/190428-Declaracion-del-Presidente-Ivan-Duque-en-la-presentacion-de-la-Campana-Artemisa-contrala-deforestacion.aspx> el día 12 de mayo de 2019.
- Herrera Santoyo, H. (2013 de Marzo de 4). *Páramos: agua: vida*. Recuperado de AIDA: <https://aida-americas.org/es/blog/p%C3%A1ramos-agua-vida> el día 10 de diciembre de 2018.
- Hurtado Moreno, G., González, O. C., Agrometeorología, G. d., & Meteorología-IDEAM, S. d. (s.f.). *Evaluación de la Afectación Territorial de los Fenómenos El Niño/ la Niña y análisis de la confiabilidad de la predicción climática basada en la presencia de un evento*. Recuperado de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Evaluaci%C3%B3n+de+la+Afectaci%C3%B3n+Territorial.pdf> el día 25 de noviembre de 2018
- Minambiente. (17 de octubre de 2017). Estrategia integral de control a la deforestación y gestión de los bosques. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/Estrategia_deforestacion_Ministro_Murillo.pdf el día 18 de diciembre de 2018.

- Minambiente. (18 de Marzo de 2015). *Minambiente presenta nueva Norma de Vertimientos que permitirá mejorar la calidad agua del país*. Recuperado de Minambiente-El ambiente es de todos: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais> el día 17 de febrero de 2019.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019) *Minambiente llamó la atención sobre impactos de cultivos ilícitos en Colombia*. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4264-minambiente-llamo-la-atencion-sobre-impactos-de-cultivos-ilicitos-en-bosques-de-colombia> el día 12 de marzo de 2019.
- Molina, José M. (12 de septiembre de 2005) *La Neblina como Fuente de Agua: Evaluación de su Colección en el Sur de los Andes Colombianos Usando Mallas de Polipropileno*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/353811385/LA-NEBLINA-COMO-FUENTE-DE-AGUA-Evaluacion-de-su-coleccion-en-el-sur-de-los-Andes-colombianos-usando-mallas-de-polipropileno> el día 12 de abril de 2019
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. Chile (abril de 2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf el día 4 de marzo de 2019.
- Pardo, T. (s.f.). *Bosques Territorios de vida*. Recuperado de Scribd.com: <https://es.scribd.com/document/378448393/Bosques-Territorios-de-Vida#download> el día 19 de enero de 2019.
- Presidencia de la República de Colombia. (21 de Junio de 2018). *Gobierno definió Frontera Agrícola Nacional para avanzar hacia el desarrollo rural sostenible y proteger la biodiversidad*. Recuperado de Presidencia de la República de Colombia: <http://es.presidencia.gov.co/noticia/180621-Gobierno-definio-Frontera-Agricola-Nacional-para-avanzar-hacia-el-desarrollo-rural-sostenible-y-proteger-la-biodiversidad> el día 14 de abril de 2019,
- Puentes Ramos, J. (13 de Diciembre de 2017). *Reportajes. Estas son las regiones con la mejor y la peor agua de Colombia*. Recuperado de Semana Rural: <https://semanarural.com/web/articulo/estos-son-las-regiones-con-la-mejor-y-la-peor-agua-de-colombia/306> el día 28 de enero de 2019.
- Revista Semana. (2 de mayo de 2014). *Colombia tiene una nueva estrategia contra la deforestación*. Recuperado de Semana Sostenible:

<https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/colombia-tiene-nueva-estrategia-contra-deforestacion/31149> 18 de febrero de 2019-

- Sarralde, Milena. (24 de julio de 2018). Así se derrocha la plata que debería ser para agua potable. *El Tiempo*. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/justicia/investigacion/recursos-para-el-agua-botin-de-corrupcion-en-colombia-segun-la-contraloria-246180> el día 24 de abril de 2019
- Segura, Luis Eduardo. (2007) *Estudio de antecedentes sobre la contaminación hídrica*. Informe de prácticas. Administrador Público. Escuela Superior de Administración Pública-ESAP. Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/estudio%20de%20antecedentes%20sobre%20la%20contaminaci%C3%B3n%20h%C3%ADdrica.pdf> el día 9 de mayo de 2019.
- Semana, R. (17 de septiembre de 2016). *¿Potencia hídrica?* Recuperado de Semana.com: <https://www.semana.com/nacion/articulo/escasez-de-agua-en-colombia/494180> el día 17 de febrero de 2019.
- Sistema de Información Ambiental-SIAC. *Demanda Agua*. MinAmbiente. Recuperado de <http://www.siac.gov.co/demandaagua> el día 9 de marzo de 2019
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria-UPRA. (31 de Enero de 2018). *Identificación General de la Frontera Agrícola en Colombia Escala 1:100.000*. Recuperado de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Projects_Documents/IDENTIFICACION%20GENERAL%20DE%20LA%20FRONTERA%20.pdf el día 18 de marzo de 2019.
- IDEAM. *Aguas Subterráneas en Colombia: Una visión General*. Bogotá D.C., 2013. 284 págs. Recuperado de <http://acuiferosuraba.net/wp-content/uploads/2016/08/Libro-Aguas-Subterr%C3%A1neas-en-Colombia-Una-Visi%C3%B3n-General.pdf> el día 6 de diciembre de 2018.
- Vergara, Wilson (septiembre de 2010). *La ganadería extensiva y el modelo agrario. El reto de un modelo de desarrollo rural sostenible para Colombia*. Recuperado de https://www.academia.edu/34058040/La_ganader%C3%ADa_extensiva_y_el_problema_agrario._El_reto_de_un_modelo_de_desarrollo_rural_sustentable_para_Colombia el día 3 de febrero de 2019.
- Visión Amazonía.(s.f.). 2018 *Gobernanza Forestal*. Recuperado de Minambiente-Gobierno de Colombia: <http://visionamazonia.minambiente.gov.co/pilar-1-gobernanza-forestal/> el día 29 de abril de 2019.

- WWF-Colombia. (1 de Agosto de 2018). Ley de páramos: Comienza la implementación. Recuperado de WWF: <http://www.wwf.org.co/?uNewsID=332290> el día 12 de diciembre de 2018.