

Opciones para mitigar la escasez de agua potable en Colombia

Options to mitigate drinking water scarcity in Colombia

LUIS GABRIEL ANGARITA TORRES¹ - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS²

1. Ingeniero agrícola de la Universidad Nacional de Colombia. Máster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Ingeniero civil de la Universidad Nacional de Colombia. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

luis.angarita-t@mail.escuelaing.edu.co - jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 17/01/2021 Aceptado: 20/02/2021

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

En este artículo se identifican 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, por su sigla en inglés) que varía entre valores medio, alto y muy alto.

A continuación se presentan las principales causas de escasez de agua potable en dichos municipios, entre las que sobresalen la deforestación, el verano intenso, la contaminación de las fuentes de agua y la falta de inversión.

Finalmente, se identifican soluciones que permitan enfrentar cada una de las causas que generan la escasez de agua potable [1].

Palabras claves: agua potable, escasez, condiciones hidrológicas, índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico, municipios.

Abstract

This article identifies the options to mitigate drinking water scarcity in Colombia.

First, municipalities that under average hydrological conditions and dry hydrological conditions, have a Water Vulnerability Index that varies between medium, high, and very high values are mentioned.

Then, the main causes of drinking water shortage in these municipalities are shown, establishing that deforestation, intense summer, water sources pollution, and lack of investment are the causes of this problem. Finally, solutions are identified to confront each of the causes that generate the scarcity of drinking water [1].

Keywords: drinking water, shortage, hydrological conditions, water vulnerability index, municipalities.

INTRODUCCIÓN

Colombia, gracias a su ubicación geográfica, cuenta con el privilegio de poseer un clima y un territorio rico en fuentes hídricas que le permiten tener una disponibilidad anual de agua por habitante de 33.160 m³ (cuarto en el mundo), valor muy superior a aquel en que se considera que empieza la escasez, <1700 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 de infraestructura o de presión en la demanda, en sus zonas más densamente pobladas [2].

Tres aspectos reúnen las causas que limitan el desarrollo y el bienestar de parte de las poblaciones que se asientan en las zonas críticas de escasez de agua [3]:

- 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 deterioro en la calidad del agua.

La escasez de agua, asociada a la falta de infraestructura y a la imposibilidad de establecer y mantener organizaciones que gestionen el uso de este recurso vital, alcanza 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 [4]. 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 [4].

Considerando la magnitud del escenario, enfrentar la escasez de agua se convierte en una prioridad a escala global, puesto que de esta batalla dependerán 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.

RESULTADOS

Municipios con escasez de agua potable en el país

En el marco del Estudio Nacional del Agua (ENA, 2014) [5] se sometieron a análisis 318 fuentes hídricas que proveen del preciado líquido a cabeceras municipales que presentan problemas de abastecimiento. A partir de allí se calculó el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH, por su sigla en inglés), que determina el grado de fragilidad de la cuenca hidrográfica para mantener una oferta para el abastecimiento de agua ante fenómenos climatológicos. Este estudio se realizó en dos escenarios: condiciones hidrológicas promedio y condiciones hidrológicas secas.

A continuación (tablas 1 a 5) 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 usuarios durante un periodo y para una cuenca determinada, en relación con la oferta hídrica disponible para los mismos espacio y tiempo, y la calificación para el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH).

Condiciones hidrológicas promedio

En este escenario, el estudio arroja que ocho cabeceras municipales del país presentan vulnerabilidad alta (tabla 1) y 53 cabeceras registran vulnerabilidad media (tabla 2).

Tabla 1
Municipios con IVH alto en condiciones hidrológicas promedio (5)

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.
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	0,38	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
NORTE DE SANTANDER	PAMPLONA	QDAS. CARIONGO, EL ROSAL Y EL MONO	2,777	MODERADO	23,09	13,08	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	YUMBO	RÍO YUMBO	7,767	MODERADO	21,33	13,01	MUY ALTO	ALTO

Tabla 2
Municipios con IVH medio en condiciones hidrológicas promedio (5)

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.
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
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	MONIQUIRÁ	QDA. LA SICHA	0,971	BAJO	338,14	209,4	MUY BAJO	MEDIO

Tabla 2
Municipios con IVH medio en condiciones hidrológicas promedio (5)

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.
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
CUNDINAMARCA	GUATAVITA	RÍO CORALES Y QDA. EL CHUSCAL	0,17	BAJO	5,27	2,78	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	8,88	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	0,382	BAJO	8,95	5,42	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	VIANÍ	RÍO CONTADOR Y QDA. LA PEÑA	0,089	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 INDIO	0,294	BAJO	194,09	101,62	MUY BAJO	MEDIO
HUILA	NEIVA	RÍO CEIBAS	11,659	ALTO	157,04	87,77	MODERADO	MEDIO
LA GUAJIRA	MAICAO	RÍO CARRAIPA	2,756	MUY BAJO	30,01	28,28	BAJO	MEDIO

Tabla 2
Municipios con IVH medio en condiciones hidrológicas promedio (5)

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)	IJA CAT.	IVH CAT.
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
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
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

Condiciones hidrológicas secas

En estas condiciones, se puede observar que dos cabeceras municipales presentan vulnerabilidad muy alta (tabla 3), 27 cabeceras municipales tienen vulnerabilidad alta (tabla 4) y 42 cabeceras municipales registran vulnerabilidad media (tabla 5).

Tabla 3
Municipios con IVH muy alto en condiciones hidrológicas secas (5)

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	CHIQUINQUIRÁ	RÍO SUÁREZ	3,679	MUY BAJO	3,78	2,69	MUY ALTO	MUY ALTO
LA GUAJIRA	MAICAO	RÍO CARRAIPA	2,756	MUY BAJO	0,47	0,45	MUY ALTO	MUY ALTO

Tabla 4
Municipios con IVH alto en condiciones hidrológicas secas (5)

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	OICATA	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
BOYACA	SANTA ROSA DE VITERBO	QDA. GRANDE Y UN NACEDERO	0,451	BAJO	1,81	1,37	ALTO	ALTO
BOYACA	SORACA	QDA. SALITRE Y NACEDERO EL VIEJO	0,04	BAJO	0,05	0,04	MUY ALTO	ALTO
BOYACA	TOCA	RIO TOCA	0,292	BAJO	2,52	1,79	MODERADO	ALTO
CESAR	VALLEDUPAR	RIOS GUATAPURI Y BADILLO	17,931	BAJO	151,53	93,15	MODERADO	ALTO
CESAR	EL COPEY	RIO ARIGUANICITO	1,044	BAJO	13	8,56	MODERADO	ALTO

Tabla 4
Municipios con IVH alto en condiciones hidrológicas secas (5)

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.
CESAR	LA JAGUA DE IBIRICO	RIO 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	RIO CORALES Y QDA. EL CHUSCAL	0,17	BAJO	2,78	1,46	MODERADO	ALTO
CUNDINAMARCA	SIBATE	RIO AGUAS CLARAS	1,264	BAJO	10,84	5,68	ALTO	ALTO
CUNDINAMARCA	TOPIAPI	QDA. SUCONAL	0,042	MODERADO	0,29	0,17	ALTO	ALTO
CUNDINAMARCA	VILLETA	RIO NAMAY Y QDA. CUNE	1,171	BAJO	14,76	11,35	MODERADO	ALTO
CUNDINAMARCA	YACOPI	QDAS. AGUA BLANCA Y EL VALLE	0,241	MODERADO	1,3	0,83	ALTO	ALTO
MAGDALENA	SANTA MARTA	RIOS MANZANARES, PIEDRAS Y GAIRA	21,976	BAJO	39,07	27,73	MUY ALTO	ALTO
NARINO	PASTO	RIO PASTO, EMBALSE RIO BOBO Y QDAS. CHAPAL Y MIJITAYO	18,515	BAJO	5,61	2,85	MUY ALTO	ALTO
NARINO	SAN LORENZO	QDAS. LA CHORRERA Y LA PALMA	0,128	MODERADO	0,55	0,3	ALTO	ALTO
NORTE DE SANTANDER	LOS PATIOS	RIO 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
SANTANDER	MALAGA	QDAS. LA MAGNOLIA Y LOS MOLINOS	1,122	MODERADO	2,8	1,79	MUY ALTO	ALTO
TOLIMA	LIBANO	RIO VALLECITOS	1,965	MODERADO	20,6	8,64	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	CALI	RIOS CAUCA, CALI Y MELENDEZ	196,277	BAJO	1764,53	1076,17	MODERADO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	BUGA	RIO GUADALAJARA	8,891	MODERADO	41,34	22,94	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	PALMIRA	RIO NIMA	19,386	MODERADO	64,76	40,61	ALTO	ALTO
VALLE DEL CAUCA	YUMBO	RIO YUMBO	7,767	MODERADO	19,71	12,02	MUY ALTO	ALTO

Tabla 5
Municipios con IVH medio en condiciones hidrológicas secas (5)

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	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	CIENEGA	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
BOYACA	MONGUA	RIO LEONERA Y QDA. PEÑABLANCA	0,089	BAJO	21,24	17,7	MUY BAJO	MEDIO
BOYACA	MONGUI	RIO MORRO	0,189	BAJO	19,47	16,23	BAJO	MEDIO
BOYACA	MONQUIRA	QDA. LA SICHA	0,971	BAJO	99,49	61,61	BAJO	MEDIO
BOYACA	PESCA	RIO 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	RIO CRAVO SUR	8,335	BAJO	1644,6	1311,8	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	BITUIMA	RIO CONTADOR Y QDAS. EL SILENCIO Y GUATE	0,035	BAJO	64,22	49,38	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	GACHALA	QDAS. LOS ANDES, LA MOYA Y BELLAVISTA	0,106	BAJO	17,85	12,4	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	GUASCA	RIO CHIPATA Y QDA. EL UVAL	0,353	BAJO	23,22	12,17	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	JERUSALEN	QDA. EL TABACO	0,051	BAJO	1,24	1,08	BAJO	MEDIO

Tabla 5
Municipios con IVH medio en condiciones hidrológicas secas (5)

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	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	RIO SUBACHOQUE Y QDA. LA COLORADA	0,362	BAJO	7,58	4,59	BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	VIANI	RIO CONTADOR Y QDA. LA PEÑA	0,069	BAJO	57,77	35,57	MUY BAJO	MEDIO
CUNDINAMARCA	VIOTA	RIO LINDO Y LAGUNA DEL INDIO	0,294	BAJO	47,61	24,93	BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	OCANA	RIOS 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	TIBU	RIO TIBU	0,958	BAJO	232,28	150,37	MUY BAJO	MEDIO
NORTE DE SANTANDER	VILLA DEL ROSARIO	RIO TACHIRA	6,099	BAJO	224,03	154,98	BAJO	MEDIO
RISARALDA	PEREIRA	RIO OTUN	27,878	ALTO	129,39	70	ALTO	MEDIO
RISARALDA	MISTRATO	QDA. ARRAYANAL	0,263	MODERADO	2,55	1,4	MODERADO	MEDIO
SANTANDER	BUCARAMANGA	ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA (RIOS TONA, FRIO Y SURATA)	44,716	ALTO	1,98	1,26	MUY ALTO	MEDIO
SANTANDER	BOLIVAR	QDAS. LA HERVEDORA Y POZO VERDE	0,067	BAJO	11,69	7,24	MUY BAJO	MEDIO
SANTANDER	CHIPATA	QDA. LA GILERIA	0,036	BAJO	6,16	3,81	MUY BAJO	MEDIO
TOLIMA	IBAGUE	RIO COMBEIMA Y QDA. CAY	42,11	ALTO	61,11	32,44	MUY ALTO	MEDIO
TOLIMA	COYAIMA	RIOS SALDANA Y MECHE	0,317	MUY BAJO	3619,78	1760,97	MUY BAJO	MEDIO
TOLIMA	MELGAR	RIO SUMAPAZ Y QDA. LA MELGARA	2,996	BAJO	403,25	259,66	BAJO	MEDIO
TOLIMA	NATAGAIMA	RIO ANCHIQUE	1,1	MUY BAJO	49,98	42,57	BAJO	MEDIO

CAUSAS DE ESCASEZ DE AGUA POTABLE EN DICHS MUNICIPIOS

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.

DEFORESTACIÓN

En 1966 se estimaba que el 62,1 % de la superficie del país estaba cubierta por bosques (70,8 millones de hectáreas), y que para 1988 la superficie del país cubierta por bosques se había reducido a 54 millones de hectáreas (ha). 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 de la Amazonia, 70.074 ha; región Andina, 45.606 ha; región del Pacífico, 29.009 ha; región del Caribe, 24.509 ha, y región de la Orinoquía, 9398 ha. Seis departamentos concentraban el 67 % de la deforestación nacional: Caquetá, Chocó, Meta, Antioquia, Norte de Santander y Guaviare. La deforestación se incrementó en el año 2016 un 44 % respecto al año 2015 [6].

Las causas de la deforestación están asociadas principalmente con los siguientes fenómenos:

- **Ganadería extensiva.** Se considera que es la mayor causa de deforestación a escala nacional. Es un sector poco eficiente, puesto que se cuenta con cerca de 25 millones de cabezas distribuidas en un área aproximada de 38 millones de ha (un promedio de 0,6 cabezas por ha) [7].
- **Extracción de madera.** La tala y el tráfico ilegal de madera son considerados la segunda causa de deforestación en el ámbito nacional.
- **Ampliación de las áreas cultivadas.** La ampliación de la frontera agrícola es ocasionada por varios factores, entre estos 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 los convierten en potreros.
- **Construcción de vías.** Expansión de infraestructura vial.
- **Cultivos de uso ilícito.** Los programas de erradicación de cultivos ilícitos han presionado al campe-

sinado 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 en el territorio nacional. La Dirección Antinarcóticos de la Policía Nacional afirma que los cultivos ilícitos generan vertimientos de sustancias químicas que afectan el suelo y el agua en un orden de 3,5 toneladas por hectárea al año [8].

- **Extracción ilícita de minerales.** La destrucción de los bosques para explotación minera ilegal tiene graves efectos ecológicos y elevados costos monetarios, entre los que se pueden mencionar los siguientes:
 - 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 interceptación, infiltración y evapotranspiración.
 - Pérdida de la calidad del agua.

La desprotección de las fuentes de agua, los cambios de clima, así como el incremento 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, se derriban 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 a Indonesia, República Democrática del Congo, Costa de Marfil, Ghana, Brasil, Bolivia, México y Perú [9].

Verano intenso

Aun cuando 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 los años 1970 y 2010. Se evidenció

que para las regiones Andina y Caribe el impacto es altamente significativo.

Es así como en “el 80 % de los eventos del Niño, las deficiencias de lluvia impactan más del 50 % del territorio, sobre todo en las regiones Caribe y Andina. En la región Pacífica, el porcentaje de eventos con impacto significativo se reduce a poco más del 50 %” [10].

En lo referente a la región Pacífica, la deficiencia de lluvia es significativa, puesto que la mitad de los eventos ocurridos así lo mostraron [10].

El Niño no tuvo efectos significativos en la Amazonia y en la Orinoquia, excepto a lo largo del periodo comprendido entre los años 1976-1977, con déficits del 60 % y el 80 %, respectivamente [10].

Contaminación de las fuentes de agua

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

- Amazonas.
- Caribe.
- Magdalena-Cauca.
- Orinoco.
- Pacífico.

Entre estas se 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.

“El 80 % de esas cargas son aportadas por cerca de 50 municipios, principalmente por áreas urbanas de gran población, como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena. Ahora, si analizamos el asunto 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 Ómar Vargas, subdirector de Hidrología del Ideam [11].

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, así como 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 [12].

Falta de inversión

De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Colombia posee una cobertura en materia de acueducto del 92,3 % (3,6 millones de personas no cuentan con acceso) y para alcantarillado la cobertura ronda el 88,2 % (5,6 millones de personas carecen de él). Sin embargo, en las áreas rurales el panorama es desalentador, puesto que cerca del 75 % carece de los dos servicios [13].

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

Durante el periodo 2012-2016, se hicieron inversiones en 920 proyectos de agua y saneamiento básico por un valor de \$1,8 billones; sin embargo, apenas 541 de los 1122 municipios que componen el país cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y solo el 31 % de las ciudades cuentan con sistemas de tratamiento eficiente.

Según la Contraloría General de la República (CGR), en el periodo 2015-2017 había un 46 % de obras inconclusas en el territorio 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.

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 evaluadas en \$39.000 millones). 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 son las siguientes: “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 se diseñaron.

Otras cifras para destacar son estas:

- El 87 % de los proyectos no son sostenibles económicamente.
- El 50 % de las obras no cumple con los requisitos técnicos exigidos.
- El 50 % de las obras no cumple con las licencias de captación de aguas.
- El 53 % de los proyectos no hace pruebas para determinar el índice de riesgo de calidad del agua.
- El 66 % de los proyectos que hace pruebas para determinar el índice de riesgo de calidad del agua entregan al consumidor final agua no apta para su consumo [14].

SOLUCIONES CONOCIDAS APROPIADAS PARA ELIMINAR LAS CAUSAS DE ESCASEZ DE AGUA POTABLE EN EL PAÍS

Detener la deforestación y desarrollar programas de 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, mayores serán la escorrentía y el riesgo de sufrir inundaciones.

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

El Ideam ha identificado nuevos focos de deforestación a lo largo y ancho del territorio nacional, los cuales se encuentran localizados en “el sur del Meta, el noroccidente de Caquetá, el nororiente del Guainía, el departamento del Putumayo, los Santanderes, el Magdalena Medio, la cordillera Central y el departamento de Nariño” [2].

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (2019) enfrentará este problema a través de cuatro planes:

- Visión Amazonia, por intermedio de su pilar 1, “Gobernanza forestal”.
- 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.

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 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 de aplicar el 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 que se va a reconocer, el desarrollo de contratos por parte de entidades territoriales y la aplicación de los mecanismos de seguimiento del 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 el 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, y ya que la conservación es un problema de incentivos de uso del suelo, hay que crear las condiciones para que el empleo de la tierra sea más eficiente y así reducir la eliminación de los bosques [15].

Proteger los páramos

Colombia posee el 42,48 % de este tipo de ecosistemas a escala 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, hasta el punto de que el 70 % del agua dulce de Colombia proviene de estas áreas. Estas son razones más que suficientes para que sea necesario protegerlos, cuidarlos y recuperarlos [16].

La ley de páramos busca la gestión integral de este tipo de ecosistemas. Entre otras cosas, establece y prohíbe las actividades que se pueden desarrollar en el interior de estos. Adicionalmente, destina recursos provenientes del impuesto al carbono para proteger este ecosistema estratégico, así como el desarrollo de actividades productivas permitidas.

En la Ley 1930, expedida el 27 de julio de 2018 por el 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, al igual que fijar directrices que propugnan su integralidad, preservación, restauración, uso sostenible y generación de conocimiento.

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” [17]. 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 paralelamente define los 60.000.000 de

hectáreas que hay que proteger y que corresponden a bosques naturales, páramos, humedales Ramsar y áreas de importancia ambiental para el país [18].

Cumplimiento de norma de vertimientos

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) presentó la Resolución 0631 de marzo de 2015, Norma de vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, la cual “... 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” [19].

Reducción de la demanda

Se estima que el 65 % del agua a escala mundial se destina a la agricultura, el 25 % al sector industrial y el 10 % restante al consumo doméstico y comercial. En el ámbito nacional, la demanda hídrica durante el año 2012 alcanzó los 35.987 millones de m³, de los cuales 46,6 % (16.760,33 millones de m³) se destinaron a uso agrícola, 21,5 % correspondieron al uso para generación de energía, 8,5 % al sector pecuario, 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.

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 utiliza el recurso hídrico, siendo los cultivos de arroz, palma, caña y plátano algunos de los más demandantes.

Captación y almacenamiento de aguas lluvias

La captación y el aprovechamiento de las aguas lluvias forman parte de las estrategias del uso racional del agua. En el sector 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 objeto de suministrar el agua requerida se han desarrollado técnicas empíricas para la captación de aguas lluvia, que suelen agruparse conforme a su modalidad de captación:

Microcaptación

Se capta la escorrentía superficial del terreno de cultivo con el propósito de que se infiltre y sea aprovechada para los cultivos.

Macrocaptación

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

Cosecha de agua de techos de viviendas y estructuras impermeables

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

Captación de agua atmosférica

En ciertas condiciones particulares de clima y orografía, es posible captar la niebla que se desplaza a nivel atmosférico [3].

Sistemas de detección y prevención de fugas

Según estándares internacionales, se permite hasta un 30 % de desperdicio asociado a fugas de agua, pero de

acuerdo con cifras entregadas por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), 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 llega al 38 %, y en departamentos como San Andrés, Magdalena y Guaviare se alcanzan valores de 79 %, 60 % y 57 %, en ese orden.

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

Las medidas de control y reducción de pérdidas se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de pérdidas que presenta el sistema:

Pérdidas físicas

- **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 solamente actúa sobre las pérdidas cuando estas se evidencian.
- **Mantenimiento preventivo.** Consiste en la ejecución de labores de inspección de las redes sin que haya de por medio evidencia de una falla, con el propósito de preservar sus condiciones de funcionamiento.
- **Control de presión en la red.** Se logra a través de la sectorización de las redes de distribución.

Pérdidas y consumos operativos

Entre las medidas más frecuentes, se destacan las siguientes:

- Instalar macromedidores entre las etapas de producción y distribución.
- Instalar medidores de nivel en los estanques de regulación.
- Mejorar los medios 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).

Pérdidas comerciales

Las acciones que se toman con el objeto de reducir y controlar este tipo de pérdidas giran en torno a minimizar los errores de medición y combatir los consumos fraudulentos. Con estas medidas se busca prevenir y corregir, así como sancionar a las personas que de manera fraudulenta gozan del suministro de agua [20].

Aprovechamiento de aguas subterráneas

Se estima que Colombia cuenta con reservas de agua subterránea que cubren alrededor del 74 % del territorio nacional, distribuidas en 16 provincias hidrogeológicas. Estas alcanzan un volumen total estimado que asciende a $5,848 \times 10^9$ metros cúbicos (5848 km³).

Las mayores reservas se encuentran en las provincias de Llanos Orientales, Caguán - Putumayo y cordillera Oriental.

El sector agrícola es el sector de la economía que mayor uso hace del agua subterránea (75 %), seguido por los sectores doméstico (9 %) e industrial (7 %), siendo el departamento del Valle del Cauca el mayor consumidor, con un 58 % del total consumido por este sector a escala nacional.

Las aguas subterráneas son un recurso estratégico para enfrentar el cambio climático y las futuras disminuciones de caudal en el país. No obstante, se hace necesario realizar estudios que permitan conocerlos de manera apropiada, puesto que tan solo 10 de los 44 acuíferos que se identificaron en el territorio nacional cuentan con información adecuada para su aprovechamiento [21].

SOLUCIONES FACTIBLES PARA ATENDER LOS PROBLEMAS DE ESCASEZ DE AGUA POTABLE

Actividades en contra de la deforestación

Entre dichas actividades, se pueden mencionar:

Bonos de carbono

Los bonos de carbono se crearon con la intención de 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.

En virtud de que el 54 % del territorio nacional está cubierto por bosques, Colombia tiene una gran

oportunidad para el establecimiento de proyectos de reforestación y conservación de bosques naturales.

Como muestra de la implementación de este tipo de estrategias, en Acandí (Chocó) se conformó el Consejo Comunitario de las Comunidades Negras de la Cuenca del Río Tolo y Zona Costera Sur (Cocomasur), encargado de proteger 13.400 hectáreas que les adjudicaron como título colectivo. Su labor consiste en impedir la tala de los bosques distribuidos a lo largo de las 150 parcelas en las que está dividida el área que se les otorgó, y de esta manera vender a terceros la capacidad que tienen estos bosques para captar dióxido de carbono.

Cumplimiento de la legislación ambiental

Colombia tiene una legislación que pretende velar por el cuidado de las cuencas, razón por la cual hay que promover el control y el cumplimiento de dicha normativa.

Artemisa [22]

En los últimos años, Colombia ha perdido alrededor de 200.000 hectáreas anuales de bosques y selva húmeda tropical. Con el propósito de frenar esta andanada deforestadora, el gobierno nacional ideó la campaña Artemisa, que por medio del trabajo interinstitucional de la Fiscalía General de la Nación, el Ministerio de Ambiente, Parques Nacionales, el 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.

Protección de páramos

El ecosistema de páramo se encuentra presente en apenas cinco países del mundo, y solo Colombia posee cerca del 50 % de estas fábricas de agua de las que 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) que de manera específica pretende velar por la salvaguarda de este ecosistema, prohibiendo entre otras cosas la explotación minera en estas áreas y otorgando fuentes de financiación para que los pobladores que históricamente se encuentran

asentados en estas áreas puedan hacer una reconversión de sus actividades productivas.

Implementación de normas de vertimientos

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 los ríos, quebradas y humedales que se encuentran a lo largo y ancho del territorio nacional.

Explotación de aguas subterráneas

El agua subterránea constituye más del 95 % de las reservas de agua dulce del planeta, razón por la cual surge como una importante opción para hacer frente al riesgo de desabastecimiento.

En Colombia se han identificado 44 sistemas acuíferos, de los que apenas 10 cuentan con información adecuada para hacer una gestión idónea del recurso hídrico allí almacenado, 13 sistemas acuíferos tienen información aceptable y 21 carecen de información técnica.

Se hace vital estudiar los acuíferos, en especial los de Turbaco, Santa Marta, Maicao, Valle del Cauca, Duitama-Sogamoso, Sabana de Bogotá, Glacis del Quindío, Golfo de Urabá, Mariquita-Dorada-Salgar, ya que su estudio es clave para enfrentar la vulnerabilidad al desabastecimiento. Además, esto permitirá no solo tomar decisiones respecto a su utilización y gestión, sino también que se conviertan en una opción válida para preservar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones.

ESTRATEGIAS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA

Algunos métodos existentes para el aprovechamiento del agua lluvia son los siguientes:

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 en relación con la colectada mediante otros mé-

todos, motivo por el cual suele emplearse para consumo humano. 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 losas para secado de granos, construidas en materiales que impiden al líquido infiltrarse libremente en el suelo. Sin embargo, tienen algunas desventajas, entre otras, que por estar a nivel del suelo obligan a que la estructura en la que se almacena el agua deba estar en un nivel inferior a la superficie del suelo, dificultando su utilización. Este sistema se compone de:

- Área de captación.
- Filtro.
- Tubería de conducción.

Captación de niebla

La neblina se compone de pequeñas partículas de agua, de entre 10,8 y 15,3 micrones de diámetro, lográndose así una concentración de 400 gotas/cm³, aproximadamente.

Estas partículas se pueden atrapar mediante 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. Además, hay que utilizar guayas adicionales, las cuales se instalarán como tirantes (figura 1).

El agua transportada por la neblina es atrapada al chocar con la malla. Paulatinamente, se atrapan más y más gotas que se desplazan de manera lenta 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 conducir las a un estanque de almacenamiento [23].



Figura 1. Panel atrapaniebla.

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

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 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 y 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 del Tolima, y Cali, Buga, Palmira y Yumbo, en el departamento del Valle del Cauca.

Las causas de escasez de agua potable en dichos municipios, señaladas por el Ideam y varios autores, 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, cerrar la frontera agrícola, hacer cumplir la norma de vertimientos, reducir la demanda, captar y almacenar aguas lluvias, detectar y prevenir fugas, y aprovechar las aguas subterráneas.

Colombia tiene una riqueza hídrica inigualable en el mundo, lo que indica que las causas principales de escasez son la excesiva pérdida existente en los sistemas de distribución y la ausencia de una inversión económica adecuada, efectiva y eficiente.

REFERENCIAS

- [1] Angarita Torres, L. G. (2019, mayo). *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. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- [2] Revista *Semana* (2014, 2 de mayo). 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
- [3] 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.
- [4] Revista *Semana* (2014, 2 de mayo). 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.
- [5] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ideam y Estudio Nacional del Agua 2014 (2015). Bogotá, mayo de 2015
- [6] Pardo, T. (2018). Bosques: territorios de vida.
- [7] Vergara, W. (2010, septiembre). 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.
- [8] 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.
- [9] Revista *Semana* (2014, 2 de mayo). 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.
- [10] Hurtado Moreno, G., & González, O. C., Agrometeorología, G. D., & Meteorología-Ideam, s.d. (s.f.). 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. 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.

- [11] Puentes Ramos, J. (2017, 13 de diciembre). Reportajes. Estas son las regiones con la mejor y la peor agua de Colombia. Recuperado de <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.
- [12] Segura, L. E. (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%ADrica.pdf> el día 9 de mayo de 2019.
- [13] Delgado Gómez, P. (2018, 26 de julio). 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.
- [14] Sarralde, M. (2018, 24 de julio). 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.
- [15] Visión Amazonia (s.f.). *Gobernanza forestal*. Recuperado de Minambiente- Gobierno de Colombia: <http://visionamazonia.minambiente.gov.co/pilar-1-gobernanza-forestal/> el día 29 de abril de 2019.
- [16] Minambiente (2017, 17 de octubre). 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.
- [14] Herrera Santoyo, H. (2013, 4 de marzo). *Páramos = agua = vida*. Recuperado de AIDA: <https://aidaamericas.org/es/blog/p%C3%A1ramos-agua-vida> el día 10 de diciembre de 2018.
- [17] Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2018, 31 de enero). Identificación General de la Frontera Agrícola en Colombia, a 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.
- [18] Presidencia de la República de Colombia (2018, 21 de junio). 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.
- [19] Minambiente (2015, 18 de marzo). Minambiente presenta nueva norma de vertimientos que permitirá mejorar la calidad de 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.
- [20] Caldes, G. (2017, 8 de febrero). Las pérdidas de agua, un tema pendiente. Se resuelve con gestión y uso de tecnologías. Agua, 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.
- [21] Ideam (2013). *Aguas subterráneas en Colombia: una visión general*. Bogotá, D.C., 284 pp. 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.
- [22] Herrera, E. (2019, 28 de abril). 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-contra-la-deforestacion.aspx> el día 12 de mayo de 2019.
- [23] Molina, J. M. (2005, 12 de septiembre). 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.