

Lineamientos para potencializar el **USO DEL AGUA LLUVIA**

DOCUMENTO
TÉCNICO
DE SOPORTE

**Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible**

Viceministerio de Políticas y
Normalización Ambiental

Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA



Iván Duque Márquez
PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Carlos Eduardo Correa Escaf
MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Nicolás Galarza Sánchez
VICEMINISTRO DE ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO

Francisco Cruz Prada
VICEMINISTRO DE POLÍTICAS Y NORMALIZACIÓN AMBIENTAL

Fabián Mauricio Caicedo Carrascal
DIRECTOR DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

AUTORES

Emiro Julián Robles Pérez
Diana Marcela Moreno Barco

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Grupo de Comunicaciones - Minambiente
José Roberto Arango R.

CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN: Grupo Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Lineamientos para potenciar el uso del agua lluvia / Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico: Textos: Robles Pérez, Emiro Julián; Moreno Barco, Diana Marcela. --- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022.
118 p. ---.

ISBN: 978-958-5551-85-5

Publicado en: www.minambiente.gov.co

1. recurso hídrico 2. agua lluvia 3. aprovechamiento del recurso hídrico
4. uso eficiente y ahorro del agua 5. usos del agua 6. soluciones basadas en la naturaleza (SbN)
7. casos de uso 8. planificación I. Tit. II. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CDD: 333.91

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia, 2022

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.



No comercializable. Distribución gratuita

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	7
1.1	Objetivo general	7
1.2	Objetivos específicos	7
1.3	Alcance	7
1.4	Metodología	9
2	MARCO CONCEPTUAL	10
2.1	Definiciones	13
3	MARCO CONTEXTUAL	16
3.1	Marco normativo	17
3.2	Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022	18
3.2.1	Unidad de análisis e información	18
3.2.2	Identificación de zonas con estrés hídrico	21
3.2.3	Identificación de los principales usuarios del agua en las zonas con estrés hídrico	33
4	ELEMENTOS TÉCNICOS EN RELACIÓN CON LA OFERTA DE AGUA LLUVIA	42
4.1	¿Cómo varía la oferta a nivel nacional?	43
4.2	¿Cómo se hace el monitoreo de agua lluvia?	47
4.3	¿Cómo y quienes monitorean la precipitación a nivel nacional y regional?	48
4.3.1	¿Cómo los usuarios acceden a la información de precipitación?	51
4.4	¿Cómo puede un usuario monitorear el agua lluvia?	52
4.4.1	¿Cómo determino la oferta a partir de observaciones de la precipitación?	54
5	ALTERNATIVAS DE USO Y GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA	56
5.1	Alternativas de uso directo del agua lluvia	58
5.1.1	Principales componentes del sistema	58
5.1.2	Ejemplos de sistemas de uso directo	61
5.1.3	Consideraciones en relación con el consumo humano	64
5.2	Gestión de la recarga artificial de acuíferos	66
5.2.1	Proyecto piloto de recarga artificial de los acuíferos de San Andrés	67
5.3	Gestión del agua lluvia	68
5.3.1	Soluciones basadas en la naturaleza en la agricultura	70
5.3.2	Soluciones basadas en la naturaleza en el ciclo urbano del agua	71
6	ORIENTACIONES PARA EL USO DE AGUAS LLUVIAS	84
7	BIBLIOGRAFÍA	86

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Ciclo hidrológico simplificado	4
Figura 2.1. Ciclo hidrológico simplificado	11
Figura 3.1. Zonas con estrés hídrico	22
Figura 4.1. Rendimiento año seco	44
Figura 4.2. Rendimiento año medio	45
Figura 4.3. Rendimiento año húmedo	46
Figura 4.4. Catálogo Nacional de Estaciones - Ideam	50
Figura 4.5. Catálogo Nacional de Estaciones - otras entidades	51
Figura 4.6. Pluviómetro	52
Figura 4.7. Localización de las barreras de protección del viento	54
Figura 5.1. Factores de riesgo a analizar en una inspección sanitaria	65
Figura 5.2. Construcción de zanja de conducción y pozo de gran diámetro	67
Figura 5.3. sistemas agroforestales	71
Figura 5.4. ejemplos de infraestructura verde	73

LISTA DE TABLAS

• Tabla 2 1. Definición de los componentes del ciclo hidrológico	12
• Tabla 3 1. Variables que caracterizan y cuantifican la oferta y la demanda	19
• Tabla 3 2. Indicadores del sistema hídrico e indicadores de intervención antrópica	19
• Tabla 3 3. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH)	20
• Tabla 3 4. Índice de uso del agua superficial (IUA)	20
• Tabla 3 5. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)	20
• Tabla 3 6. Distribución de subzonas hidrográficas con estrés hídrico a nivel de área hidrográfica	21
• Tabla 3 7. Zonas hidrográficas con estrés hídrico	23
• Tabla 3 8. Municipios beneficiados de la priorización de acciones en las zonas de estrés hídrico	27
• Tabla 3 9. Resumen uso principal en las subzonas hidrográficas en situación de evidente estrés hídrico	33
• Tabla 3 10. Resumen uso secundario en las subzonas hidrográficas en situación de evidente estrés hídrico	33
• Tabla 3 11. Usos para cada subzona hidrográfica en situación de evidente estrés hídrico	34
• Tabla 4 1. Instrumentos de medición de la precipitación	47
• Tabla 4 2. Estaciones para el monitoreo de la precipitación - Ideam	49
• Tabla 4 3. Estaciones para el monitoreo de la precipitación - Otras entidades	49
• Tabla 4 4. Algunos aspectos para garantizar la exactitud y precisión de las mediciones de la precipitación	53
• Tabla 4 5. Coeficiente de escorrentía	55
• Tabla 5 1. Resumen de alternativas de uso	57
• Tabla 5 2. Descripción de los principales componentes del sistema	59
• Tabla 5 3. Ejemplos de alternativas de sistema de uso directo	61
• Tabla 5 4. Servicios ecosistémicos y algunas funciones que desempeñan	69
• Tabla 5 5. Algunas alternativas de sistemas urbanos de drenaje sostenible	75

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- CNE Catálogo Nacional del Estaciones
- Corpoboyacá Corporación Autónoma Regional de Boyacá
- CRA Corporación Autónoma Regional del Atlántico
- Cardique Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
- Corpocesar Corporación Autónoma Regional del Cesar
- CDMB Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga
- Coralina Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
- ENA Estudio Nacional del Agua
- Ideam Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
- M.A.R. Managed Aquifer Recharge
- OMM Organización Meteorológica Mundial
- PND Plan Nacional de Desarrollo
- RURH Registro de Usuarios del Recurso Hídrico
- SIRH Sistema de Información del Recurso Hídrico
- SbN Soluciones basadas en la naturaleza
- SUDS Sistemas urbanos de drenaje sostenible

NOMENCLATURA

- OD Oferta disponible
- OHT Oferta hídrica total
- OHTS Oferta hídrica total superficial
- IRH Índice de retención y regulación hídrica
- IUA Índice de uso de agua
- IVH Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento
- SZH Subzonas hidrográficas

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Datos de oferta hídrica total superficial a nivel de subzona hidrográfica (Ideam, 2019a)
- Anexo 2. Propuesta metodológica para el diseño de sistemas de uso directo de aguas lluvias



INTRODUCCIÓN

Los presentes lineamientos para el uso de aguas lluvias son la respuesta a acciones formuladas en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (Congreso de la República de Colombia, 2019) donde se establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible elaborará un instrumento técnico con los lineamientos para potencializar el uso del agua lluvia, con énfasis en zonas con estrés hídrico.

Este documento técnico, contiene lineamientos de orientación dirigidos a las autoridades ambientales para su ejercicio de administración del recurso hídrico y a los usuarios del con el objetivo de orientarlos sobre las posibilidades de uso o gestión de aguas lluvias.

1.1. Objetivo general

Generar los lineamientos para potencializar el uso del agua lluvia en Colombia, con énfasis en zonas con estrés hídrico.

1.2. Objetivos específicos

- Establecer un marco conceptual en relación con el uso y gestión del agua lluvia.
- Establecer un marco contextual (normativo y objetivos de gobierno) en relación con el uso de agua lluvia.
- Establecer elementos técnicos que permitan comprender: 1) la oferta de agua lluvia y su variación en el espacio y en el tiempo; 2) el monitoreo de la precipitación, las fuentes de información de precipitación a nivel nacional y regional y el mecanismo de acceso a la información; 3) la importancia de la instalación de instrumentos de medición y la observación de la precipitación como una herramienta para gestionar y establecer las posibilidades de uso del agua lluvia; 4) algunas alternativas de uso y gestión del agua lluvia.

1.3. Alcance

En la Tabla 1-1 se resumen los diferentes aspectos que aborda el documento y se establece su alcance y usuario objetivo o principal.

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Tabla 1-1. Alcance por capítulo

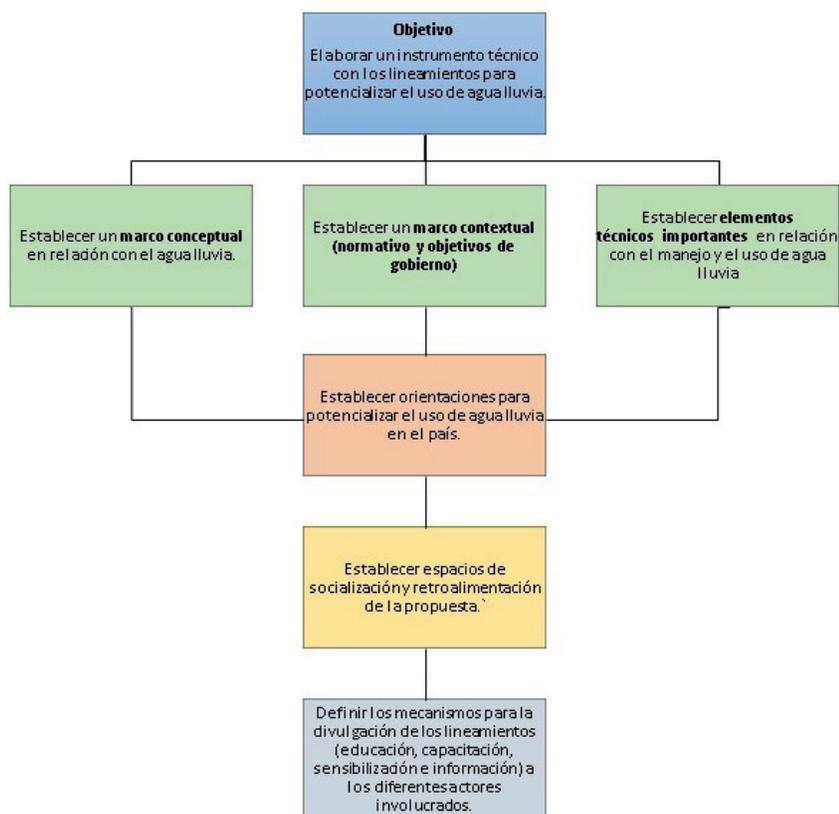
Función Log - Normal	Función de probabilidad con asimetría positiva a la cual se pretende ajustar los registros de precipitación.	Capítulo	Aspecto	Alcance
2	Marco conceptual	Se establece el marco conceptual en relación con el uso y gestión del agua lluvia	-	
3	Marco contextual	Se establece el contexto, en relación con los siguientes aspectos: 1. El marco normativo en relación con el uso del agua lluvia con y sin concesión. 2. Se da alcance a las acciones establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 al: establecer a nivel de subzona hidrográfica las zonas que presentan una presión de la demanda importante respecto a la oferta superficial disponible, es decir aquellas zonas con estrés hídrico; identificar los principales usuarios del agua en las zonas con estrés hídrico.	El documento no sirve para establecer zonas con estrés hídrico a nivel local	Usuarios del recurso hídrico y autoridades ambientales
4	Oferta de agua lluvia	<p>Para entender qué es la oferta de agua lluvia y como varía en el tiempo y en el espacio</p> <p>Para establecer como se monitorea la precipitación y cuáles son los principales instrumentos para su medición.</p> <p>Para conocer cómo y quiénes monitorean la precipitación a nivel nacional y regional. Y cómo los usuarios acceden a dicha información.</p> <p>Para fortalecer y promover el monitoreo de la precipitación por parte de los usuarios del recurso hídrico, al establecer cómo un usuario puede monitorear la precipitación.</p>	El documento no sirve para conocer la oferta de agua lluvia en un lugar específico.	Usuarios del recurso hídrico
5	Alternativas de uso y gestión del agua lluvia	Se identifican algunas posibilidades y alternativas de uso y gestión sostenible del agua lluvia, las cuales podrán ser empleadas por los usuarios del recurso hídrico con base en sus necesidades y usos.	El documento no sirve para establecer la alternativa para un usuario o actividad específica	Usuarios del recurso hídrico
		Se presenta una propuesta metodológica en relación con el diseño de sistemas de uso directo del agua lluvia (Anexo 2) y se presenta el ejemplo de aplicación de la metodología. Lo anterior, como una herramienta para la toma de decisiones, que permite a los usuarios mitigar adecuadamente los efectos de la escasez de agua (fuente alterna de abastecimiento) y del cambio climático. Lo anterior, porque estos sistemas tienen fácil diseño, adaptabilidad a diferentes usos del agua, y permiten la posibilidad de aplicación a nivel nacional, tanto en entornos rurales como urbanos. No obstante, los usuarios podrán considerar otros métodos para su diseño.	El documento no sirve para establecer la alternativa o diseño para un usuario o actividad específica	Usuarios del recurso hídrico
		Se presenta la gestión de la recarga artificial de acuíferos (M.A.R, por sus siglas en inglés) y el uso del agua lluvia, como una herramienta de planeación que puede contribuir, entre otros aspectos, a aumentar las reservas de acuíferos que presentan agotamiento o reducción de las reservas de aguas subterráneas. Sin embargo, se establece que estas son medidas de manejo a cargo de la autoridad ambiental. Se presentan casos que se han desarrollado en el país	El documento no sirve para establecer la alternativa para un caso específico	Autoridades ambientales

Función Log - Normal	Función de probabilidad con asimetría positiva a la cual se pretende ajustar los registros de precipitación.	Capítulo	Aspecto	Alcance
6	Orientaciones para el uso del agua lluvia	Se establecen relaciones entre los diferentes capítulos del documento.	-	Usuarios del recurso hídrico y autoridades ambientales

1.4. Metodología

En la Figura 1-1 se representa esquemáticamente el proceso metodológico desarrollado, que permite dar cumplimiento a la mencionada acción establecida en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (Congreso de la República de Colombia, 2019).

Figura 1-1 Esquema metodológico



LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

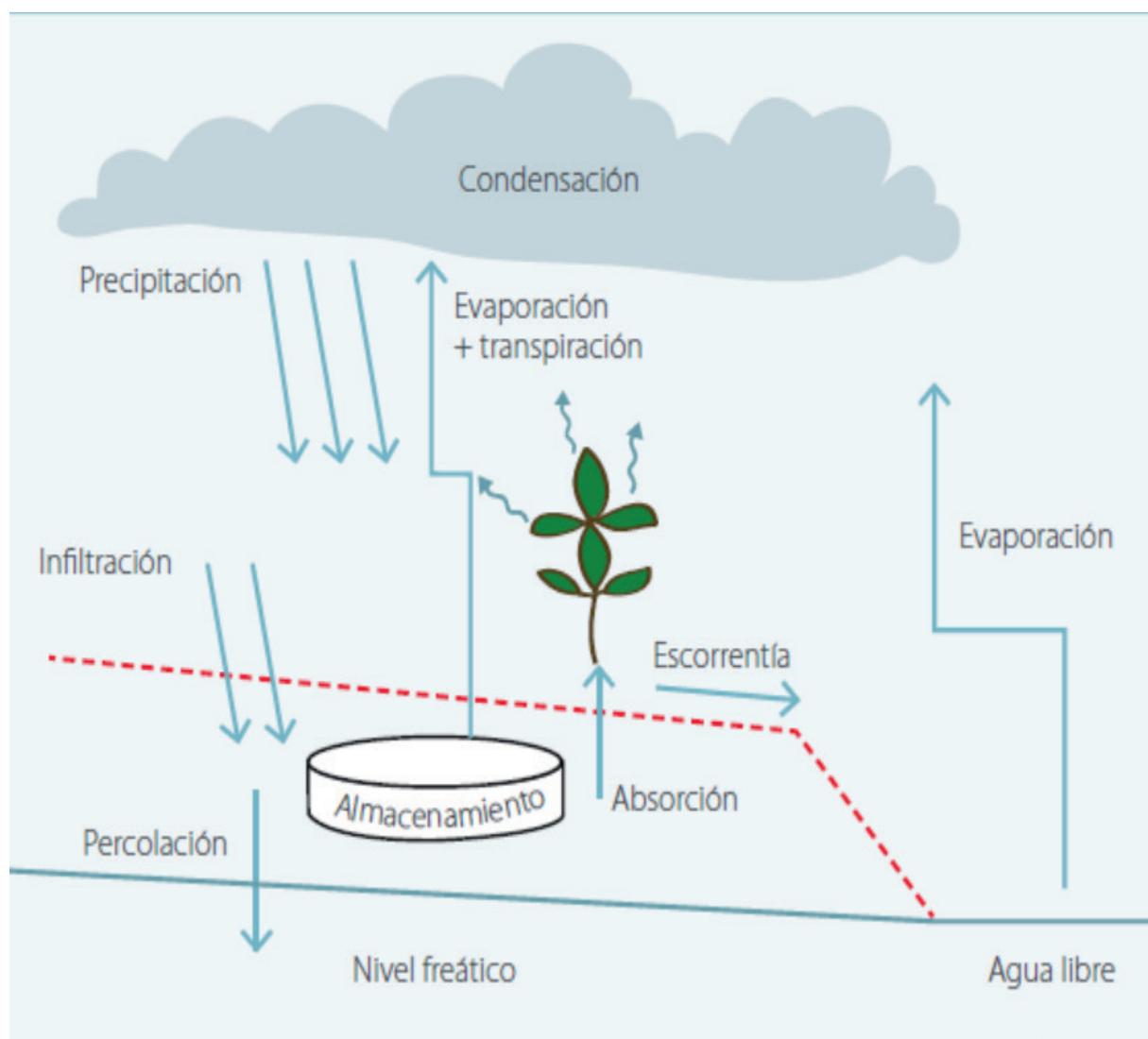
2

MARCO CONCEPTUAL

En este marco conceptual se reúnen elementos técnicos relacionados con el potencial del agua lluvia como recurso para abastecer algunas necesidades existentes en muchas regiones del país, así como para su uso y manejo sostenible.

En primer lugar, es preciso entender el ciclo hidrológico, sus componentes e importancia en relación con el propósito de potencializar el uso del agua lluvia según lo que se presenta en la Figura 2-1 y en Tabla 2-1. El ciclo hidrológico representa la circulación continua de agua en el sistema tierra-atmósfera, por lo tanto, los cambios sobre algún componente del ciclo hidrológico pueden influenciar el comportamiento de otros componentes.

Figura 2-1. Ciclo hidrológico simplificado



Fuente: (FAO, 2013)

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Tabla 2-1. Definición de los componentes del ciclo hidrológico

Componente del ciclo hidrológico	Definición (WMO, 2012)	Importancia
Ciclo hidrológico (sinónimo: ciclo del agua)	Sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento de la atmósfera a la tierra y en su retorno a la misma: evaporación del agua del suelo, del mar y de las aguas continentales, condensación en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación.	
Precipitación	1) Elementos líquidos o sólidos procedentes de la condensación o sublimación del vapor de agua que caen de las nubes o son depositados desde el aire en el suelo. 2) Cantidad de precipitación caída sobre una unidad de superficie horizontal por unidad de tiempo. Lluvia: precipitación de agua líquida.	1. La precipitación es de especial importancia los siguientes aspectos: - mejorar la comprensión de su oferta regional y local, y su variabilidad espacial y temporal; - conocer cuáles son los principales instrumentos de medición de precipitación, - entender cómo se monitorea a nivel nacional y regional, y cómo los usuarios acceden a dicha información; - fortalecer y promover el monitoreo de la precipitación por parte de los usuarios del recurso hídrico como una herramienta para gestionar sus posibilidades de uso;
Infiltración	Flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo.	
Percolación	Flujo de un líquido a través de un medio poroso no saturado, por ejemplo, el flujo de agua en el suelo por acción de la gravedad.	
Escorrentía superficial	Parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno hacia un curso de agua.	
Condensación	Transición de la fase de vapor a la fase líquida.	- Establecer algunas alternativas de uso y gestión de este recurso.
Evaporación + transpiración	Conjunto de procesos por los que se efectúa la transferencia de agua de la superficie terrestre a la atmósfera por evaporación y de la vegetación, por transpiración.	
Evaporación	Proceso por el que el agua pasa de líquido a vapor a una temperatura inferior a la del punto de ebullición.	
Almacenamiento	1) Retención de aguas en embalses de superficie o subterráneos para su uso futuro. *Esto constituye en un componente importante del diseño de sistemas de uso directo de agua lluvia, debido a que permite mitigar adecuadamente los efectos de la escasez de agua (fuente alterna de abastecimiento) y del cambio climático.	2. Del adecuado uso y gestión del agua lluvia dependen otros componentes del ciclo hidrológico como escorrentía, infiltración y percolación, que son de especial interés para la gestión integral del recurso hídrico y para mitigar los impactos del desarrollo urbano, los efectos de la escasez de agua y el cambio climático y sus riesgos (inundaciones, contaminación, etc.).
Nivel freático	Superficie de la zona de saturación en un acuífero libre en la que la presión hidrostática es igual a la presión atmosférica.	

Fuente: elaborado a partir de (WMO, 2012).

2.1 Definiciones

Aguas meteóricas: aguas que están en la atmósfera (artículo 2.2.3.3.1.3, (Presidencia de la República de Colombia, 2015)). En el contexto de este documento, son las aguas que serán aprovechadas por los usuarios del recurso hídrico teniendo en cuenta lo siguiente: las aguas lluvias corresponden a la fracción líquida de las aguas meteóricas, provenientes de la condensación o sublimación del vapor de agua que caen de las nubes o son depositados desde el aire en el suelo (WMO, 2012); la neblina es la fracción de las aguas meteóricas, que corresponde al vapor de agua que es condensado mediante el uso de superficies; la precipitación está compuesta por los elementos líquidos o sólidos procedentes de la condensación o sublimación del vapor de agua que caen de las nubes o son depositados desde el aire en el suelo (WMO, 2012).

En armonía con las disposiciones normativas y los lineamientos del PND 2018-2022, en este documento nos referiremos a agua lluvia o precipitación (cuando se refiera a monitoreo), lo anterior aun cuando las posibilidades de uso se refieren a aguas meteóricas.

Amenaza: peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Congreso de la República, 2012).

Cuenca hidrográfica: entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Presidencia de la República de Colombia, 2015). En el marco contextual de este documento se empleará información a nivel de subzonas hidrográficas como área tributaria.

Autoridades ambientales competentes: se entiende por autoridad ambiental competente, de acuerdo con sus respectivas funciones las siguientes: a) Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, para efectos de lo establecido en materia de licenciamiento ambiental; b) las corporaciones autónomas regionales y las de desarrollo sostenible; c) los municipios, distritos y áreas metropolitanas cuya población dentro de su perímetro urbano sea igual o superior a un millón de habitantes; d) las autoridades ambientales de que trata el artículo 13 de la Ley 768 de 2002; e) Parques Nacionales Naturales de Colombia; f) el Distrito de Buenaventura (artículo 124 de Ley 1617 de 2013) y; g) las áreas metropolitanas en el marco de la Ley 1625 de 2013. (Presidencia de la República de Colombia, 2015), artículo 2.2.3.3.1.3.

Captación: conjunto de estructuras necesarias para tomar el agua de una fuente de abastecimiento (MVCT, 2017).

Gestión del riesgo: es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Congreso de la República, 2012).

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Huella hídrica verde: la huella hídrica verde para el sector agropecuario “se basa en el uso natural del agua de la humedad del suelo que proviene de la lluvia (agua verde)” (Ideam, 2019a).

Medición de agua: sistema destinado a registrar o totalizar la cantidad de agua transportada por un conducto (MVCT, 2017).

Módulo de consumo de agua: herramienta para la estimación de la cantidad de agua requerida en un proceso destinado a obtener un bien o un servicio bajo condiciones de uso eficiente y ahorro de agua y rentabilidad económica. Se expresa en unidades de volumen por unidad de producto, área o masa (MinAmbiente, 2019).

Periodo de retorno: número de años que en promedio la magnitud de un evento extremo es igualada o excedida (MVCT, 2017).

Resiliencia: capacidad de los ecosistemas para absorber perturbaciones sin alterar significativamente sus características naturales de estructura y funcionalidad, es decir, regresar a un estado similar al original una vez que la perturbación ha terminado (Presidencia de la República de Colombia, 2015).

Riesgo de desastres: corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad (Congreso de la República, 2012).

Seguridad hídrica: capacidad de la población de salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas y de calidad aceptable de agua para sostener los medios de subsistencia, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación del agua y los desastres relacionados con el agua, y para preservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política” (UN-Water, 2013).

Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS): son el conjunto de soluciones que se adoptan en un sistema de drenaje urbano con el objeto de retener el mayor tiempo posible las aguas lluvias en su punto de origen sin generar problemas de inundación, minimizando los impactos del sistema urbanístico en cuanto a la cantidad y calidad de la escorrentía y evitando así sobredimensionamientos o ampliaciones innecesarias en el sistema. La filosofía de los SUDS es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana (MVCT, 2017).

Vulnerabilidad: susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos (Congreso de la República, 2012).



LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

3

MARCO CONTEXTUAL

3.1 Marco normativo

De acuerdo con el artículo 2.2.3.2.2.2. y artículo 2.2.3.2.2.4 del Decreto 1076 de 2015 (Presidencia de la República de Colombia, 2015) las aguas lluvias son bienes de uso público, cuyo dominio ejerce la Nación, y por ello al Estado le incumbe el control o supervigilancia sobre el uso y goce que les corresponden a los particulares. Lo anterior de conformidad con las reglas establecidas en el Decreto 1076 de 2015 y en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Presidencia de la República de Colombia, 1974).

En el capítulo 2, sección 16 del Decreto 1076 de 2015 (Presidencia de la República de Colombia, 2015) se presenta el Régimen de Ciertas Categorías Especiales de Agua, donde se establece la normativa relacionada con aguas lluvias y se establecen las condiciones para el uso de estas aguas sin y con concesión, de acuerdo con lo siguiente:

(...)

artículo 2.2.3.2.16.1. Uso de aguas lluvias sin concesión. Sin perjuicio del dominio público de las aguas lluvias, y sin que pierdan tal carácter, el dueño, poseedor o tenedor de un predio puede servirse sin necesidad de concesión de las aguas lluvias que caigan o se recojan en este, mientras por este discurren.

(Decreto 1541 de 1978, art. 143).

artículo 2.2.3.2.16.2. Concesión de aguas lluvias. Se requerirá concesión para el uso de las aguas lluvias cuando estas aguas forman un cauce natural que atravesase varios predios, y cuando aún sin encausarse salen del inmueble.

(Decreto 1541 de 1978, art. 144).

artículo 2.2.3.2.16.3. Aguas lluvias y construcción de obras. La construcción de obras para almacenar conservar y conducir aguas lluvias se podrá adelantar siempre y cuando no se causen perjuicios a terceros.

(Decreto 1541 de 1978, art. 145).

(...)

Con base en lo anterior, se infiere que el dueño, poseedor o tenedor de un predio puede servirse sin necesidad de concesión, cuando las aguas lluvias que caen dentro de los linderos de un predio, se captan y almacenan antes que caigan al suelo, es decir, se hace un uso directo de dichas aguas, y siempre y cuando las obras que se adelanten destinadas a almacenar, conservar o conducir dichas aguas lluvias para su uso no generen perjuicios a terceros.

En el caso en que el uso no cumpla con estas condiciones, le corresponde a la autoridad ambiental analizar si la presunta actividad, se adecua o no con los supuestos fácticos de la norma y, de acuerdo con ello, si hay lugar o no al cumplimiento de la obtención de la respectiva autorización ambiental.

En caso de que se requiera concesión para el uso de aguas lluvias, este permiso deberá tramitarse ante la autoridad ambiental competente de acuerdo con los siguientes artículos del Decreto 1076 de 2015 (Presidencia de la República de Colombia, 2015): el procedimiento para la solicitud de la concesión es el establecido en el artículo 2.2.3.2.9.1 al artículo 2.2.3.2.9.13.; el peticionario deberá presentar los requisitos de solicitud de concesión del artículo 2.2.3.2.9.1 y anexos a la solicitud del artículo 2.2.3.2.9.2.

3.2 Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022

Las acciones para potencializar el uso de agua lluvia, pueden desarrollarse en todo el territorio nacional. Sin embargo, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (Congreso de la República de Colombia, 2019) establece que los lineamientos para potencializar el uso del agua lluvia deben tener énfasis en las zonas con estrés hídrico. Es decir, aquellas zonas en donde la presión de la demanda es importante respecto a la oferta superficial disponible. Por lo anterior, a continuación, se identificarán las zonas con estrés hídrico y los principales usuarios del agua en tales zonas, con el objetivo de enfatizar la aplicación de los lineamientos en dichas zonas y usuarios.

A continuación, se detallan la unidad de análisis y fuente de información empleadas.

3.2.1. Unidad de análisis e información

El Estudio Nacional del Agua - ENA, es una publicación periódica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam, como máxima autoridad hidrológica de Colombia, que consolida información actual sobre el estado y las condiciones de sostenibilidad del recurso hídrico. En el análisis, se empleó información del Estudio Nacional del Agua 2018 (Ideam, 2019a).

En el mencionado estudio la información es analizada empleando la zonificación hidrográfica de Colombia (Ideam, 2013b), que parte de la división del país en cinco áreas hidrográficas asociadas a grandes vertientes. Estas a su vez se dividen en unidades de menor jerarquía, 41 zonas hidrográficas y 316 subzonas hidrográficas, que son el referente para la planificación y ordenación del territorio. En este documento se emplean las variables e indicadores que se presentan a continuación a nivel de subzonas hidrográficas (SZH) teniendo en cuenta las definiciones que se presentan en la Tabla 3-1 y en la Tabla 3-2:

- Indicador de vulnerabilidad (índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)) para condiciones de año seco: este indicador se empleará para establecer las subzonas hidrográficas con estrés hídrico. Lo anterior, debido a que este índice relaciona el estado del sistema hídrico a través del índice de retención y regulación hídrica (IRH) con el índice de uso de agua (IUA), el cual establece la relación existente entre la demanda de agua y la oferta hídrica disponible.
- La demanda de agua sectorial (pecuaria, agricultura, consumo humano, generación de energía, hidrocarburos, industria, minería, piscicultura, servicios) se empleará para determinar los principales usuarios del agua en las subzonas hidrográficas con estrés hídrico.

Es importante aclarar que no todas las variables que caracterizan y cuantifican la oferta y la demanda dadas en la Tabla 3-1 se emplean en el análisis, sino que se presentan para que el lector tenga las herramientas para entender los indicadores dados en la Tabla 3-2.

Tabla 3-1. Variables que caracterizan y cuantifican la oferta y la demanda

Variable		Definición
Variables que caracterizan y cuantifican la oferta	Oferta hídrica total (OHT) (año seco, medio y húmedo)	(Ideam, 2013a): volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficie del suelo que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos.
	Oferta disponible (OD) (año seco, medio y húmedo)	(Ideam, 2010): volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la oferta hídrica total superficial (OHTS) el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales, y en alguna medida un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas (caudal ambiental).
Variables que caracterizan y cuantifican la demanda	Demanda de agua sectorial (pecuaria, agricultura, consumo humano, generación de energía, hidrocarburos, industria, minería, piscicultura, servicios)	(Ideam, 2010): es la demanda hídrica para diferentes sectores que usan el agua de manera intensiva o extensiva (agrícola, pecuario, doméstico, industrial, servicios, hidroenergía y acuicultura)

(Ideam, 2010)

- Año hidrológico medio: está definido por los caudales medios mensuales multianuales de la serie histórica de caudales medios.
- Año hidrológico húmedo: está definido por los caudales máximos de los medios mensuales multianuales de la serie de caudales medios mensuales (incluye períodos de los eventos El Niño y La Niña).
- Año hidrológico seco: A partir de los valores característicos mínimos de la series de caudales mensuales multianuales, se identificó el año típico seco (incluye períodos de eventos El Niño y La Niña)

Tabla 3-2. Indicadores del sistema hídrico e indicadores de intervención antrópica

Indicador		Definición
Indicadores del sistema hídrico		Índice de retención y regulación hídrica (IRH) (Ideam, 2010): este índice mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación.
Indicadores de intervención antrópica	Indicadores de presión por uso de agua	Índice de uso del agua superficial (IUA) (Ideam, 2010): relación porcentual de la demanda de agua en relación con la oferta hídrica disponible.
	Indicador de vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) (Ideam, 2010): grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas – como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño)– podría generar riesgos de desabastecimiento. El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA).

En las tablas 4-3 a 4-5 se presentan los rangos y categorías para la interpretación de los diferentes indicadores.

Tabla 3-3. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH)

Rango IRH	Categoría IRH	Descripción
>0.85	Muy alta	Muy alta retención y regulación de humedad
0.75 – 0.85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0.65 – 0.75	Moderada	Media retención y regulación de humedad media
0.50 – 0.65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
<0.50	Muy baja	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: (Ideam, 2019a).

Tabla 3-4. Índice de uso del agua superficial (IUA)

Rango Índice de Uso del Agua	Categoría	Interpretación Índice de Uso del Agua
> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta superficial disponible
50,01 - 100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta respecto a la oferta superficial disponible
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta respecto a la oferta superficial disponible
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada respecto a la oferta superficial disponible
1,0 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja respecto a la oferta superficial disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa respecto a la oferta superficial disponible

Fuente: (Ideam, 2015).

Tabla 3-5. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)

Categoría IUA	Rango IUA	Categoría IRH			
		Alta	Moderada	Baja	Muy baja
		Rango IRH			
		0.75 – 0.85	0.65 – 0.75	0.50 – 0.65	<0.50
Muy bajo	<1	muy baja	baja	media	media
Bajo	1-10	baja	baja	media	media
Moderado	>10-20	media	media	alta	alta
Alto	>20 -50	media	alta	alta	muy alta
Muy alto	>50-100	media	alta	alta	muy alta
Crítico	>100	muy alta	muy alta	muy alta	muy alta

Fuente: (Ideam, 2015)..

3.2.2. Identificación de zonas con estrés hídrico

La información de las categorías alto y muy alto del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) del Estudio Nacional del Agua (Ideam, 2019a) para condiciones de año seco, se emplearon para establecer las subzonas hidrográficas con evidente estrés hídrico. En la Tabla 3-6 se presenta la distribución, a nivel de áreas y zonas hidrográficas, de las 84 subzonas hidrográficas con categoría de IVH alta o muy alta. Se resalta el hecho que 58 subzonas hidrográficas (69%) y 16 áreas hidrográficas (19%), se localizan en las áreas hidrográficas Magdalena Cauca y Caribe respectivamente. En la Figura 3-1 se presenta la distribución espacial de las zonas con estrés hídrico.

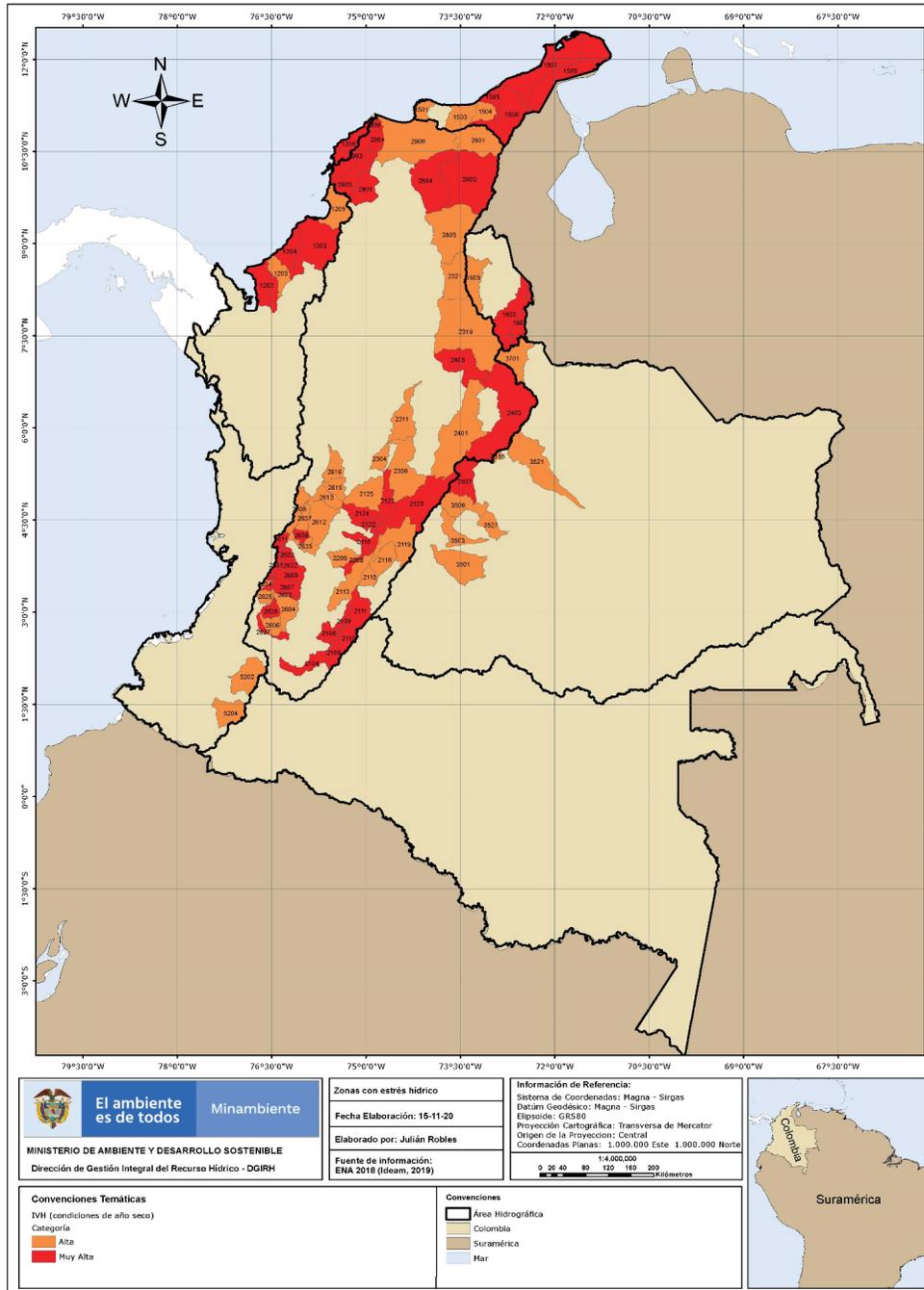
Tabla 3-6. Distribución de subzonas hidrográficas con estrés hídrico a nivel de área hidrográfica

Nombre área hidrográfica	Nombre zona hidrográfica	Subzonas hidrográficas	
		#	%
Amazonas	-	0	0.0%
Caribe	Caribe - Guajira	7	8.3%
	Caribe - Litoral	5	6.0%
	Catatumbo	3	3.6%
	Sinú	1	1.2%
	TOTAL	16	19.0%
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	16	19.0%
	Bajo Magdalena	6	7.1%
	Cauca	22	26.2%
	Cesar	4	4.8%
	Medio Magdalena	5	6.0%
	Saldaña	2	2.4%
	Sogamoso	3	3.6%
	TOTAL	58	69.0%
Orinoco	Arauca	1	1.2%
	Meta	7	8.3%
	TOTAL	8	9.5%
Pacífico	Patía	2	2.4%
	TOTAL	2	2.4%
TOTAL		84	100.0%

Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2019a).

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Figura 3-1. Zonas con estrés hídrico



Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2019a).

En la Tabla 3-7 se presenta la información del índice de retención y regulación hídrica (IRH), del índice del uso del agua (IUA) y del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) para condiciones de año seco en cada una de las 84 subzonas hidrográficas con base en la información del Estudio Nacional del Agua – ENA 2018 (Ideam, 2019a). Ello, permite establecer para cada subzona hidrográfica la relación existente entre la presión generada por la demanda respecto de la oferta disponible (ver Tabla 3-4) y la retención y regulación de la humedad (ver Tabla 3-3).

Tabla 3-7. Zonas hidrográficas con estrés hídrico

Nombre área hidrográfica	Nombre zona hidrográfica	Código SZH	Nombre subzona hidrográfica	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	Índice del uso del agua (IUA) para condiciones de año seco	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) para condiciones de año seco
Caribe	Caribe - Guajira	1501	Río Piedras - Río Manzanares	baja	muy alto	alta
		1503	Río Ancho y otros directos al Caribe	moderada	muy alto	alta
		1504	Río Tapias	baja	muy alto	alta
		1505	Río Camarones y otros directos Caribe	baja	crítico	muy alta
		1506	Río Ranchería	baja	crítico	muy alta
		1507	Directos Caribe - Arroyo Sharimahana Alta Guajira	muy baja	crítico	muy alta
		1508	Río Carraipia - Paraguachón, directos al golfo Maracaibo	muy baja	crítico	muy alta
	Caribe - Litoral	1202	Río Mulatos y otros directos al Caribe	baja	crítico	muy alta
		1203	Río San Juan	baja	muy alto	alta
		1204	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	alta	crítico	muy alta
		1205	Directos Caribe golfo de Morrosquillo	baja	alto	alta
		1206	Arroyos directos al Caribe	alta	crítico	muy alta
	Catatumbo	1601	Río Pamplonita	baja	crítico	muy alta
		1602	Río Zulia	baja	crítico	muy alta
		1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	moderada	alto	alta
	Sinú	1303	Bajo Sinú	alta	crítico	muy alta

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Nombre área hidrográfica	Nombre zona hidrográfica	Código SZH	Nombre subzona hidrográfica	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	Índice del uso del agua (IUA) para condiciones de año seco	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)) para condiciones de año seco
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	2104	Ríos directos al Magdalena (margen izquierdo)	alta	crítico	muy alta
		2106	Ríos directos Magdalena (margen derecho)	moderada	crítico	muy alta
		2108	Río Yaguará y río Iquira	baja	crítico	muy alta
		2109	Juncal y otros ríos directos al Magdalena	alta	crítico	muy alta
		2110	Río Neiva	alta	crítico	muy alta
		2111	Río Fortalecillas y otros	alta	crítico	muy alta
		2113	Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena	baja	muy alto	alta
		2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz	moderada	muy alto	alta
		2116	Río Prado	moderada	muy alto	alta
		2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	moderada	crítico	muy alta
		2119	Río Sumapaz	baja	muy alto	alta
		2120	Río Bogotá	moderada	crítico	muy alta
		2122	Río Opía	moderada	crítico	muy alta
		2123	Río Seco y otros directos al Magdalena	muy baja	muy alto	muy alta
		2124	Río Totare	alta	crítico	muy alta
	2125	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	moderada	muy alto	alta	
	Bajo Magdalena	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	alta	crítico	muy alta
		2903	Canal del Dique margen derecho	alta	crítico	muy alta
		2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura	alta	crítico	muy alta
		2905	Canal del Dique margen izquierda	alta	crítico	muy alta
		2906	Ciénaga Grande de Santa Marta	moderada	muy alto	alta
		2909	Ciénaga Mallorquín	alta	crítico	muy alta

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre área hidrográfica	Nombre zona hidrográfica	Código SZH	Nombre subzona hidrográfica	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	Índice del uso del agua (IUA) para condiciones de año seco	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) para condiciones de año seco
	Cauca	2604	Río Palo	moderada	muy alto	alta
		2606	Río Ovejas	moderada	alto	alta
		2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)	moderada	crítico	muy alta
		2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaverál	baja	alto	alta
		2609	Ríos Amaime y Cerrito	moderada	crítico	muy alta
		2611	Río Frío	moderada	crítico	muy alta
		2612	Río La Vieja	moderada	alto	alta
		2613	Río Otún y otros directos al Cauca	moderada	alto	alta
		2615	Río Chinchiná	moderada	muy alto	alta
		2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	moderada	alto	alta
		2622	Río Desbaratado	moderada	crítico	muy alta
		2627	Río Piendamó	moderada	crítico	muy alta
		2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	baja	crítico	muy alta
		2629	Ríos Claro y Jamundí	moderada	alto	alta
		2630	Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo	moderada	crítico	muy alta
		2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco	moderada	crítico	muy alta
		2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso	moderada	crítico	muy alta
		2633	Ríos Guadalajara y San Pedro	moderada	crítico	muy alta
		2634	Río Cali	moderada	muy alto	alta
		2635	Río Bugalagrande	moderada	alto	alta
		2636	Río Paila	moderada	crítico	muy alta
		2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	moderada	muy alto	alta
		Cesar	2801	Alto Cesar	baja	muy alto
	2802		Medio Cesar	baja	crítico	muy alta
	2804		Río Ariguaní	baja	crítico	muy alta
	2805		Bajo Cesar	baja	alto	alta

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Nombre área hidrográfica	Nombre zona hidrográfica	Código SZH	Nombre subzona hidrográfica	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	Índice del uso del agua (IUA) para condiciones de año seco	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) para condiciones de año seco	
Medio Magdalena	Medio Magdalena	2304	Directos Magdalena entre ríos Guarínó y La Miel	moderada	alto	alta	
		2306	Río Negro	moderada	alto	alta	
		2311	Directos al Magdalena Medio entre Ríos Negro y Carare (margen derecha)	moderada	alto	alta	
		2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	moderada	alto	alta	
		2321	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena	moderada	alto	alta	
	Saldaña	2206	Río Tetuán río Ortega	moderada	alto	alta	
		2208	Bajo Saldaña	alta	crítico	muy alta	
	Sogamoso	2401	Río Suárez	moderada	alto	alta	
		2403	Río Chicamocha	moderada	crítico	muy alta	
		2405	Río Sogamoso	alta	crítico	muy alta	
	Orinoco	Arauca	3701	Río Chítaga	moderada	alto	alta
		Meta	3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	moderada	alto	alta
			3503	Río Guatiquía	baja	alto	alta
3506			Río Guavio	baja	alto	alta	
3507			Río Garagoa	baja	crítico	muy alta	
3516			Lago de Tota	baja	muy alto	alta	
3521			Río Cravo Sur	baja	moderada	alta	
3527			Directos al río Meta entre ríos Humea y Upia (margen izquierdo)	baja	moderada	alta	
Pacífico	Patía	5202	Río Guachicón	moderada	alto	alta	
		5204	Río Juananbú	moderada	alto	alta	

Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2019a).

En el ENA 2018 (Ideam, 2019a) se hace una priorización de cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento hídrico, identificando 391 municipios en esta condición. Con el objetivo de identificar el posible efecto sobre esta susceptibilidad como resultado de la priorización de acciones para potencializar el uso de agua lluvia en las 84 subzonas hidrográficas se procedió a analizar la localización de los municipios respecto de estas subzonas hidrográficas. Sin embargo, y teniendo en cuenta que los límites geográficos de la división político-administrativa a nivel municipal y las subzonas no son coincidentes, y un municipio puede estar parcial o totalmente dentro de una o varias subzonas

hidrográficas, se estableció que el municipio tiene el potencial de beneficiarse de la priorización de acciones en estas áreas cuando al menos el 50% del área municipal se localiza al interior de estas áreas. Sin embargo, en cuanto mayor sea el porcentaje del área, es más claro el potencial beneficio que puede obtenerse de la implementación de acciones. De este análisis se establece que 268 municipios con susceptibilidad al desabastecimiento tienen el potencial de verse beneficiados por la priorización de acciones en las subzonas hidrográficas con estrés hídrico. En la Tabla 3-8 se presenta cada municipio con el porcentaje de su área municipal dentro de las subzonas hidrográficas con estrés hídrico; su distribución departamental es así: Atlántico: 3, Bolívar: 18, Boyacá: 35, Caldas: 5, Cauca: 7, Cesar: 22, Córdoba: 3, Cundinamarca: 41, Huila: 4, La Guajira: 15, Magdalena: 12, Nariño: 3, Norte de Santander: 6, Quindío: 7, Risaralda: 1, Santander: 39, Sucre: 5, Tolima: 24, Valle del Cauca: 18.

Tabla 3-8. Municipios beneficiados de la priorización de acciones en las zonas de estrés hídrico

Departamento	Número Dane	Municipio	Porcentaje del Área Municipal dentro de las subzonas hidrográficas con estrés hídrico (%)
Atlántico	8421	Luruaco	100.00%
	8573	Puerto Colombia	99.85%
	8770	Suan	94.75%
Bolívar	13052	Arjona	100.00%
	13062	Arroyo Hondo	100.00%
	13140	Calamar	97.43%
	13222	Clemencia	100.00%
	13244	El Carmen de Bolívar	73.95%
	13248	El Guamo	98.91%
	13433	Mahates	100.00%
	13620	San Cristóbal	100.00%
	13647	San Estanislao	100.00%
	13654	San Jacinto	100.00%
	13657	San Juan Nepomuceno	100.00%
	13673	Santa Catalina	99.57%
	13683	Santa Rosa	100.00%
	13760	Soplaviento	100.00%
	13836	Turbaco	100.00%
	13838	Turbaná	99.64%
	13873	Villanueva	100.00%
	13894	Zambrano	71.62%
Boyacá	15131	Caldas	95.11%
	15172	Chinavita	91.17%
	15176	Chiquinquirá	82.46%
	15189	Ciénega	97.80%
	15215	Corrales	100.00%
	15218	Covarachía	100.00%
	15224	Cucaita	100.00%
	15238	Duitama	73.39%
	15272	Firavitoba	100.00%
	15293	Gachantivá	100.00%
	15317	Guacamayas	100.00%

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Departamento	Número Dane	Municipio	Porcentaje del Área Municipal dentro de las subzonas hidrográficas con estrés hídrico (%)
	15322	Guateque	100.00%
	15368	Jericó	100.00%
	15407	Villa de Leyva	100.00%
	15469	Moniquirá	100.00%
	15476	Motavita	100.00%
	15500	Oicatá	100.00%
	15542	Pesca	62.89%
	15632	Saboyá	92.96%
	15646	Samacá	100.00%
	15686	Santana	100.00%
	15693	Santa Rosa de Viterbo	79.03%
	15696	Santa Sofía	100.00%
	15759	Sogamoso	80.55%
	15762	Sora	100.00%
	15764	Oicatá	100.00%
	15776	Sutamarchán	100.00%
	15778	Sutatenza	100.00%
	15798	Tenza	100.00%
	15806	Tibasosa	100.00%
	15808	Tinjacá	100.00%
	15810	Tipacoque	100.00%
	15814	Toca	100.00%
	15837	Tuta	100.00%
	15879	Viracachá	99.39%
Caldas	17380	La Dorada	87.86%
	17388	La Merced	99.40%
	17486	Neira	99.61%
	17653	Salamina	73.61%
	17873	Villamaría	99.77%
Cauca	19100	Bolívar	99.63%
	19137	Caldono	100.00%
	19212	Corinto	99.95%
	19290	Florencia	88.68%
	19548	Piendamó	100.00%
	19573	Puerto Tejada	100.00%
	19785	Sucre	100.00%
Cesar	20001	Valledupar	100.00%
	20011	Aguachica	100.00%
	20013	Agustín Codazzi	99.93%
	20032	Astrea	88.91%
	20045	Becerril	99.36%
	20060	Bosconia	100.00%
	20175	Chimichagua	98.74%
	20178	Chiriguaná	99.99%
	20228	Curumaní	99.72%
	20238	El Copey	100.00%

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Departamento	Número Dane	Municipio	Porcentaje del Área Municipal dentro de las subzonas hidrográficas con estrés hídrico (%)
Cesar	20250	El Paso	100.00%
	20310	Gonzáles	100.00%
	20383	La Gloria	99.00%
	20400	La Jagua de Ibirico	99.85%
	20517	Pailitas	99.68%
	20550	Pelaya	99.99%
	20614	Río de Oro	100.00%
	20621	La Paz	100.00%
	20710	San Alberto	100.00%
	20750	San Diego	100.00%
	20770	San Martín	100.00%
	20787	Tamalameque	99.56%
Córdoba	23090	Canalete	100.00%
	23500	Moñitos	99.42%
	23686	San Pelayo	100.00%
Cundinamarca	25001	Agua de Dios	100.00%
	25035	Anapoima	100.00%
	25095	Bituima	100.00%
	25120	Cabrera	99.57%
	25148	Caparrapí	100.00%
	25154	Carmen de Carupa	73.08%
	25168	Chaguaní	100.00%
	25183	Chocontá	100.00%
	25245	El Colegio	100.00%
	25258	El Peñón	100.00%
	25293	Gachalá	99.83%
	25297	Gachetá	100.00%
	25312	Granada	100.00%
	25320	Guaduas	91.16%
	25326	Guatavita	100.00%
	25368	Jerusalén	100.00%
	25372	Junín	99.97%
	25386	La Mesa	100.00%
	25398	La Peña	100.00%
	25486	Nemocón	100.00%
	25489	Nimaima	100.00%
	25491	Nocaima	100.00%
	25524	Pandi	100.00%
	25530	Paratebueno	52.05%
	25580	Pulí	100.00%
	25592	Quebradanegra	100.00%
	25649	San Bernardo	99.96%
	25662	San Juan de Rioseco	100.00%
25743	Silvania	100.00%	
25745	Simijaca	97.60%	
25769	Subachoque	100.00%	

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Departamento	Número Dane	Municipio	Porcentaje del Área Municipal dentro de las subzonas hidrográficas con estrés hídrico (%)
Cundinamarca	25779	Susa	100.00%
	25793	Tausa	83.13%
	25805	Tibacuy	100.00%
	25807	Tibirita	100.00%
	25823	Topaipí	58.22%
	25839	Ubalá	98.00%
	25867	Vianí	100.00%
	25878	Viotá	100.00%
	25885	Yacopí	85.01%
Huila	25898	Zipacón	100.00%
	41013	Agrado	99.78%
	41357	Iquira	72.90%
	41797	Tesalia	53.14%
La Guajira	41872	Villavieja	65.55%
	44001	Riohacha	99.98%
	44035	Albania	100.00%
	44078	Barrancas	99.98%
	44090	Dibulla	99.94%
	44098	Distracción	100.00%
	44110	El Molino	99.96%
	44279	Fonseca	99.92%
	44378	Hatonuevo	100.00%
	44420	La Jagua del Pilar	99.90%
	44430	Maicao	99.93%
	44560	Manaure	99.95%
	44650	San Juan del Cesar	100.00%
	44847	Uribia	99.77%
Magdalena	44855	Urumita	99.72%
	44874	Villanueva	99.91%
	47030	Algarrobo	100.00%
	47058	Ariguani	75.19%
	47189	Ciénaga	99.45%
	47258	El Piñón	54.42%
	47268	El Retén	100.00%
	47551	Pivijay	77.16%
	47570	Puebloviejo	99.98%
	47605	Remolino	100.00%
	47660	Sabanas de San Ángel	53.75%
Nariño	47675	Salamina	100.00%
	47745	Sitionuevo	99.85%
	47980	Zona Bananera	100.00%
Norte de Santander	52051	Arboleda	100.00%
	52260	El Tambo	58.88%
	52687	San Lorenzo	50.37%
	54239	Durania	100.00%
	54347	Herrán	99.79%
Norte de Santander	54385	La Esperanza	100.00%
	54405	Los Patios	100.00%
	54498	Ocaña	100.00%
	54553	Puerto Santander	97.62%

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Departamento	Número Dane	Municipio	Porcentaje del Área Municipal dentro de las subzonas hidrográficas con estrés hídrico (%)
Quindío	63001	Armenia	100.00%
	63190	Circasia	100.00%
	63272	Finlandia	100.00%
	63401	La Tebaida	100.00%
	63470	Montenegro	100.00%
	63594	Quimbaya	100.00%
	63690	Salento	99.77%
Risaralda	66075	Balboa	68.64%
Santander	68001	Bucaramanga	100.00%
	68013	Aguada	94.45%
	68051	Aratoca	99.83%
	68079	Barichara	94.76%
	68092	Betulia	100.00%
	68121	Cabrera	81.81%
	68132	California	100.00%
	68152	Carcasi	99.97%
	68169	Charta	100.00%
	68176	Chima	99.41%
	68209	Confines	97.15%
	68245	El Guacamayo	61.64%
	68255	El Playón	100.00%
	68266	Enciso	100.00%
	68276	Floridablanca	100.00%
	68296	Galán	100.00%
	68298	Gámbita	100.00%
	68307	Girón	100.00%
	68318	Guaca	100.00%
	68320	Guadalupe	100.00%
	68324	Guavatá	100.00%
	68406	Lebrija	100.00%
	68418	Los Santos	100.00%
	68425	Macaravita	100.00%
	68432	Málaga	100.00%
	68444	Matanza	100.00%
	68500	Oiba	92.79%
	68524	Palmas del Socorro	100.00%
	68547	Piedecuesta	100.00%
	68572	Puente Nacional	100.00%
	68615	Rionegro	100.00%
	68655	Sabana de Torres	100.00%
	68673	San Benito	100.00%
	68755	Socorro	73.08%
68770	Suaita	100.00%	
68780	Suratá	100.00%	
68820	Tona	100.00%	
68867	Vetas	100.00%	
68872	Villanueva	96.21%	

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Departamento	Número Dane	Municipio	Porcentaje del Área Municipal dentro de las subzonas hidrográficas con estrés hídrico (%)
Sucre	70001	Sincelejo	67.67%
	70204	Coloso	100.00%
	70221	Coveñas	99.90%
	70230	Chalán	99.94%
	70523	Palmito	100.00%
Tolima	73026	Alvarado	100.00%
	73030	Ambalema	100.00%
	73055	Armero Guayabal	100.00%
	73148	Carmen de Apicalá	100.00%
	73200	Coello	60.29%
	73217	Coyaima	100.00%
	73226	Cunday	100.00%
	73236	Dolores	63.24%
	73268	Espinal	89.58%
	73275	Flandes	91.93%
	73319	Guamo	99.70%
	73349	Honda	66.10%
	73408	Lérida	100.00%
	73449	Melgar	100.00%
	73483	Natagaima	99.89%
	73504	Ortega	77.43%
	73547	Piedras	97.53%
	73563	Prado	100.00%
	73585	Purificación	100.00%
	73671	Saldaña	100.00%
	73770	Suárez	100.00%
	73854	Valle de San Juan	68.96%
73861	Venadillo	100.00%	
73873	Villarrica	99.98%	
Valle del Cauca	76041	Ansermanuevo	99.55%
	76130	Candelaria	100.00%
	76248	El Cerrito	99.96%
	76306	Ginebra	99.99%
	76318	Guacarí	100.00%
	76364	Jamundí	80.04%
	76400	La Unión	92.37%
	76403	La Victoria	100.00%
	76497	Obando	100.00%
	76616	Riofrío	98.85%
	76622	Roldanillo	72.14%
	76670	San Pedro	68.24%
	76736	Sevilla	99.84%
	76823	Toro	99.14%
	76845	Ulloa	100.00%
	76890	Yotoco	87.72%
	76892	Yumbo	99.55%
	76895	Zarzal	100.00%

Fuente: elaborado a partir del análisis descrito y la información de (Ideam, 2019a).

3.2.3. Identificación de los principales usuarios del agua en las zonas con estrés hídrico

Teniendo en cuenta la unidad de análisis definida inicialmente, a continuación, se presenta una caracterización de los principales usuarios del agua en las 84 subzonas hidrográficas identificadas en situación de evidente estrés hídrico. Lo anterior, con base en la información de demanda sectorial del ENA 2018 (Ideam, 2019a). Para cada subzona se identificaron los tres principales usuarios del agua, respecto a la demanda total de la subzona hidrográfica.

En Las tablas 4-9 y 4-10 se presenta un resumen del uso principal y el uso secundario respecto a la demanda en cada subzona hidrográfica. Cabe destacar que los usos agrícola y generación de energía son los usos principales en el 86.9% de las subzonas hidrográficas del análisis, en tanto los usos agrícola, consumo humano, piscicultura y pecuario son los usos secundarios en el 83.34% de las subzonas hidrográficas del análisis.

Tabla 3-9. Resumen uso principal en las subzonas hidrográficas en situación de evidente estrés hídrico

Uso principal	Número de Subzonas hidrográficas	Porcentaje respecto al total de subzonas (%)
Agrícola	58	69.0%
Generación de energía	15	17.9%
Piscicultura	5	6.0%
Consumo humano	3	3.6%
Pecuario	2	2.4%
Servicios	1	1.2%
Total	84	100.0%

Tabla 3-10. Resumen uso secundario en las subzonas hidrográficas en situación de evidente estrés hídrico

Uso secundario	Número de Subzonas hidrográficas	Porcentaje respecto al total de subzonas (%)
Agrícola	18	21.43%
Consumo humano	20	23.81%
Piscicultura	18	21.43%
Pecuario	14	16.67%
Generación de energía	4	4.76%
Industria	4	4.76%
Minería	3	3.57%
Hidrocarburos	2	2.38%
Servicios	1	1.19%
Total	84	100.0%

En la tabla 4-11 se presentan los tres principales usos de cada subzona hidrográfica y su participación porcentual en la demanda total de la misma. Además, para el consumo humano, se presenta la participación porcentual a nivel rural y urbano. Esta información, permitirá priorizar las alternativas de uso y manejo de aguas lluvias en cada subzona hidrográfica de acuerdo con su caracterización de usos y según lo que se presenta en el capítulo 5 *Alternativas de uso y gestión del agua lluvia*.

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Tabla 3-11. Usos para cada subzona hidrográfica en situación de evidente estrés hídrico

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Caribe	1202	Río Mulatos y otros directos al Caribe	Agrícola	77.03%	Pecuario	16.36%	Consumo humano (54.01% rural, 45.99% urbano)	5.87%
	1203	Río San Juan	Agrícola	88.16%	Consumo Humano (85.26% Rural, 14.74% Urbano)	6.17%	Pecuario	5.59%
	1204	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	Agrícola	90.13%	Pecuario	5.58%	Consumo humano (73.36% rural, 26.64% urbano)	4.11%
	1205	Directos Caribe golfo de Morrosquillo	Agrícola	80.42%	Piscicultura	8.01%	Pecuario	5.65%
	1206	Arroyos directos al Caribe	Agrícola	60.17%	Generación de energía	15.78%	Consumo humano (8.04% rural, 91.96% urbano)	10.32%
	1303	Bajo Sinú	Agrícola	67.02%	Pecuario	14.91%	Consumo humano (36.28% rural, 63.72% urbano)	9.83%
	1501	Río Piedras - río Manzanares	Agrícola	79.99%	Consumo humano (1.29% rural, 98.71% urbano)	9.61%	Pecuario	6.94%
	1503	Río Ancho y otros directos al Caribe	Generación de energía	81.98%	Agrícola	15.43%	Consumo humano (82.79% rural, 17.21% urbano)	1.26%
	1504	Río Tapias	Agrícola	98.48%	Consumo humano (100.00% rural, 0.00% urbano)	1.51%	Pecuario	0.01%

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Caribe	1505	Río Camarones y otros directos Caribe	Agrícola	97.61%	Consumo humano (100.00% rural, 0.00% urbano)	2.38%	Pecuario	0.01%
	1506	Río Ranchería	Agrícola	58.32%	Minería	14.20%	Consumo humano (29.80% rural, 70.20% urbano)	13.48%
	1507	Directos Caribe - Arroyo. Sharimahana Alta Guajira	Consumo Humano	85.94% (68.9% Rural, 31.1% Urbano)	Agrícola	9.90%	Pecuario	4.14%
	1508	Río Carraipia - Paraguachón, directos al golfo Maracaibo	Agrícola	47.46%	Consumo humano (63.87% rural, 36.13% urbano)	39.90%	Pecuario	12.01%
	1601	Río Pamplonita	Piscicultura	48.24%	Agrícola	22.16%	Consumo humano (3.71% rural, 96.29% urbano)	20.46%
	1602	Río Zulia	Generación de energía	55.02%	Agrícola	25.59%	Piscicultura	16.72%
	1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Agrícola	76.24%	Consumo humano (22.26% rural, 77.74% urbano)	11.27%	Pecuario	10.39%
Magdalena Cauca	2104	Ríos directos al Magdalena (margen izquierdo)	Gen. Energía	93.05%	Agrícola	5.55%	Consumo humano (67.31% rural, 32.69% urbano)	0.62%
	2106	Ríos directos Magdalena (margen derecho)	Generación de energía	72.82%	Piscicultura	18.32%	Agrícola	7.27%
	2108	Río Yaguará y Río Iquira	Generación de energía	90.97%	Agrícola	7.02%	Piscicultura	1.25%
	2109	Juncal y otros ríos directos al Magdalena	Agrícola	98.57%	Consumo humano (100.00% rural, 0.00% urbano)	1.01%	Pecuario	0.41%

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Magdalena Cauca	2110	Río Neiva	Agrícola	95.10%	Consumo humano (30.15% rural, 69.85% urbano)	2.30%	Pecuario	1.47%
	2111	Río Fortalecillas y otros	Agrícola	54.16%	Piscicultura	28.76%	Consumo humano (8.56% rural, 91.44% urbano)	6.73%
	2113	Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena	Agrícola	61.14%	Piscicultura	34.26%	Hidrocarburos	1.79%
	2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz	Agrícola	91.82%	Piscicultura	4.73%	Pecuario	2.13%
	2116	Río Prado	Generación de energía	65.85%	Agrícola	30.22%	Piscicultura	1.66%
	2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	Agrícola	87.92%	Piscicultura	6.12%	Servicios	2.77%
	2119	Río Sumapaz	Agrícola	44.39%	Piscicultura	16.70%	Pecuario	16.32%
	2120	Río Bogotá	Generación de energía	25.27%	Consumo humano (6.87% rural, 93.13% urbano)	21.46%	Pecuario	18.35%
	2122	Río Opía	Agrícola	98.20%	Generación de energía	1.00%	Consumo humano (100.00% rural, 0.00% Urbano)	0.66%
	2123	Río Seco y otros directos al Magdalena	Agrícola	83.64%	Consumo humano (19.43% rural, 80.57% urbano)	8.83%	Pecuario	4.04%
	2124	Río Totare	Piscicultura	48.92%	Agrícola	30.00%	Consumo humano (5.20% rural, 94.80% urbano)	12.24%

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Magdalena Cauca	2125	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Agrícola	59.38%	Piscicultura	33.43%	Pecuario	2.99%
	2206	Río Tetuán río Ortega	Agrícola	64.57%	Piscicultura	14.54%	Pecuario	10.61%
	2208	Bajo Saldaña	Agrícola	83.66%	Piscicultura	10.25%	Pecuario	3.39%
	2304	Directos Magdalena entre ríos Guarinó y La Miel	Pecuario	49.07%	Agrícola	37.15%	Generación de energía	6.62%
	2306	Río Negro	Agrícola	51.21%	Piscicultura	18.93%	Servicios	12.10%
	2311	Directos al Magdalena Medio entre Ríos Negro y Carare (margen derecha)	Generación de energía	62.11%	Hidrocarburos	16.72%	Agrícola	12.18%
	2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	Agrícola	53.66%	Pecuario	13.49%	Consumo humano (11.37% rural, 88.63% urbano)	9.84%
	2321	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena	Agrícola	78.66%	Pecuario	13.58%	Consumo humano (24.97% rural, 75.03% urbano)	7.02%
	2401	Río Suárez	Agrícola	43.74%	Piscicultura	28.33%	Pecuario	13.20%
	2403	Río Chicamocha	Agrícola	40.65%	Generación de energía	35.96%	Piscicultura	5.75%
	2405	Río Sogamoso	Generación de energía	84.88%	Agrícola	12.98%	Pecuario	1.53%
	2604	Río Palo	Agrícola	51.74%	Piscicultura	16.41%	Servicios	14.38%
	2606	Río Ovejas	Agrícola	69.36%	Piscicultura	14.55%	Consumo humano (79.05% rural, 20.95% urbano)	13.45%
	2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)	Agrícola	50.19%	Generación de energía	36.52%	Consumo humano (46.34% rural, 53.66% urbano)	4.46%

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Magdalena Cauca	2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaverál	Agrícola	52.64%	Industria	20.05%	Pecuario	11.25%
	2609	Ríos Amaime y Cerrito	Agrícola	66.85%	Industria	19.40%	Consumo humano (19.08% rural, 80.92% urbano)	8.40%
	2611	Río Frío	Agrícola	95.13%	Pecuario	1.68%	Consumo humano (53.86% rural, 46.14% urbano)	1.44%
	2612	Río La Vieja	Agrícola	43.27%	Consumo humano (11.00% rural, 89.00% urbano)	24.30%	Pecuario	18.94%
	2613	Río Otún y otros directos al Cauca	Piscicultura	44.76%	Consumo humano (26.23% rural, 73.77% urbano)	17.87%	Agrícola	16.80%
	2615	Río Chinchiná	Consumo humano (9.05% rural, 90.92% urbano)	47.43%	Pecuario	16.50%	Agrícola	11.71%
	2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	Agrícola	53.97%	Pecuario	18.78%	Consumo humano (42.69% rural, 57.31% urbano)	12.46%
	2622	Río Desbaratado	Agrícola	92.52%	Consumo humano (100.00% rural, 0.00% urbano)	5.79%	Pecuario	1.69%
	2627	Río Piendamó	Generación de energía	95.71%	Agrícola	2.58%	Consumo humano (78.67% rural, 21.33% urbano)	0.87%

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Magdalena Cauca	2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	Agrícola	64.04%	Industria	16.09%	Piscicultura	5.95%
	2629	Ríos Claro y Jamundí	Agrícola	60.28%	Consumo humano (31.14% rural, 68.86% urbano)	22.26%	Pecuario	9.74%
	2630	Ríos Lili, Meléndez y Canaveralejo	Consumo humano (0.54% rural, 99.46% urbano)	52.41%	Pecuario	32.54%	Servicios	8.04%
	2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco	Agrícola	58.09%	Industria	31.07%	Consumo humano (18.23% rural, 81.77% urbano)	4.50%
	2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso	Agrícola	47.46%	Piscicultura	45.81%	Industria	2.76%
	2633	Ríos Guadalajara y San Pedro	Agrícola	61.75%	Pecuario	24.52%	Consumo humano (11.62% rural, 88.38% urbano)	6.63%
	2634	Ríos Cali	Agrícola	93.20%	Consumo humano (100.00% rural, 0.00% urbano)	6.15%	Pecuario	0.65%
	2635	Río Bugalagrande	Agrícola	90.13%	Consumo humano (60.65% rural, 39.35% urbano)	4.54%	Pecuario	3.09%
	2636	Río Paila	Agrícola	93.66%	Consumo Humano (35.47% Rural, 64.53% Urbano)	4.16%	Pecuario	1.94%
	2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	Agrícola	56.34%	Pecuario	18.47%	Industria	14.05%

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Magdalena Cauca	2801	Alto Cesar	Agrícola	70.47%	Pecuario	14.42%	Consumo humano (47.66% rural, 52.34% urbano)	8.56%
	2802	Medio Cesar	Agrícola	73.42%	Minería	12.84%	Pecuario	6.70%
	2804	Río Ariguaní	Agrícola	88.99%	Pecuario	7.37%	Consumo humano (39.91% rural, 60.09% urbano)	3.35%
	2805	Bajo Cesar	Agrícola	60.27%	Minería	29.05%	Pecuario	6.47%
	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	Agrícola	94.85%	Piscicultura	1.84%	Pecuario	1.64%
	2903	Canal del Dique margen derecho	Agrícola	89.21%	Pecuario	3.97%	Consumo humano (16.19% rural, 83.81% urbano)	3.46%
	2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura	Gen. Energía	60.11%	Agrícola	20.07%	Consumo humano (2.21% rural, 97.79% urbano)	10.81%
	2905	Canal del Dique margen izquierda	Agrícola	92.69%	Piscicultura	3.62%	Consumo humano (51.94% rural, 48.06% urbano)	2.26%
	2906	Ciénaga Grande de Santa Marta	Agrícola	91.78%	Consumo humano (56.05% rural, 43.95% urbano)	4.92%	Pecuario	2.92%
2909	Ciénaga Mallorquín	Pecuario	59.78%	Agrícola	34.61%	Consumo humano (28.48% rural, 71.52% urbano)	2.87%	
Orinoco	3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	Piscicultura	39.22%	Hidrocarburos	30.60%	Agrícola	19.54%
	3503	Río Guatiquía	Generación de energía	40.50%	Piscicultura	35.19%	Pecuario	7.28%
	3506	Río Guavio	Generación de energía	96.92%	Agrícola	1.06%	Pecuario	0.83%

Nombre Área Hidrográfica	Código Subzona hidrográfica	Nombre de la Subzona hidrográfica	Uso 1	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 1)	Uso 2	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 2)	Uso 3	% Demanda Total de la Subzona hidrográfica (uso 3)
Orinoco	3507	Río Garagoa	Generación de energía	76.40%	Agrícola	13.28%	Piscicultura	5.59%
	3516	Lago de Tota	Servicios	66.18%	Agrícola	16.81%	Consumo humano (40.16% rural, 59.84% urbano)	9.14%
	3521	Río Cravo Sur	Generación de energía	37.07%	Agrícola	31.22%	Hidrocarburos	13.64%
	3527	Directos al río Meta entre ríos Humea y Upia (margen izquierda)	Agrícola	73.86%	Servicios	13.85%	Hidrocarburos	9.41%
	3701	Río Chitaga	Piscicultura	76.65%	Agrícola	16.81%	Pecuario	4.31%
Pacífico	5202	Río Guachicono	Agrícola	81.76%	Consumo humano (82.63% rural, 17.37% urbano)	6.93%	Piscicultura	5.81%
	5204	Río Juananbú	Agrícola	35.59%	Consumo humano (28.40% rural, 71.60% urbano)	34.04%	Pecuario	21.28%

3.2.3.1. Registro de Usuarios del Recurso Hídrico

Es importante mencionar que el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH), con corte a julio de 2020, reporta 40 concesiones de agua lluvia con un caudal total de 259 L/s en jurisdicción de las siguientes autoridades ambientales: Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique -Cardique (17 concesiones), Corporación Autónoma Regional de Boyacá -Corpoboyacá (8 concesiones), Corporación Autónoma Regional del Cesar -Corpocesar (4 concesiones), Corporación Autónoma Regional del Atlántico -CRA (10 concesiones), y Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga -CDMB (1 concesión). Lo anterior, refleja las captaciones de aguas lluvias que requieren concesión, sin que estos sean el universo que debe ser reportado por las autoridades ambientales. Por lo tanto, se establece la necesidad de fortalecer el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en relación con el agua lluvia, como una herramienta para que la autoridad ambiental pueda fortalecer el conocimiento del uso del agua dentro de cada jurisdicción y para incorporarla en los procesos de administración del recurso hídrico. Lo anterior, permitirá adicionalmente hacer seguimiento al avance en la implementación de los presentes lineamientos.

4

ELEMENTOS TÉCNICOS EN RELACIÓN CON LA OFERTA DE AGUA LLUVIA

La oferta de agua lluvia está determinada por el volumen de agua lluvia que es posible recoger en una superficie empleada para la captación. Es importante entender que la oferta de agua lluvia no es constante ni en el espacio ni en el tiempo. Por lo anterior, se resumen los principales aspectos que se presentarán en este capítulo para que los diferentes usuarios puedan conceptualizar la oferta desde el orden nacional al orden local.

En el numeral 4.1 se emplea la oferta hídrica total superficial como una herramienta que permita a los usuarios entender cómo varía la oferta a nivel nacional, en el espacio (en las diferentes subzonas hidrográficas) y en el tiempo (año seco¹., medio ²y húmedo³.), esto considerando el alcance del Estudio Nacional del Agua y la zonificación hidrográfica del país (según se establece en el numeral 3.2.1).

En el numeral 4.2 se presenta como se hace el monitoreo de agua lluvia.

En el numeral 4.3 se presentan los siguientes aspectos: cómo y quiénes monitorean la precipitación a nivel nacional y regional; cómo los usuarios acceden a la información.

En el numeral 4.4 se establece como puede un usuario monitorear el agua lluvia.

4.1 ¿Cómo varía la oferta a nivel nacional?

En el Estudio Nacional del Agua en su versión más reciente - año 2018 (Ideam, 2019a), se consolida información actual sobre el estado del recurso hídrico a partir del análisis de series históricas de variables hidrológicas y meteorológicas del período 1981 -2016.

De acuerdo con el Ideam, 2013a la oferta hídrica total (OHT) es el “volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficie del suelo que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos.” En el Estudio Nacional del Agua, la información de oferta hídrica total superficial en términos de volumen (m³) es generada a nivel de subzona hidrográfica y para condiciones de años seco, medio y húmedo.

Para facilitar la comprensión de la oferta por parte de los diferentes usuarios, la oferta hídrica total superficial en términos de volumen (m³) a nivel del área de cada subzona hidrográfica fue empleada para generar tablas (anexo 1) y figuras de rendimiento (volumen de agua evacuado por la cuenca en un intervalo de tiempo y en un área específica) en unidades que permiten una fácil interpretación por parte de los usuarios del recurso hídrico (expresado en l/día/m²). Lo anterior, para condiciones de año seco, medio y húmedo (ver Figura 4-1, Figura 4-2 y Figura 4-3).

Aunque esta información es regional, permite comprender de manera sencilla la distribución espacial y temporal de la oferta de agua a nivel de subzona hidrográfica en el país y el orden de magnitud de ésta. A manera de ejemplo, es posible establecer lo siguiente: para ilustrar la variabilidad espacial de la oferta es posible establecer para condiciones de año medio un rendimiento mínimo de 0.07 l/día/m² en la subzona hidrográfica Directos Caribe -

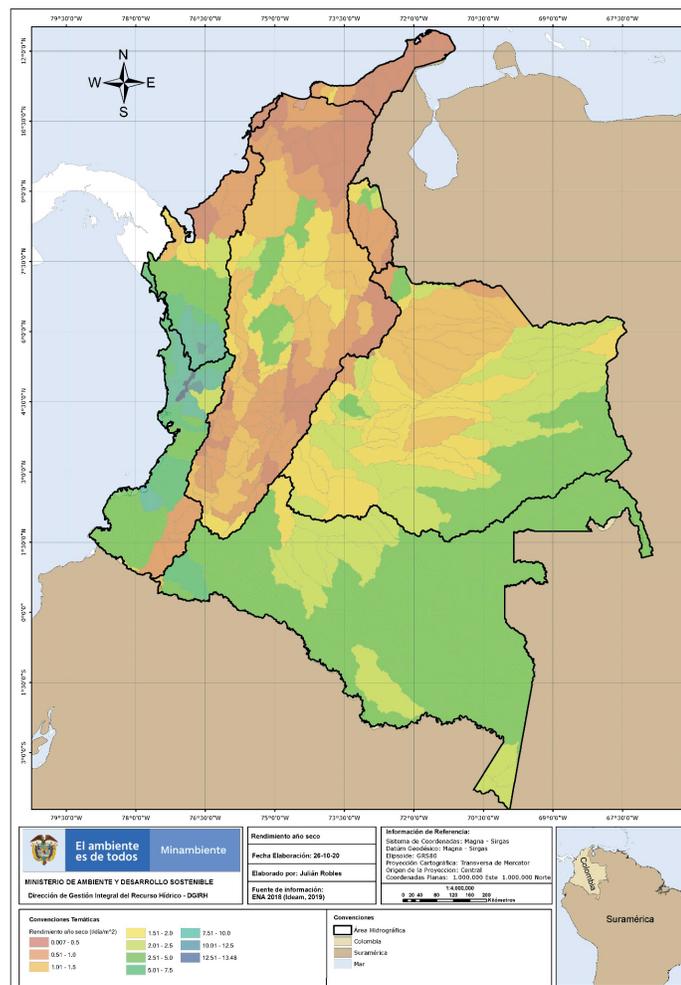
- 1 El año hidrológico seco (Ideam, 2010) se define como las condiciones hidrológicas de la serie histórica de caudales medios mensuales que correspondan a los caudales mínimos mensuales multianuales.
- 2 El año hidrológico medio (Ideam, 2010) se define como las condiciones hidrológicas correspondientes a los valores medios mensuales multianuales de la serie histórica de caudales.
- 3 El año hidrológico húmedo (Ideam, 2010) se define como las condiciones hidrológicas de la serie histórica de caudales medios mensuales que correspondan a los caudales máximos.

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Arroyo. Sharimahana Alta Guajira y un rendimiento máximo de 23.9 l/día/m² en la subzona hidrográfica río San Juan Medio; asimismo, es posible establecer una variación temporal para la subzona hidrográfica río San Juan Medio en donde se establece un rendimiento de 13.5 l/día/m², 23.9 l/día/m² y 34.5 l/día/m² para condiciones de años seco, medio y húmedo, respectivamente.

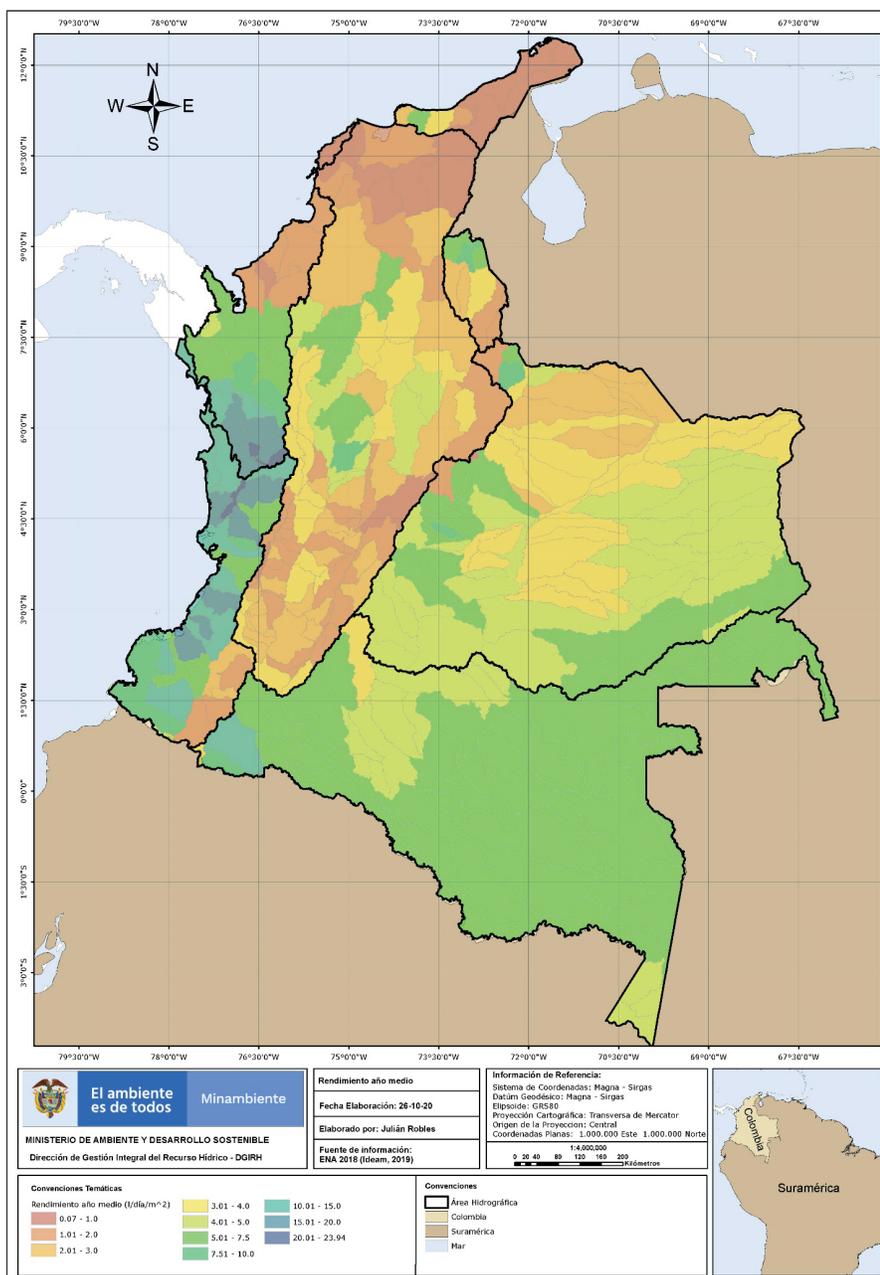
Debido a que la unidad de análisis de dicha información es la subzona hidrográfica, esta información es regional y no es útil para determinar la oferta de la precipitación en un sitio específico, para lo cual es necesario realizar monitoreo de la precipitación. Lo anterior, por la variación temporal y espacial que se presenta al interior de la misma unidad de análisis. Para el adecuado análisis de información, es preciso tener en cuenta que la definición de oferta hídrica total, debido a que ésta se estima descontando de la precipitación otros procesos como la infiltración y la evaporación.

Figura 4-1. Rendimiento año seco



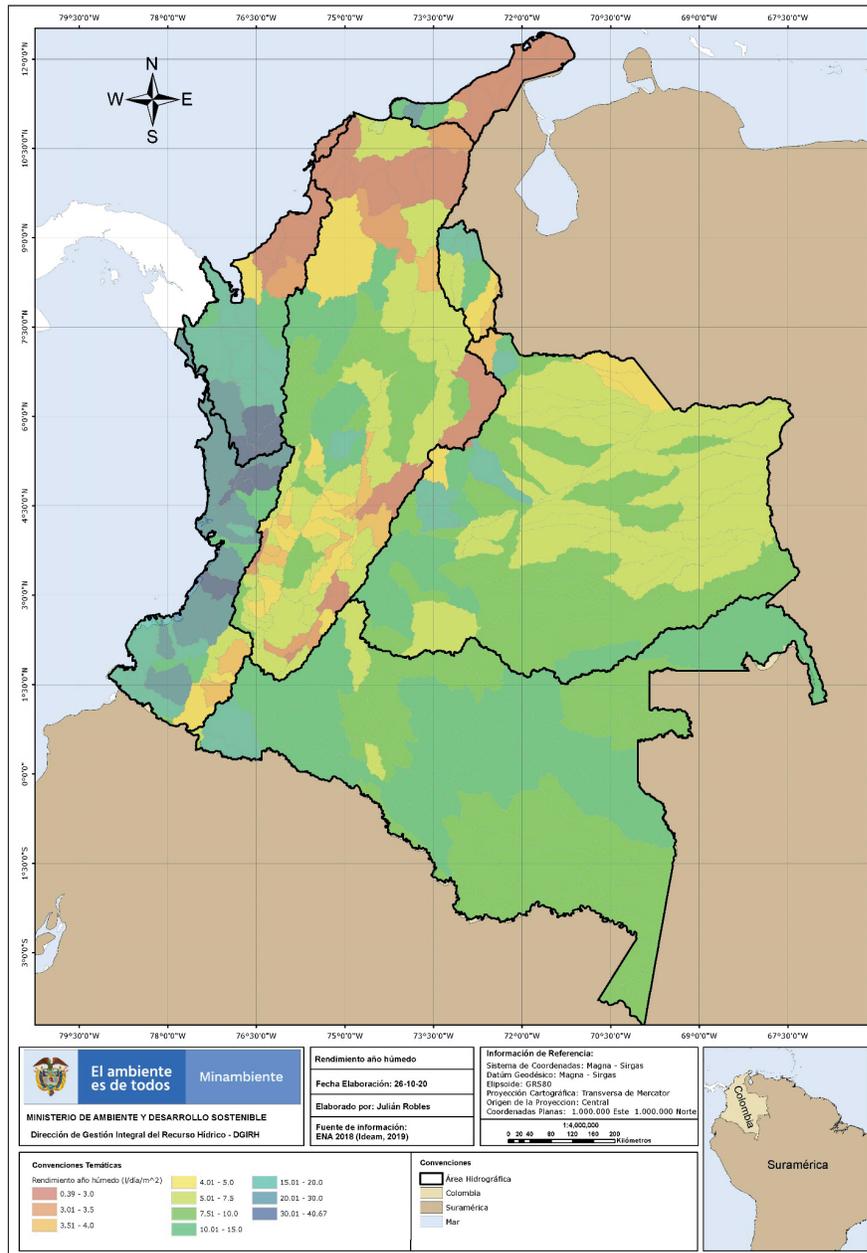
Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2019a).

Figura 4-2. Rendimiento año medio



Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2019a).

Figura 4-3. Rendimiento año húmedo



Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2019a).

4.2 ¿Cómo se hace el monitoreo de agua lluvia?

El monitoreo de la oferta de aguas lluvias se realiza empleando instrumentos de medición de la precipitación. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011) los diferentes métodos de medición de la precipitación miden “La cantidad total de precipitación que llega al suelo durante un período determinado se expresa en términos de la profundidad que alcanzaría sobre una proyección horizontal de la superficie terrestre” (p. 93) en un lugar determinado. Dicha medición se expresa normalmente en milímetros (mm.) o, lo que es lo mismo, en litros por metro cuadrado (l/m²).

Para mejorar la comprensión de la potencialidad de este recurso en relación con los datos obtenidos en la medición, se debe estimar la oferta, que resulta de multiplicar la precipitación captada en un periodo de tiempo por la superficie del área de captación. Como ejemplo, si se registra una precipitación de 1 mm, quiere decir que, que si toda el agua de la lluvia se acumulara en una superficie plana de un metro cuadrado (1 m x 1m), sin pérdidas (escurrimiento, evaporación, etc.), la altura de la lámina de agua sería de 1 mm y el volumen acumulado sería de un litro.

Por lo anterior, para conocer la oferta se requiere medir la precipitación en un espacio de tiempo y lugar específico, y conocer el área de captación en donde se recogerá el agua lluvia.

En la Tabla 4-1 se resumen los principales instrumentos de medición directa de la precipitación. Se destaca la importancia del uso de instrumentos de medición para conocer la oferta de la precipitación y su variación temporal y espacial, lo cual es de especial interés para el diseño de sistemas de uso y manejo de aguas lluvias.

Tabla 4-1. Instrumentos de medición de la precipitación

Instrumento de medición	Definición (OMM, 2011)	Variaciones del instrumento de medición	
Pluviómetro	Instrumento para medir la altura del agua de precipitación en un punto	Pluviómetros estándar	Consisten en receptáculos abiertos con lados verticales, por lo general en forma de cilindros rectos. La altura de la precipitación captada en un pluviómetro se mide por medio de una probeta o una varilla medidora graduadas. En los pluviómetros que no tienen paredes verticales, la medición se efectúa pesando o midiendo el volumen del contenido, o midiendo la profundidad con una varilla medidora o una regla especialmente graduadas.
		Pluviómetros totalizadores	Los pluviómetros totalizadores se utilizan para medir la precipitación estacional total en áreas apartadas o escasamente habitadas. Consisten en un colector situado encima de un embudo, que desemboca en un recipiente bastante amplio para captar las lluvias estacionales.

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Instrumento de medición	Definición (OMM, 2011)	Variaciones del instrumento de medición	
pluviógrafo (sin pluviómetro registrador)	Instrumento que incluye un dispositivo de registro cronológico de la altura de la precipitación	pluviógrafo de pesada	Registra de manera continua, mediante un mecanismo de resorte o un sistema de pesas, el peso del recipiente y el de la precipitación en él acumulada. De este modo, la precipitación se registra a medida que va depositándose.
		pluviógrafo de flotador	La lluvia recogida pasa a un recipiente que contiene un flotador liviano. El movimiento vertical del flotador, al subir el nivel del agua, se transmite mediante un mecanismo apropiado a la plumilla trazadora.
		pluviógrafo de cubeta basculante	Consiste en un recipiente de metal ligero, dividido en dos compartimentos, en equilibrio inestable en torno a un eje horizontal. En su posición normal, el recipiente reposa sobre uno de sus dos topes, lo que impide que se vuelque completamente. El agua de lluvia es enviada al compartimiento superior mediante un embudo colector de tipo convencional. Una vez recogida una cantidad dada de lluvia, la cubeta perderá estabilidad y basculará hacia la otra posición de reposo. Los compartimentos del recipiente están diseñados de tal modo que el agua abandona en ese momento el compartimiento inferior hasta vaciarlo. Entre tanto, el agua de lluvia seguirá cayendo en la cubeta que ocupa ahora la posición superior. El movimiento de la cubeta al volcarse acciona un relé de contacto e inscribe un registro a trazos discontinuos.
		pluviógrafo de distrómetro	Los distrómetros miden el espectro de las partículas de precipitación, ya sea midiendo la cantidad de movimiento comunicada a un transductor cuando el hidrometeoro dispara un detector, o a partir de la imagen/ reflectividad de los hidrometeoros iluminados por luz o microondas. Son pluviógrafos de intensidad para usos especiales.
		pluviógrafo acústico	Dispositivos empleados para la medición de la precipitación en lagos y mares, a partir del ruido que hacen las gotas de lluvia al chocar con la superficie del agua que puede detectarse mediante un micrófono sensible. El espectro del ruido revela la distribución del tamaño de las gotas y, por consiguiente, la cantidad de lluvia.

4.3 ¿Cómo y quienes monitorean la precipitación a nivel nacional y regional?

A nivel nacional la observación de la precipitación se realiza en redes nacionales o regionales. Estas redes conforman el Catálogo Nacional del Estaciones (CNE), del cual hacen parte estaciones que han hecho parte de la red nacional o regional a través de su historia de operación y registro de información. Actualmente la red nacional es operada y mantenida por el Ideam, en tanto las estaciones que conforman redes regionales de monitoreo, son operadas por otras entidades.

Estas redes están conformadas por estaciones de diferentes categorías (agrometeorológica, climática ordinaria, climática principal, pluviográfica, entre otras), algunas de las cuales cuentan con instrumentos de medición de la precipitación. En las definiciones del Catálogo Nacional de Estaciones (Ideam, 2019b), se establecen las categorías de las estaciones, a partir de lo cual es posible identificar cuáles estaciones hacen observación de la precipitación o el tipo de instrumento de medición de la precipitación de cada tipo de estación.

Actualmente, la red nacional del Ideam cuenta con 1770 estaciones activas para la observación de la precipitación (ver Tabla 4-2). La densidad y distribución espacial de las estaciones se puede observar en la Figura 4-4.

Tabla 4-2. Estaciones para el monitoreo de la precipitación - Ideam

Categoría	Estado	Número de estaciones
Climática ordinaria	Activa	250
	En mantenimiento	5
	Suspendida	252
	Total	507
Climática principal	Activa	264
	En mantenimiento	1
	Suspendida	86
	Total	351
Pluviográfica	Activa	108
	Suspendida	85
	Total	193
Pluviométrica	Activa	1113
	Suspendida	589
	Total	1702
Sinóptica principal	Activa	31
	En mantenimiento	1
	Suspendida	3
	Total	35
Sinóptica secundaria	Activa	4
	Suspendida	7
	Total	11
Total activas		1770

Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2021a).

Las redes regionales, que son operadas por otras entidades, cuentan con 1793 estaciones activas (ver Tabla 4-3). La densidad y distribución espacial de las estaciones se puede observar en la Figura 4-5.

Tabla 4-3. Estaciones para el monitoreo de la precipitación – Otras entidades

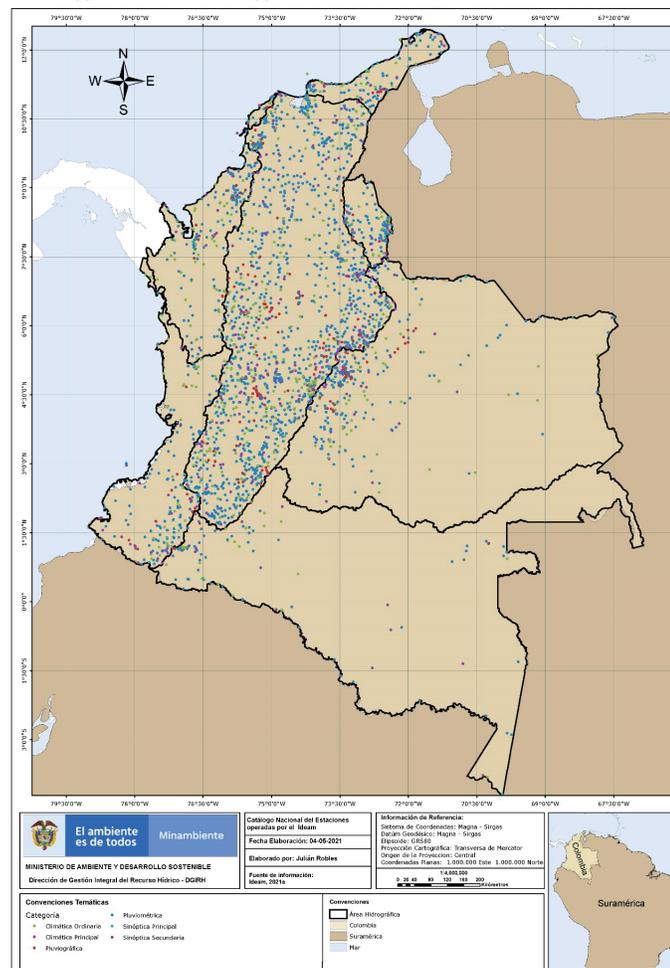
Categoría	Estado	Número de estaciones
Climática ordinaria	Activa	149
	Suspendida	233
	Total	382
Climática principal	Activa	314
	Suspendida	27
	Total	341
Pluviográfica	Activa	350
	En mantenimiento	8
	Suspendida	78
	Total	436

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Categoría	Estado	Número de estaciones
Pluviométrica	Activa	979
	En mantenimiento	1
	Suspendida	871
	Total	1851
Sinóptica principal	Suspendida	2
	Total	2
Sinóptica secundaria	Activa	1
	Suspendida	3
	Total	4
Total activas		1793

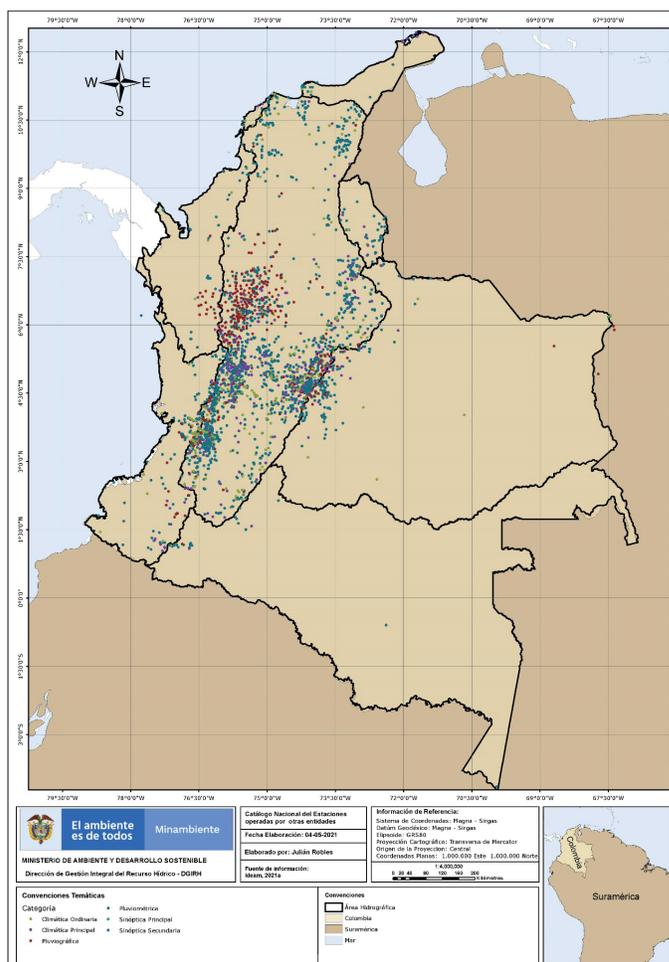
Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2021a)..

Figura 4-4. Catálogo Nacional de Estaciones - Ideam



Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2021a)..

Figura 4-5. Catálogo Nacional de Estaciones - otras entidades



Fuente: elaborado a partir de (Ideam, 2021a).

4.3.1. ¿Cómo los usuarios acceden a la información de precipitación?

La información de la red nacional centralizada en el Ideam se encuentra disponible para consulta y descarga por parte de los diferentes usuarios a través del Geoportal DHIME (Ideam, 2021b) y su manual de usuario. Es preciso establecer, que la disponibilidad de dicha información para cada estación está sujeta a la tecnología (automática con telemetría, automática sin telemetría, convencional) y tiempo requerido para el procesamiento, validación e integración a las bases de datos del Ideam.

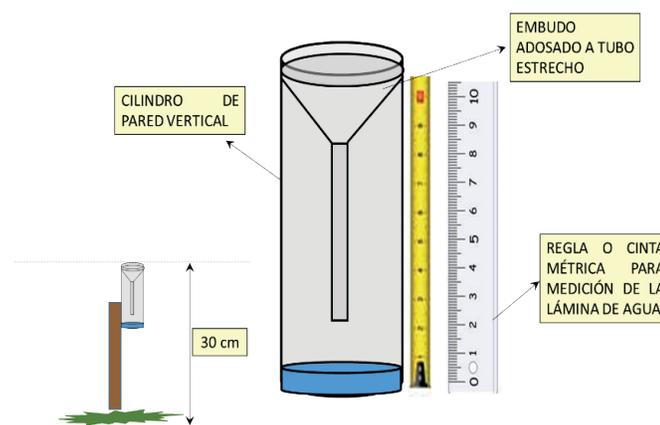
Las redes regionales, que son operadas por otras entidades, no todas cuentan con herramientas de integración informática para la consolidación y acceso a la información, razón por la cual se dificulta la consulta de información de la precipitación por lo que ésta se debe solicitar de manera particular a cada entidad.

4.4 ¿Cómo puede un usuario monitorear el agua lluvia?

En este numeral, se insta a los diferentes usuarios del recurso hídrico y comunidades a promover el monitoreo de la precipitación, con el objetivo de fortalecer el conocimiento de la oferta. Lo anterior a través de la instalación de instrumentos de medición (instrumentos comerciales de bajo costo o instrumentos hechos a mano) y la observación de la precipitación, como una herramienta para gestionar sus posibilidades de uso.

Los pluviómetros estándar son los instrumentos de medición de la precipitación más sencillos y fáciles de utilizar. En su forma más simple consisten en un cilindro de paredes verticales, de diámetro pequeño, y graduados o con una regla o cinta métrica adosada para la medición de la altura de la precipitación captada en un periodo de tiempo (ver Figura 4-6). Lo anterior, aun cuando algunos pluviómetros comerciales presentan reducción en su diámetro en la base para permitir la medición de pequeñas cantidades de precipitación y disminuir la incertidumbre asociada la medición (ver Figura 4-6).

Figura 4-6. Pluviómetro



Pluviómetros estándar - cilindro de paredes verticales



Pluviómetro con reducción de diámetro

Fuente : (Geowater, 2016)

Para garantizar la exactitud y precisión de las mediciones de precipitación en un lugar específico, la OMM en sus guías prácticas ((OMM, 2010),(OMM, 2011)) establece que se deben tener en cuenta diferentes aspectos en relación con las características del pluviómetro, su localización y mantenimiento. Algunos de estos aspectos se resumen en la Tabla 4-4, y deben ser considerados por los usuarios para la correcta observación de la precipitación.

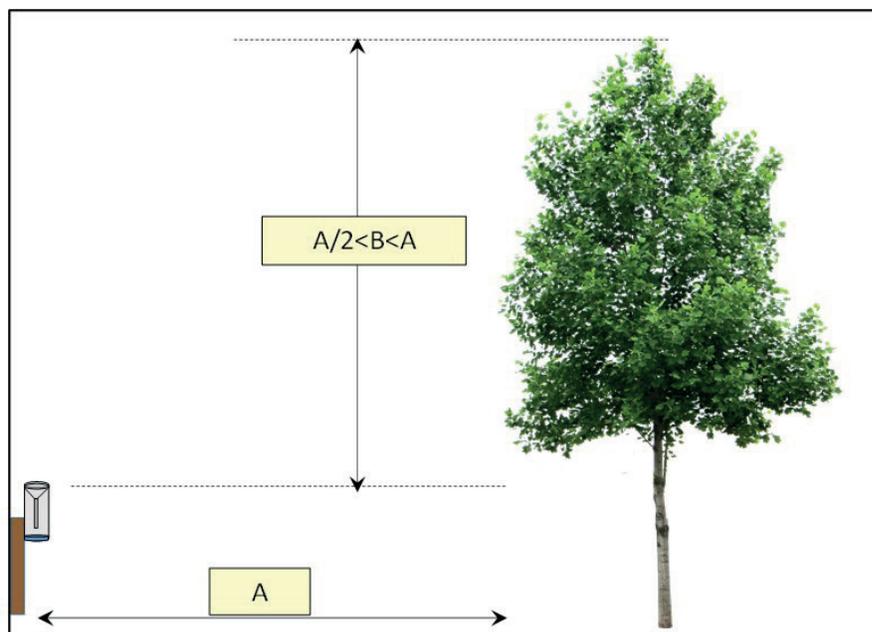
Tabla 4-4. Algunos aspectos para garantizar la exactitud y precisión de las mediciones de la precipitación

Aspecto		Descripción
Características del pluviómetro	Unidades y escalas	- Las cantidades diarias de precipitación deberían leerse con una resolución de 0.2 mm - Las cantidades semanales o mensuales deberían leerse con una resolución de 1 mm - Por lo anterior, los intervalos o períodos recomendados de observación dependerán de la resolución de los instrumentos de medición y el uso. Para uso agrícola es importante contar con observaciones de precipitación a nivel diario (FAO, 2013). - Las mediciones de la precipitación deberían efectuarse a horas fijas, para garantizar la representatividad de las mediciones.
	Diseño del pluviómetro	Para controlar la evaporación en el cuello del recipiente o cilindro, el pluviómetro debe tener una entrada estrecha y estar suficientemente protegido contra la radiación solar para reducir las pérdidas de agua por evaporación. Para esto, en sistemas hechos a mano es posible adosar un tubo estrecho al embudo del instrumento para minimizar las pérdidas.
		El cilindro colector debe estar diseñado de modo que impida las salpicaduras desde dentro y desde fuera. Para ello, la pared vertical debe ser suficientemente profunda, debe tener un embudo con inclinación pronunciada (al menos 45°) El cilindro debe ser de vidrio o plástico transparente.
Localización del pluviómetro	Medidas generales para garantizar la exactitud y precisión de las mediciones	Para la adecuada medición de la precipitación se deben establecer medidas para impedir o controlar las pérdidas por evaporación, los efectos del viento y las salpicaduras.
	Salpicaduras	El pluviómetro debe estar localizado sobre terrenos que no generen salpicaduras desde afuera (césped, grava, ripio o guijarros,) y evitando las superficies planas y duras que generan normalmente salpicaduras excesivas.
	Obstáculos	Evitar la presencia de obstáculos que generen la interceptación de la precipitación a lo largo de su trayectoria hasta el suelo (p. ej.: árboles, edificios, etc.)
	Viento	El viento puede generar valores en exceso o en defecto de la precipitación medida. Razón por la cual es un factor importante para tener en cuenta para localizar el pluviómetro por los siguientes aspectos: 1. Evitar la presencia de obstáculos cercanos (p. ej.: laderas, techos de los edificios, etc.) 2. Debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura, la boca del pluviómetro debe estar lo más bajo posible en relación con el suelo, pero evitando que el agua que cae al suelo salpique al interior del pluviómetro. Normalmente se recomienda una altura de 30 cm para la instalación del pluviómetro, pero son comunes elevaciones entre 0.5 y 1.5 m. 3. En la medida de lo posible el pluviómetro estará protegido del viento en todas las direcciones por barreras tales como árboles o arbustos (o paravientos), cuya altura será lo más uniforme posible. En la Figura 4-7 se esquematiza la altura recomendada de las barreras por encima de la boca del pluviómetro (B) en relación con su distancia al pluviómetro (A). Lo anterior, para garantizar la correcta medición de la precipitación.
Verticalidad	El pluviómetro debe estar en posición vertical para la adecuada medición de la cantidad de precipitación.	

Aspecto		Descripción
Mantenimiento	Limpieza	Limpieza interior y exterior del pluviómetro con agua y jabón.
	vegetación	La vegetación alrededor del pluviómetro debe mantenerse preferiblemente a una altura de 5 cm (cuando aplique)
	Verticalidad	Se debe revisar la nivelación del instrumento para evitar el efecto de un medidor sin nivel y permitir la correcta observación de la precipitación.

Fuente: elaborado a partir de OMM (2010) y OMM (2011)

Figura 4-7. Localización de las barreras de protección del viento



4.4.1. ¿Cómo determino la oferta a partir de observaciones de la precipitación?

De acuerdo con MVCT (2021) para estimar el volumen de oferta de agua lluvia se aplica la siguiente ecuación:

$$O_i = \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000} \quad (1)$$

Donde,

O_i : Oferta de agua en el periodo de tiempo de medición de la precipitación ($m^3/[T]$)

P_{pi} : precipitación en mm por unidad de tiempo ($mm/[T]$) o su equivalente ($litros/m^2*[T]$). En MVCT (2021) se propone el uso de datos mensuales de mensuales.

C_e : coeficiente de escorrentía. Establece la proporción de la precipitación que se convierte en escorrentía, y depende del material de acuerdo con lo que se presenta en la Tabla 4-5.

A_c : área de captación (m^2). Corresponde a la proyección horizontal de la superficie empleada para la captación. Esta ecuación es aplicable a áreas pequeñas como las que se mencionan posteriormente en sistemas de uso directo del agua lluvia.

Tabla 4-5. Coeficiente de escorrentía

Material / tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía
Teja (lámina plástica, metálica galvanizada, asbesto cemento)	0.9
Teja de arcilla cocida	0.8-0.9
Madera	0.8
Paja	0.6-0.7
Pisos cementados	0.9
Piso pavimentado con ladrillo	0.8

Fuente: (MVCT, 2021)

5

ALTERNATIVAS DE USO Y GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA

En la Tabla 5-1 se resumen las principales alternativas, en donde se establece el mecanismo mediante el cual se debe realizar su uso (¿cómo uso el agua lluvia?) y cómo determinar las necesidades en términos de demanda de agua (¿cómo determinar cuánta agua lluvia necesito?).

Tabla 5-1. Resumen de alternativas de uso

¿Para qué la quiero? (alternativa de uso)	¿Cómo uso el agua lluvia?	¿Cómo determinar cuánta agua lluvia necesito?
Uso directo del agua lluvia	En estos sistemas, la precipitación, lluvia o neblina es recolectada a través de superficies y conducida a un sistema de almacenamiento, que permite su uso posterior.	<p>Para el uso directo del agua lluvia es necesario establecer la demanda de agua, la cual depende principalmente de la destinación de uso (consumo humano, consumo doméstico, agrícola, pecuario, industrial, etc.). Para determinar la demanda es posible emplear diversas fuentes de información, entre las que se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La estimación a partir del registro histórico de volúmenes medidos en el uso; - El uso de módulos de consumo del agua como una herramienta para estimar la cantidad de agua bajo condiciones de uso eficiente y ahorro del agua; - Conocimiento de los requerimientos de agua de las actividades productivas; otros.
		<p>Los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo esquemas diferenciales (MVCT, 2018b), establecen el método para el diseño del abasto de agua y se establece que la dotación neta debe encontrarse entre 20 y 200 l/hab.*día para atender las necesidades de consumo humano, domésticas y las de subsistencia de la familia rural..</p>
		<p>Doméstico: se deben considerar los diferentes usos del agua a nivel doméstico en aspectos como: limpieza, aseo personal, lavado de ropa, riego de jardines, vaciado de sanitarios, etc.</p>
		<p>Agrícola: el uso directo de agua lluvia para suplir la demanda agrícola está limitado por la superficie de captación y la capacidad del sistema de almacenamiento, por lo cual se emplea normalmente para satisfacer las necesidades de riego de pequeñas huertas.</p>
		<p>Pecuario: la demanda de agua para uso pecuario debe ser estimada considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las diferentes etapas de desarrollo del animal o de la actividad; - Los requerimientos de agua para actividades conexas (limpieza, enfriamiento, etc.) - Las pérdidas o eficiencias de los sistemas de conducción y distribución de agua.
		<p>Usos mixtos: cuando el agua lluvia sea empleada para varios usos, la demanda de agua se estima a partir de la suma de la demanda de agua de cada uso.</p>
Gestión de la recarga artificial de acuíferos	Para aumentar las reservas de recursos hídricos subterráneos o mejorar o controlar la calidad de las aguas.	La autoridad ambiental competente, de acuerdo con el conocimiento de las condiciones hidrogeológicas de sus acuíferos, determinará las posibilidades y métodos que ésta empleará para gestionar la recarga artificial de sus acuíferos.

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

¿Para qué la quiero? (alternativa de uso)	¿Cómo uso el agua lluvia?	¿Cómo determinar cuánto agua lluvia necesito?
Gestión del agua lluvia	<p>La gestión del agua lluvia permite aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos y mejorar su calidad, por tanto, su uso es indirecto de acuerdo con lo siguiente:</p> <p>a) Permite el uso natural del agua de la humedad del suelo que proviene de la lluvia (huella hídrica verde) para minimizar los requerimientos de riego de cultivos, áreas verdes o jardines, entre otros.</p> <p>b) Puede favorecer el aumento de las reservas de recursos subterráneos para su uso posterior.</p> <p>c). Favorece el mejoramiento de la calidad de las aguas de escorrentía para su uso aguas abajo para otros fines.</p> <p>d) Favorece la regulación hídrica, permitiendo procesos naturales que regulan la disponibilidad de agua especialmente en períodos secos o de estiaje.</p> <p>e) Favoreciendo el sostenimiento de sitios con valor ecológico (preservación de flora y fauna).</p>	<p>Las alternativas de gestión del agua lluvia no realizan un uso directo del agua lluvia, sin embargo, contribuyen al logro de tres objetivos principales (aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos, mejorar su calidad, y reducir los riesgos relacionados con el agua). Objetivos que están a favor de la seguridad hídrica y el cumplimiento de los ODS relacionados con el agua y saneamiento, entre otros.</p>

A continuación, se describen cada una de las alternativas mencionadas, con el objetivo principal de generar algunos elementos técnicos para promover alternativas de uso y gestión sostenible del agua lluvia. Estas alternativas deben emplearse teniendo en cuenta las condiciones propias y necesidades de cada territorio. Esto último tiene relación con el potencial de suplir los usos que se caracterizan en el numeral 3.2.3

5.1 Alternativas de uso directo del agua lluvia

Estos son sistemas sencillos conocidos con distintos nombres (captación de agua lluvia, cosecha de agua lluvia) que contribuyen a suplir, de manera parcial, complementaria o total la demanda de agua para diferentes tipos de uso, aplicables en entornos rurales y urbanos, y que permiten disminuir la presión sobre fuentes tradicionales de abastecimiento.

En estos sistemas, el agua lluvia o neblina es recolectada a través de diferentes tipos de superficies y conducida a un sistema de almacenamiento, que permite su uso posterior. Son sistemas altamente adaptables a las condiciones específicas del lugar y necesidades del usuario.

5.1.1. Principales componentes del sistema

En la Tabla 5-2 se presenta una descripción de los principales componentes del sistema y algunos aspectos para tener en cuenta en relación con el componente. Es preciso establecer que no todos los sistemas de captación directa tienen

todos los componentes presentados, lo anterior se aclara en el numeral 5.1.2, en donde se presentan ejemplos de sistemas de uso directo, donde es posible identificar los componentes.

Para la captación de aguas atmosféricas y aguas lluvias a través de techos o superficies para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo esquemas diferenciales, se deben considerar los aspectos técnicos y de manejo establecidos en el artículo 34 de la resolución 844 de 2018 (MVCT, 2018b). Además, el manual de buenas prácticas de ingeniería (MVCT, 2021), el cual es voluntaria aplicación, establece recomendaciones para la planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de estos sistemas.

Tabla 5-2. Descripción de los principales componentes del sistema

Componente del sistema	Descripción del componente	Aspectos para tener en cuenta
Superficie de captación	Corresponde al área que permite recolectar el agua lluvia o neblina para su conducción y almacenamiento. La proporción de la lluvia que se convierte en escorrentía depende del material del componente.	El material que compone el área de captación tiene una influencia directa sobre la calidad fisicoquímica del agua almacenada. Por lo anterior deberá tenerse en cuenta que los materiales empleados se adapten al uso.
	En estos sistemas se puede emplear la infraestructura existente como superficies de captación (p. ej.: techos, pisos, pequeñas áreas pavimentadas, caminos, u otras superficies de baja permeabilidad). Cuando se emplean techos es posible emplear infraestructura existente en casas, galpones, escuelas, iglesias, casetas, edificios, entre otros. No obstante, también pueden adaptarse otras superficies empleando diversos materiales, estructuras y métodos según se presenta en el numeral 5.1.2.	El uso de superficies diferentes a techos permite captar mayores cantidades de agua debido a una mayor área de captación, eso permite mayor disponibilidad para diferentes usos, pero para consumo humano se debe garantizar su calidad como agua potable. Por esto, el agua lluvia captada en pisos, pequeñas áreas pavimentadas, caminos, u otras superficies de baja permeabilidad y por lo general a nivel del terreno, debe preferiblemente emplearse en: uso doméstico (limpieza, riego, etc.), uso agrícola (riego), uso pecuario o uso industrial. Lo anterior, en tanto no se identifique un riesgo de importancia.
Red de transporte o conducción	Este componente del sistema transporta el agua desde el área de captación hasta el sistema de almacenamiento. Está compuesto normalmente por tuberías, canaletas, bajantes y sus accesorios. También existen sistemas en donde el agua captada se conduce directamente desde la superficie de captación al sistema de almacenamiento, caso en donde este componente no es necesario.	Debe contemplarse la instalación de rejillas y mallas para impedir el acceso a canaletas, bajantes y entradas de hojas, ramas, animales, etc.
		Para consumo humano se recomienda emplear accesorios y tuberías para uso potable.
		Para minimizar los riesgos es recomendable la instalación de un interceptor del primer lavado.
		Para llevar control de los volúmenes de captación de aguas lluvias en uso directo, se emplean principalmente instrumentos de medición volumétrica en tubería (por su sencillez y costo), localizados en la entrada del sistema de almacenamiento o mediciones de nivel en los tanques que permitan cuantificar los volúmenes almacenados y consumidos. Lo anterior conforme a la obligatoriedad de instalar aparatos de medición en captaciones (artículo 2.2.3.2.19.13, (Presidencia de la República de Colombia, 2015)). Los instrumentos de medición volumétrica en tubería contabilizan o totalizan el volumen de agua, y por lo tanto permitirán comparar los volúmenes captados mes a mes durante la operación, con la oferta de agua estimada mes a mes a partir de registros históricos de precipitación (lluvia de diseño).

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

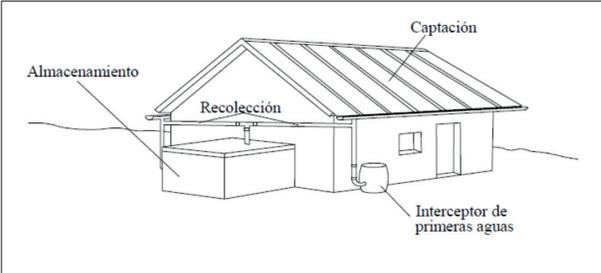
Componente del sistema	Descripción del componente	Aspectos para tener en cuenta
Interceptor del primer lavado (o de primeras aguas)	<p>Es una derivación compuesta por un tubo o almacenamiento vertical que permite transportar y almacenar las primeras lluvias de una temporada a un sistema de almacenamiento independiente del sistema de almacenamiento principal. Este sistema se sella normalmente mediante el uso de una bola plástica que flota hasta que el nivel del agua llega a la superficie del almacenamiento independiente, permitiendo que el agua se dirija al sistema de almacenamiento principal.</p> <p>Este sistema permite minimizar el arrastre de contaminantes (hojas, ramas, polvo, arena, etc.) al sistema de almacenamiento principal, lo que disminuye el riesgo sanitario.</p>	<p>Para la captación de aguas lluvias para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo esquemas diferenciales debe preverse un interceptor de primer lavado (MVCT, 2018b).</p> <p>Es recomendable que los interceptores del primer lavado cuenten con un descole que permita su vaciado o limpieza.</p>
		<p>Si el sistema no cuenta con este componente, es recomendable desconectar el tanque para evitar que las primeras lluvias de la temporada se almacenen.</p>
Sistema de filtración	<p>El objetivo de este sistema es impedir el ingreso y la acumulación de sólidos (hojas, ramas, polvo, arena, etc.) en el sistema de almacenamiento, lo cual representa un riesgo microbiológico.</p>	<p>Este componente debe ser analizado con base en las condiciones propias de cada sitio y al determinar las opciones de tratamiento, debido a que se pueden emplear pantallas, mallas, sistemas de filtración por gravedad (filtración lenta) o filtros comerciales.</p>
Sistema de almacenamiento	<p>Son sistemas de dimensiones, forma y materiales variables (tanques galvanizados, PVC, polipropileno, hormigón, mampostería, cemento, ladrillo, fibra de vidrio, excavaciones en tierra o impermeabilizadas, etc.), localizados cercanos a los sitios de oferta y demanda, que se ubican en exterior o interior, y que pueden estar elevados, en superficie, parcialmente enterrados o bajo tierra, siendo esto importante debido a que, en cuanto más alto se ubique el sistema de almacenamiento, menor será la demanda de energía.</p>	<p>La dimensión del almacenamiento es una característica de principal importancia, debido a que permite captar el agua en periodos de lluvia, para aprovecharla en diferentes usos, durante los periodos de escasez.</p> <p>Por esto, y debido a que es el componente más costoso del sistema, debe diseñarse con base en la oferta de agua (con datos de precipitación disponibles para varios años, la demanda de agua, el uso y el presupuesto).</p>
		<p>Deben localizarse lo más cerca posible de los puntos de oferta y demanda, para minimizar transporte o consumo de energía.</p>
		<p>Este sistema solo debe destaparse para inspección o mantenimiento y debe contar con punto de acceso y descole de sedimentos para su mantenimiento (importante tenerlo en cuenta para los tanques construidos en sitio).</p>
Sistema de entrega	<p>Los sistemas de entrega pueden alimentarse por gravedad, requerir un sistema de elevación de agua o bombeo (bomba manual, combustible o eléctrica) a un tanque empleado para el consumo.</p> <p>Están compuestos normalmente por un tanque elevado (normalmente PVC de 250 a 1000 l).</p>	<p>Este es un sistema opcional, cuya instalación es opcional y depende del diseño del sistema de captación. Facilita la entrega a los diferentes puntos de consumo.</p>

Los sistemas de uso directo de agua lluvia tienen el potencial de mitigar adecuadamente los efectos de la escasez de agua y el cambio climático, al disminuir la susceptibilidad al desabastecimiento en entornos donde no hay fuentes alternas, debido a aspectos como su posibilidad de aplicación tanto en entornos rurales como urbanos; su fácil diseño que permite su adaptabilidad a diferentes usos del agua y sin concesión en tanto la actividad cumpla los preceptos fácticos de la norma presentados en el numeral 3.1. Por lo anterior, se establece la necesidad de generar una herramienta, que permitan el diseño de sistemas directos de uso del agua lluvia. Es por esto por lo que en el Anexo 2, se presenta una propuesta metodológica para el diseño de sistemas de uso directo, en donde se incluye el ejemplo de aplicación de la metodología. No obstante, los usuarios podrán considerar otros métodos para su diseño.

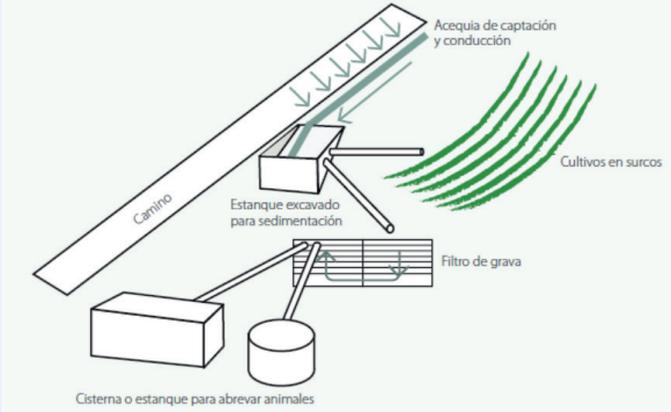
5.1.2. Ejemplos de sistemas de uso directo

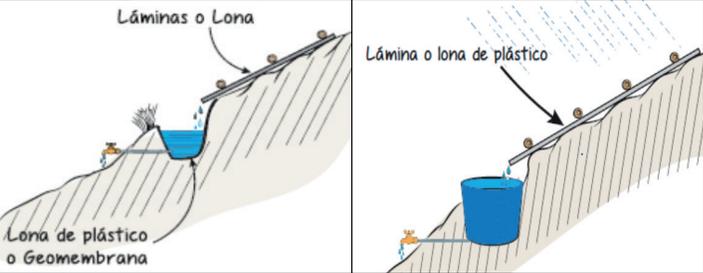
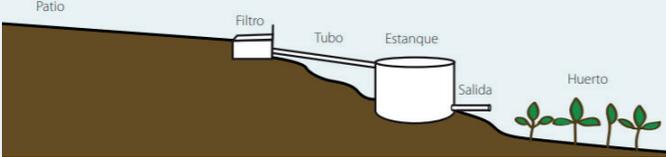
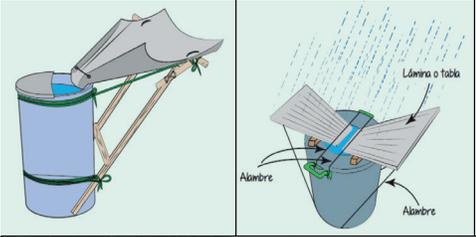
En la Tabla 5-3 se presentan algunas alternativas de sistema de uso directo, con el objetivo de ilustrar su sencillez, fácil diseño y adaptabilidad en relación con el método, materiales y componentes descritos anteriormente. Lo anterior, sin que este sea el universo de alternativas posibles, las cuales podrá el usuario adaptar según sus necesidades.

Tabla 5-3. Ejemplos de alternativas de sistema de uso directo

Alternativa / Fuente	Descripción del sistema y sus componentes
 <p>(OPS-CEPIS, 2003)</p>	
 <p>(UNESCO, 2015)</p>	<p>En las imágenes está representado el uso de techos como superficie de captación, en donde el agua es transportada mediante canaletas, tubería y bajantes hasta diferentes tipos de sistemas de almacenamiento.</p> <p>En relación con el interceptor del primer lavado (o de primeras aguas) se establece:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En la imagen de Kloss & Lukes (2008), se muestra como un barril o caneca plástica se emplea para la conformación de este componente. 2. En las imágenes de la UNESCO (2015) se muestra cómo un tramo de tubería en PVC se emplea en la conformación de este componente, y cómo se realiza su vaciado a través del uso de un balde en la parte baja del componente.
 <p>Kloss & Lukes (2008).</p>	

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Alternativa / Fuente	Descripción del sistema y sus componentes
 <p data-bbox="878 800 987 827">(MVCT, 2021)</p>  <p data-bbox="727 1255 987 1283">(Fundación Montecito, 2019)m</p>	<p data-bbox="1002 705 1430 779">Las redes de niebla son sistemas constituidos por mallas o telas adosadas a estructuras en madera o PVC.</p> <p data-bbox="1002 842 1442 989">Son empleadas para condensar el vapor de agua hasta formar gotas, las cuales se recogen a través de la malla o tela hasta una canaleta adosada en la parte inferior de la estructura, lo que permite el transporte del agua hasta el sitio de almacenamiento.</p>
 <p data-bbox="889 1730 987 1757">FAO (2013).</p>	<p data-bbox="1024 1394 1419 1493">En la figura se esquematiza el uso de caminos como superficie de captación y su posibilidad de uso a nivel rural para riego, abrevadero de animales u otros.</p> <p data-bbox="1002 1556 1442 1654">Lo anterior en tanto la calidad de las aguas no genere limitaciones de uso y la actividad cumpla los preceptos fácticos de la norma presentados en el numeral 3.1</p>

Alternativa / Fuente	Descripción del sistema y sus componentes
  <p>(JICA, 2015)</p>  <p>(FAO, 2013)</p>	<p>Los sistemas de captación en zonas de ladera o con una conformación del terreno con una pendiente que permita su construcción, se caracterizan por la instalación de láminas galvanizadas, plástico o geomembranas para conformar una superficie de captación que permite conducir el agua lluvia de manera directa a un reservorio excavado en tierra e impermeabilizado con geomembrana o a tanques.</p> <p>En la imagen de FAO (2013) se observa el uso de un patio impermeabilizado y la conformación del terreno para el almacenamiento de agua lluvia para el riego de un huerto.</p>
  <p>(JICA, 2015)</p>	<p>En las imágenes de JICA (2015) se presentan sistemas artesanales en donde se construye una estructura (en madera, postes, empleando arboles del lugar, u otras que permiten la estabilidad de la superficie) que permite conformar una superficie de captación de baja permeabilidad (láminas, geomembrana, plástico, madera, u otras).</p> <p>El agua lluvia es recogida de manera directa en la parte inferior del sistema donde se localiza el almacenamiento (canecas, baldes, tanques plásticos, etc.).</p>

5.1.3. Consideraciones en relación con el consumo humano

El agua lluvia representa una fuente natural con bajo contenido de sales minerales y de contaminantes, y con buena calidad microbiológica. Por esto, el agua lluvia natural es apta para todo uso.

A pesar de lo anterior, las condiciones de manejo de las obras para almacenar, conservar y conducir aguas lluvias (procesos de captación, transporte y almacenamiento) y el entorno de la captación, contribuyen a la generación de riesgos biológicos y químicos; riesgos que deben ser evaluados y gestionados para realizar un uso seguro del agua lluvia.

Para los usos del agua lluvia para consumo humano y contacto primario (aseo personal, servicios sanitarios, etc.), se debe analizar el riesgo sanitario, con el objetivo de evaluar opciones de tratamiento o adaptaciones del sistema para el uso seguro del agua. Para ello se debe tener en cuenta al menos evaluar las siguientes consideraciones generales:

- Los materiales de los componentes del sistema, debido a que, si se tiene previsto el uso para consumo humano es importante emplear materiales que no limiten su uso o generen riesgos a la salud humana, dada su influencia sobre la calidad fisicoquímica del agua que se almacenará.
- Las fuentes de contaminación, tanto externas (industrial, vehicular, aerosoles, pinturas, etc.) como cercanas al sistema (vegetación, animales, basura, etc.) que representen un riesgo para su uso posterior.
- El funcionamiento y estado de los diferentes componentes del sistema.
- Identificar las necesidades de tratamiento y desinfección con base en las posibles fuentes de contaminación. Para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo esquemas diferenciales, se deben considerar los aspectos técnicos (componentes, materiales, entre otros) y de manejo establecidos para este tipo de proyectos (MVCT, 2018b).
- Los requerimientos de operación y mantenimiento, con base a las características del sistema.

La OMS en su formulario para la inspección sanitaria para la captación y almacenamiento de agua de lluvia para consumo humano (OMS, 2020) establece 13 preguntas que sirven para determinar factores de riesgo (ver Figura 5-1) las que se relacionan con los siguientes aspectos:

- 1. Presencia visible de contaminantes en el sistema que constituyan un riesgo para la calidad del agua que va a ser almacenada (por ejemplo, material vegetal, desechos animales).
- 2. Pendiente de los componentes del sistema (superficie, canales, etc.), de tal forma que no se generen estancamientos de agua que puedan favorecer la entrada de contaminantes al sistema de almacenamiento.
- 3. Presencia de vegetación o estructuras que permitan el ingreso de animales al sistema.
- 4. Presencia, funcionamiento y estado del filtro para retención de sólidos.
- 5. Presencia, funcionamiento y estado del sistema de primer lavado.
- 6. Estado interno del sistema de almacenamiento (por ejemplo, presencia de sólidos o animales) y existencia de puerto de inspección.
- 7. Hermeticidad (por ejemplo, cobertura, sellado) y estado del sistema de almacenamiento (por ejemplo,

5.2. Gestión de la recarga artificial de acuíferos

La gestión de la recarga artificial de acuíferos (*Managed Aquifer Recharge* (M.A.R.)) es una herramienta destinada a introducir agua en acuíferos, con el objetivo de aumentar las reservas de recursos hídricos subterráneos o mejorar o controlar la calidad de las aguas. Es especialmente útil en zonas con escasa disponibilidad superficial, para compensar pérdidas de almacenamiento de acuíferos producto de actividades humanas (estabilización de niveles piezómetros); para controlar el movimiento de masas de agua de inferior calidad que se desplacen hacia captaciones de buena calidad; para controlar la intrusión salina; para controlar problemas geotécnicos (subsistencia); para favorecer el aumento de los caudales de base en ríos, entre otros.

Esta herramienta permite aumentar el área y tiempo de contacto con el objetivo de favorecer la recarga y permitir que el agua almacenada se emplee para diferentes usos o como barrera para el control de la intrusión salina o contaminación.

Según UNESCO PHI (2005), las condiciones hidrogeológicas son de especial interés para el uso de la gestión de la recarga artificial de acuíferos (M.A.R.) (UNESCO-PHI, 2005), donde “los principales factores a considerar son:

- Los límites físicos e hidráulicos del acuífero y el grado de confinamiento.
- Propiedades hidrogeológicas del acuífero y formaciones superiores.
- Gradiente hidráulico en el acuífero.
- Profundidad desde el nivel del suelo hasta la superficie del acuífero / piezométrica.
- Calidad del agua subterránea.
- Mineralogía del agua del acuífero.” (p. 12).

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Presidencia de la República de Colombia, 1974) establece en sus principios que “el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos” (artículo 2), y tiene como objeto “Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional” (numeral 1, artículo 2). Es por lo anterior, que la autoridad ambiental competente como máxima autoridad ambiental y administradora de los recursos naturales renovables en el área de su jurisdicción deberá adoptar las medidas a que haya lugar para alcanzar dicho objetivo.

En este sentido, la autoridad ambiental podrá ejecutar medidas de manejo de los recursos hídricos subterráneos, cuando se evidencie o se prevea el posible agotamiento o reducción de las reservas de aguas subterráneas. Las medidas de manejo, tanto técnicas como ambientales, deben implementarse a partir del conocimiento de las condiciones hidrogeológicas de sus acuíferos, que son la base para que dicha autoridad determine las obras de recarga artificial de acuíferos que serán empleadas para favorecer el aumento de las reservas.

Dentro de estas alternativas de gestión existen algunos tipos de recarga artificial que emplean agua lluvia y escorrentía como fuente de abastecimiento para inducir la recarga a través de canales, zanjas, drenes, galerías, pozos, sondeos

para inyección, entre otros. De acuerdo con AIEA (2016), existen al menos veinticuatro (24) tipologías para gestionar la recarga artificial de acuíferos (AIEA, 2016).

En la “Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos” (MinAmbiente, 2014), se presentan ejemplos de medidas de gestión de las aguas subterráneas, entre ellas, algunas experiencias sobre la recarga artificial de acuíferos que han sido desarrolladas en el país, en concordancia con los resultados obtenidos por las autoridades ambientales competentes.

A continuación, se presenta el proyecto piloto de recarga artificial de los acuíferos de San Andrés.

5.2.1. Proyecto piloto de recarga artificial de los acuíferos de San Andrés

A través del Convenio 319 de 2013 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – Coralina aunaron esfuerzos técnicos y financieros para realizar un proyecto piloto de recarga artificial de los acuíferos en San Andrés. En el mencionado proyecto, se emplea la recarga artificial como una herramienta de gestión que permite aprovechar la oferta de agua lluvia de los meses de septiembre a diciembre a través de obras de bajo costo adaptables al espacio y ambiente de la isla, con la finalidad aumentar las reservas de agua de los acuíferos de San Andrés, y como una medida de adaptación al cambio climático ante los periodos prolongados de sequía, que permita beneficiar la comunidad étnica raizal de la reserva de la biosfera Seaflower.

En el documento del mencionado convenio, se consolidan diferentes aspectos que pueden ser de utilidad para las autoridades ambientales en procesos de gestión de la recarga artificial de acuíferos, entre los que se destacan: marco conceptual en relación con la recarga artificial; experiencias de recarga artificial a nivel mundial; métodos utilizados para la recarga artificial; calidad del agua empleada en la recarga artificial; análisis de la implementación del proyecto piloto de recarga artificial de los acuíferos de San Andrés.

Figura 5-2. Construcción de zanja de conducción y pozo de gran diámetro



Fuente:(MinAmbiente-Coralina, 2013)

5.3 Gestión del agua lluvia

El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018 (WWAP/ONU-Agua, 2018), incorpora las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para la gestión del agua. Según WWAP (2018) las soluciones basadas en la naturaleza “están inspiradas y respaldadas por la naturaleza y utilizan o imitan los procesos naturales para contribuir a la gestión mejorada del agua. Una solución basada en la naturaleza puede implicar la conservación o rehabilitación de los ecosistemas naturales o la mejora o creación de procesos naturales en ecosistemas modificados o artificiales” (pág.1).

La gestión del agua a través de soluciones basadas en la naturaleza emplea el potencial de la naturaleza para regular las funciones de los diferentes componentes del ciclo hidrológico (capítulo 2) y contribuir al logro de tres objetivos: aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos; mejorar su calidad y; reducir los riesgos relacionados con el agua.

Con base en la información del ENA 2018, se identifican 84 subzonas hidrográficas con categoría de índice de vulnerabilidad por desabastecimiento de agua (IVH) alta o muy alta (De acuerdo con el análisis presentado en el capítulo 3), en donde el estrés hídrico es el resultado de la presión de la demanda respecto de la oferta disponible. Lo anterior es resultado del aumento de la demanda de agua asociado al crecimiento de la población y el desarrollo económico y de la degradación de los ecosistemas relacionados con el agua.

La degradación de los ecosistemas tiene relación con sus principales componentes y los efectos que tiene la degradación de estos sobre el balance de agua. En el contexto de las SbN de acuerdo con WWAP (2018) los principales componentes de los ecosistemas son:

- La vegetación: intercepta la precipitación o la humedad; afecta la disponibilidad de agua en el suelo o agua subterránea a través de la transpiración; Las raíces contribuyen con la estructura y salud del suelo e influyen en el almacenamiento y disponibilidad del agua del suelo, la infiltración y la percolación del agua subterránea.
- Los suelos: las propiedades del suelo (espacio poroso) y las condiciones en la superficie del suelo (cubierta vegetal, estructura del suelo, etc.) influyen la cantidad de agua que se infiltra, evapora, transpira, percola o se convierte en escorrentía. Además, su salud ecológica tiene la capacidad de apoyar el ciclo de nutrientes, lo que tiene una gran influencia en la calidad del agua.

Los humedales (incluidos ríos y lagos de acuerdo con la definición de humedales de la Convención de Ramsar sobre Humedales (Ramsar, 1971)): tienen una importante influencia sobre los procesos hidrológicos en aspectos como la recarga y descarga de aguas subterráneas, la alteración del flujo de caudales, la estabilización de los sedimentos y, la calidad del agua.

La biodiversidad: sustenta la conservación, condición o la salud de los ecosistemas; los procesos y funciones de los ecosistemas; y la prestación de servicios ecosistémicos. En la Tabla 5-4 se presentan algunos servicios ecosistémicos y algunas funciones y beneficios ecosistémicos.

Los ecosistemas, en especial la interfaz suelo-vegetación, son de especial importancia en la gestión de los componentes del ciclo hidrológico, principalmente en el destino de la precipitación por su influencia en la infiltración, retención de humedad en la zona de la raíz (vital en la agricultura), recarga de agua subterránea, escorrentía superficial

y evapotranspiración. Esa influencia tiene el potencial de regular la presencia de agua en el tiempo y el espacio. Además, los procesos físicos, químicos y biológicos que desarrollan en el suelo, regulan la calidad del agua.

Tabla 5-4. Servicios ecosistémicos y algunas funciones que desempeñan

Categoría de servicio ecosistémico	Ejemplo de funciones y beneficios ecosistémicos
Servicios ecosistémicos relacionados con el agua*	
<i>Servicios de aprovisionamiento</i> – Productos obtenidos de los ecosistemas	
Suministro de agua dulce	Proporcionar agua dulce para el consumo humano y las necesidades humanas
<i>Servicios de regulación</i> – beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos	
Regulación del agua	Regulación de la presencia de agua en el tiempo y el espacio - aguas superficiales y descarga/recarga de aguas subterráneas
Regulación de la erosión	Estabilización de suelos (vincula a la regulación de peligros naturales y apoya a los servicios de aprovisionamiento)
Regulación de sedimentos	Regulación de la formación impulsada por el agua y el flujo de sedimentos a través del sistema, incluyendo la deposición para mantener los humedales costeros y la tierra construida
Purificación de agua y tratamiento de residuos	Absorción, procesamiento y retención de los nutrientes y la contaminación, deposición de partículas
Regulación de peligros naturales	Reducción del riesgo de desastres relacionados con el agua
- Protección costera	- Atenuar/disipar el oleaje, amortiguar los vientos
- Protección contra inundaciones	- Almacenar agua o aminorar el flujo de agua para reducir los picos de inundación
- Protección contra la sequía	- Proporcionar fuentes de agua durante los períodos de sequía
Regulación climática/reciclaje de humedad	Influir en las precipitaciones locales y regionales y la humedad y en los efectos de enfriamiento locales/regionales a través de la evaporación
Servicios ecosistémicos dependientes del agua (otros servicios o beneficios colaterales)**	
<i>Servicios de aprovisionamiento</i> – Productos obtenidos de los ecosistemas	
Alimentos y fibras	Pesca, productos agrícolas, recursos forestales no maderables
Energía	Energía hidroeléctrica y bioenergía
Recursos genéticos	Fuente de materiales genéticos, p. ej., para la agricultura, medicinas
Bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos	Productos químicos, medicamentos y productos farmacéuticos derivados de la biota viva
<i>Servicios de regulación</i> – beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos	
Regulación de la calidad del aire	Ciclos de dióxido de carbono y oxígeno, control de la contaminación del aire
Regulación climática	Secuestro de carbono – regulación de las emisiones de gases de efecto invernadero y cargas atmosféricas
Regulación de plagas y enfermedades	Influir en la existencia, grado y severidad de plagas y enfermedades humanas, vegetales y animales La gestión integrada de plagas que mejora la regulación natural de las mismas puede reducir el uso de plaguicidas – mejorando la calidad del agua y las condiciones del suelo y su papel en el ciclo del agua
Polinización	Sustentar la polinización animal de las plantas para apoyar la producción de cultivos y la biodiversidad
<i>Servicios de apoyo</i> – Servicios necesarios para la prestación de todos los demás servicios	
Ciclo de nutrientes	Mantiene el funcionamiento general del ecosistema
Producción primaria	Sustenta la vida en la Tierra
Formación del suelo	Mantiene la producción regular de suelo para apoyar la mayoría de los demás servicios del ecosistema terrestre
<i>Servicios culturales</i> – Beneficios no materiales que las personas pueden obtener de los ecosistemas	
Valores espirituales, religiosos y totémicos	Creencias que dependen de la existencia de los ecosistemas (la naturaleza)
Valores estéticos	Beneficios derivados a través de los ecosistemas que se consideran como bellos, atractivos o son visualmente apreciados, etc.
Recreación y ecoturismo	Beneficios socioeconómicos (p. ej., medios de vida) basados en el turismo y la recreación, incluido el deporte (p. ej., la pesca recreativa)

*Los servicios ecosistémicos relacionados con el agua son aquellos que influyen directamente en la cantidad y calidad del agua y, por lo tanto, sustentan las SbN.

**Los servicios ecosistémicos dependientes del agua, son aquellos que dependen del agua pero que no juegan un papel limitado en la cantidad o calidad del agua y se encuentran entre los beneficios colaterales de las SbN.

Fuente: Basado en la Evaluación de los ecosistemas del milenio (2005) y Russi et al. (2012)

Fuente: (WWAP/ONU-Agua, 2018)

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

De acuerdo con WWAP (2018), las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y sus beneficios tienen el potencial de contribuir al cumplimiento de las metas del objetivo de desarrollo sostenible 6 sobre agua y saneamiento, incluidos otros objetivos sobre agua potable, saneamiento, calidad del agua, eficiencia en el uso del agua y gestión integrada de los recursos hídricos. Además, las soluciones basadas en la naturaleza permiten maximizar los beneficios ambientales, sociales y económicos; beneficios que son fundamentales para la consecución de la Agenda 2030 en aspectos como: fomentar la resiliencia de los pobres y las personas que se encuentran en situaciones vulnerables y reducir su exposición y vulnerabilidad a los fenómenos extremos relacionados con el clima (ODS 1, meta 1.5), la seguridad hídrica en relación con la agricultura sostenible (ODS 2, meta 2.4), vidas saludables (ODS 3), mejora de la eficiencia energética (ODS 7), promover el crecimiento económico sostenido (ODS 8), la construcción de infraestructura resiliente relacionada con el agua (ODS 9), asentamientos urbanos sostenibles (ODS 11), reducción del riesgo de desastres (ODS 11), garantizar modalidades de consumo y protección sostenibles (ODS 12.), combatir el cambio climático y sus efectos (ODS 13), gestionar y proteger de manera sostenible los ecosistemas marinos y costeros (ODS 14, meta 14.2), proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres (ODS 15). Lo anterior debido entre otras cosas a que las soluciones basadas en la naturaleza respaldan la economía circular y el crecimiento verde, porque promueven el aumento en la productividad de los recursos, el uso sostenible de los recursos naturales y el aprovechamiento de procesos naturales para el sostenimiento de las economías.

Es por lo anterior, que en el presente documento se insta a los usuarios del recurso hídrico y a las autoridades ambientales a promover el uso de soluciones basadas en la naturaleza como una alternativa sostenible o en equilibrio con el uso de infraestructura gris, con el objetivo de promover la conservación o rehabilitación de ecosistemas y manejo de la tierra en entornos y paisajes urbanos y rurales, a escala local o regional, con el objetivo de garantizar la disponibilidad futura del agua, su calidad y disminuir el riesgo de desastres a través de la gestión del agua.

5.3.1. Soluciones basadas en la naturaleza en la agricultura

El sector agrícola es el principal usuario de agua en el mundo y Colombia no es la excepción. Lo anterior se evidencia en la importante participación de este uso en la demanda hídrica nacional: 43% para el año 2016.

Por otra parte, la FAO (2011) estableció que “la producción alimentaria mundial podría aumentar en un 70 % en los próximos cuarenta años (y duplicarse en los países en desarrollo)” (p. 65). Lo anterior es de especial interés para Colombia, debido a que el análisis de tierras realizado por la FAO, en donde se caracterizaron áreas aptas para la producción agrícola, permitió establecer que la mitad de la oferta mundial de tierras aptas para el cultivo se concentra en 7 países (Brasil, República Democrática del Congo, Angola, Sudán, Argentina, Colombia y Bolivia). Por lo anterior, según la FAO se deben establecer políticas para reducir los impactos negativos de la creciente demanda sobre el recurso hídrico y las tierras “sin dificultar la consecución de los objetivos marcados en relación con la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza.” (p. 65) (FAO, 2011).

Además, se destaca la relevancia de la huella hídrica verde (uso natural del agua de la humedad del suelo que proviene de la lluvia) en la producción agrícola en Colombia, debido a que se estima que aproximadamente el 90% del agua requerida por la agricultura se soporta en la huella hídrica verde y el 10% de otras fuentes de abastecimiento para riego (Ideam, 2019a).

Para garantizar la seguridad hídrica y satisfacer el aumento en la demanda de alimentos, se debe mejorar la eficiencia del uso del agua y promover prácticas agrícolas que incorporen la gestión mejorada del suelo y la vegetación como una alternativa para rehabilitar o conservar los servicios de los ecosistemas. Esto permite principalmente: i) mejorar la productividad y rentabilidad agrícola (especialmente agricultura de secano) debido a una mayor disponibilidad de agua y a una disminución de la necesidad de fertilizantes; ii) reducir la contaminación difusa por fosforo y nitratos generada por sistemas agrícolas (escorrentía e infiltración hacia las aguas subterráneas).

A manera de ejemplo de soluciones basadas en la naturaleza, los sistemas agroforestales son sistemas agrícolas en los cuales se realiza la siembra de árboles o arbustos en los cultivos, lo que se traduce en los siguientes beneficios: mayor productividad del cultivo como resultado del aumento en el intercambio de CO₂ entre la biosfera y la atmósfera, que favorece la incorporación del carbono a la vegetación y el suelo; aumento de la disponibilidad de agua como resultado del aumento de la capacidad del suelo para almacenar y retener agua; mayor resistencia de los cultivos a plagas, sequías e inundaciones debido a una mayor biodiversidad; disminución de las necesidades de agua del cultivo debido a que la provisión de sombra por los árboles favorece la adaptación al cambio climático; el aumento de la infiltración puede favorecer la recarga de agua subterránea.

Figura 5-3. Sistemas agroforestales



Fuente: (World Agroforestry, 2019)

5.3.2. Soluciones basadas en la naturaleza en el ciclo urbano del agua

En ambientes urbanos el enfoque tradicional parte del uso de infraestructura gris, empleada para evacuar lo más rápido posible el agua y la escorrentía. La gestión del agua en entornos urbanos a través del uso de SbN permite, mediante la planificación y diseño de la infraestructura (paisaje e hidráulica), mejorar las condiciones de calidad y cantidad de escorrentía en áreas urbana, mitigar y gestionar los impactos del desarrollo urbano, los efectos de la escasez de agua y el cambio climático y sus riesgos (inundaciones, contaminación, etc.), así como maximizar los

beneficios ambientales, sociales y económicos. Todo ello a través de la regulación de las funciones de los diferentes componentes del ciclo hidrológico.

A continuación, se describen algunas alternativas de soluciones basadas en la naturaleza en el ciclo urbano de agua.

5.3.2.1. *Infraestructura verde*

De acuerdo con WWAP (2018) la infraestructura verde “utiliza sistemas naturales o seminaturales como las soluciones basadas en la naturaleza para proporcionar opciones de gestión de los recursos hídricos con beneficios equivalentes o similares a las infraestructuras convencionales “grises” (construidas / físicas) de agua.” (pág.3).

La infraestructura verde planificada de forma estratégica e integrada a edificaciones, vías, parques y otros espacios públicos o privados se traduce en beneficios ambientales, sociales y económicos como:

- Atenuación de la escorrentía (incluye la disminución de velocidades de flujo), disminuyendo los riesgos de inundación, daños materiales y erosión.
- Protege y mantiene el ciclo natural del agua.
- Favorece la infiltración de agua en el suelo (potencial recarga de acuíferos), por lo que aumenta la disponibilidad y calidad de recursos superficiales y subterráneos.
- Filtración de contaminantes y retención de sólidos.
- Amenidad y confort para las personas: mejoramiento de la calidad del aire; regulación de temperatura y ruido; mejoramiento de la salud y bienestar; disminución de las necesidades y costos de tratamiento de agua de los sistemas combinados; creación de espacios para uso recreativo o turismo.
- Creación y sostenimiento de sitios con valor ecológico.

Son ejemplos de infraestructura verde los jardines verticales, techos verdes, captaciones de agua lluvia, jardines y árboles en aceras, vías, parques u otros, humedales, restablecimiento de la cobertura vegetal en la ronda hídrica, revegetalización de taludes, sistemas urbanos de drenaje sostenible, entre otros.

Figura 5-4. Ejemplos de infraestructura verde



Techos verdes y jardines verticales
Fuente: (Secretaría de Ambiente, 2021)



Jardines y árboles en aceras
Fuente: (Mundiario, 2017)



Parque Metropolitano Simón Bolívar
Fuente: (Alcaldía de Bogotá, 2014)



Humedal Salitre
Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente, 2022)

5.3.2.2. Sistemas urbanos de drenaje sostenible

Los Sistemas urbanos de drenaje sostenible son infraestructura verde empleada como sistemas alternos y complementarios a los sistemas de drenaje convencionales para el manejo de agua pluviales, que permiten emular las funciones de los diferentes componentes del ciclo hidrológico natural en entornos urbanos. Ello permite mejorar las condiciones de calidad y cantidad de escorrentía en áreas urbanas, generando amenidad, urbanismo y recuperación ecológica.

En Colombia el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, 2017 establece los criterios generales para el diseño de todos los sistemas urbanos de drenaje sostenible en relación con aspectos como:

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

reducción del caudal pico (reducir mínimo en un 25% el caudal pico del hidrograma de crecienta de diseño); analizar las condiciones de escorrentía antes y después del proyecto; la necesidad de implementar sistemas de cribado y sedimentación cuando se utilicen estructuras de retención. Dicho reglamento, no presenta alternativas o tipologías de sistemas urbanos de drenaje sostenible y sus correspondientes requisitos técnicos de diseño. En la Tabla 5-5 se presentan algunas alternativas de sistemas urbanos de drenaje sostenible con su uso principal, ventajas y desventajas, con el objetivo de ilustrar las diferentes posibilidades en su uso. Sin embargo, se aclara que estas no corresponden al universo de alternativas existentes.

Por lo anterior, para el diseño de estos sistemas para áreas urbanas, se deberán consultar los manuales, reglamentos técnicos y especificaciones definidos por las entidades competentes en cada municipio (por ejemplo, las normas técnicas de la EAAB, EPM, EMCALI, etc.). Por ejemplo en Bogotá, se han desarrollado normas técnicas específicas que contienen las tipologías, criterios de diseño y construcción que más se adaptan a las condiciones particulares de la ciudad (EAAB-ESP, 2018).

No obstante, el Plan Director de Agua y Saneamiento Básico del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT, 2018a) tiene prevista la construcción y expedición de una metodología para la formulación e implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible en las ciudades de más de cien mil habitantes y en aquellas que tengan riesgo alto de inundación” (p. 42).

Tabla 5-5. Algunas alternativas de sistemas urbanos de drenaje sostenible

Sistema	Descripción general	Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)
Canales y zanjas	<p>Se emplean para recolectar, transportar y almacenar agua de escorrentía mediante estructuras rectas o meándricas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los canales se recubren normalmente en cemento o concreto. - Las zanjas están recubiertas normalmente con pasto o rocas y se refuerzan según las características del terreno. Además, es posible incorporar plantas acuáticas para disminuir la velocidad y favorecer la remoción de nutrientes y contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad - Pendiente - Profundidad y forma - Erosión 	<ul style="list-style-type: none"> - Alternativa de bajo costo para el control de la escorrentía - Fácil integración a espacios verdes - Fácil mantenimiento e integración a áreas verdes - Permite filtración y eliminación de contaminantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Costoso en áreas escarpadas - Uso limitado de árboles en áreas verdes - Uso limitado en áreas densamente pobladas 	 <p>(Estonia-Latvia Programme, 2013)</p>
Estanques	<p>Cuerpo de agua natural o artificial empleado para retener escorrentía, regular el nivel del agua subterránea y tratar el agua. Tienen adicionalmente otros usos: áreas recreativas, granjas de peces y diseño paisajístico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de diseño: tiempo de retención para el tratamiento del agua; lluvia de diseño y caudales; pendiente de las márgenes - Se debe evaluar la necesidad de sistemas de filtración y retención de sólidos o remoción de grasas en la entrada para impedir ingreso de material flotante, sedimentos y grasas - Diferentes alternativas de plantas (orillas, márgenes someras, márgenes y zona profundas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficaz en retener grandes volúmenes de agua - Favorece el tratamiento del agua - Regula el nivel del agua subterránea - Estimula la biodiversidad y se convierte en un elemento de paisaje - Agua disponible para otros usos 	<ul style="list-style-type: none"> - No se disminuye el volumen de escorrentía - Requiere de grandes áreas - Pueden generarse condiciones anaeróbicas o crecimiento de algas - Riesgos por acceso de personas 	 <p>(SuD Sostenible, 2021)</p>

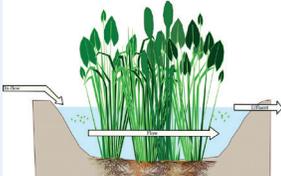
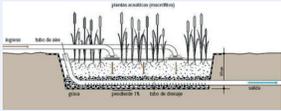
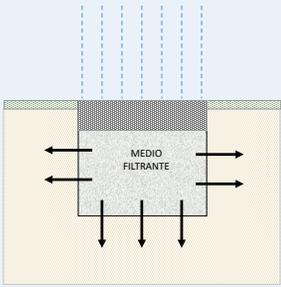
LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Sistema	Descripción general		Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)
Sistema de biorretención por infiltración / recarga	<p>Los sistemas de biorretención son sistemas compuestos por un área de almacenamiento en el que se disponen mantos o sedimentos y vegetación, que son empleados para atenuar la escorrentía y disminuir su velocidad, así como realizar filtración y remoción de contaminantes.</p>	Este sistema es empleado en áreas con baja a moderada de contaminación por escorrentía (áreas residenciales, vías con bajo tráfico, etc.) en donde el suelo natural tiene una alta tasa de infiltración.	<p>- Profundidad del suelo - Espesor de los materiales de drenaje y capa orgánica - Velocidad máxima del flujo</p>	- Bajo costo y fácil implementación	<p>- Su implementación depende de las características del medio - Requiere adecuado mantenimiento de la capa orgánica para mantener el potencial de infiltración o retención de contaminantes - Adecuado diseño de sistemas de drenaje - Ante la existencia de eventos extremos de precipitación se pueden generar desbordamientos en sistemas de biorretención / recarga. No es aplicable en áreas con nivel freático somero o muy baja pendiente</p>	
Sistema de biorretención por filtración / recarga parcial		Este sistema es aplicable a áreas con escorrentía con alto contenido de nutrientes y metales pesados. El sistema tiene un subdren, sin embargo, no tiene una geomembrana o superficie impermeabilizante que separe el suelo incorporado del suelo natural, por lo cual permite recarga parcial al agua subterránea		- Debido a que tiene sistema de drenaje permite el tratamiento de mayores caudales de escorrentía - Costo moderado y fácil implementación		
Sistema de biorretención por infiltración / filtración / recarga		Este sistema es aplicable a áreas con escorrentía con alto contenido de nutrientes, especialmente nitrógeno. Contiene un nivel de grava debajo del subdren, el cual favorece la presencia de zonas aeróbicas y anaeróbicas y por lo tanto la denitrificación		- Favorece la recarga al agua subterránea, debido a la presencia de un nivel de grava debajo del subdren		
Sistema de biorretención por filtración		A diferencia de los otros sistemas de biorretención, este sistema cuenta con una membrana impermeable entre el suelo natural y el suelo incorporado, para evitar la recarga. Puede contener o no subdren. Lo anterior debido a que esta alternativa se emplea para zonas con escorrentía que se caracteriza por altas cargas de contaminación (vías de alto tráfico, estaciones de servicio, estacionamientos, etc.)		- Permite un mejor control de la escorrentía - Impide que se contamine el agua subterránea		

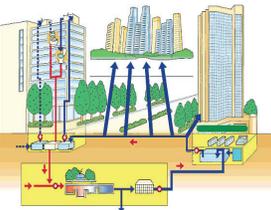
Sistema	Descripción general		Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)
Superficies permeables porosas	<p>Las superficies permeables pueden ser empleadas para el tránsito peatonal o vehicular, a la vez que se permite la infiltración de agua a niveles inferiores. Estos sistemas permiten según la necesidad almacenar temporalmente el agua, reusarla o descargarla mediante drenaje. Para el tratamiento de la calidad del agua se emplea subbase de agregados.</p>	<p>La superficie porosa permite la infiltración del agua a través de toda la superficie</p> <p>El asfalto y el concreto porosos son los más comunes, están compuestos por mezclas de agregados sin materiales finos que permiten la infiltración del agua hacia la subbase en donde se almacena temporalmente el agua para posteriormente ser liberada hacia el drenaje</p>	Carga aplicada	<ul style="list-style-type: none"> - Excelente reducción del caudal pico, volumen de escorrentía y mejoramiento de la calidad del agua - Aplicable en áreas desarrolladas con alta densidad - Reduce necesidad de excavación y drenajes y estructuras (manholes), lo que se traduce en beneficios de costos - Poco mantenimiento - Los costos pueden ser compensados por una disminución en las necesidades de tierra, tuberías y otros materiales. Esto reduce el costo total de instalación de sistemas de drenaje 	<ul style="list-style-type: none"> - La capacidad de carga de estas superficies es inferior a la de sistemas tradicionales, por ello se recomienda para áreas de bajo tráfico como estacionamientos, vías residenciales, ciclovías y vías peatonales - Los costos de instalación son más altos en relación con métodos tradicionales, esto debido a su alto contenido de cemento y control de calidad especializado - Estos sistemas requieren de mantenimiento para evitar taponamiento de poros o vacíos 	 <p>(Félix & Portugal, 2009)</p>
Superficies permeables a través de vacíos		<p>Su uso se recomienda en estacionamientos, calles residenciales, entradas de vehículos, aceras o plazas peatonales.</p> <p>La superficie está formada por un material impermeable al agua, pero que debido a su disposición y espacios vacíos permite la infiltración. Los más comunes son los adoquines, bloques o pavé que están compuestos normalmente por hormigón (para sistemas de baja carga se usa plástico reciclado) entrelazado con espacios. La infiltración la determinan el tipo de material y el espesor del material empleado para rellenar los espacios vacíos.</p>	<p>La instalación típica está compuesta por una base de grava, una capa de arena y adoquines. Los espacios vacíos pueden llenarse con grava, tierra o pasto.</p>	 <p>(Breinco Smart, 2021)</p>		

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Sistema	Descripción general	Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)
Techos verdes	<p>Los techos verdes son sistemas de plantas soportados en un medio de cultivo empleados para interceptar y retener la precipitación, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando los picos de flujo.</p> <p>Estos sistemas representan las siguientes ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - reducen la escorrentía - reducen el consumo de energía y mitigan el efecto de calor en las ciudades. - Mejoran la calidad del aire. - Aumentan la biodiversidad y el hábitat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deslizamientos - Viento. Una estructura de rocas o ladrillos alrededor de la estructura puede ser necesaria para proteger del viento - Selección de plantas teniendo en cuenta las necesidades de agua. En caso de requerir riego en temporadas secas puede emplearse riego por goteo, aspersión y capilares - No emplear materiales inflamables y seleccionar las plantas que se mantengan en periodos secos 	<ul style="list-style-type: none"> - Permiten eliminación de contaminantes urbanos atmosféricos, tienen beneficios ecológicos (hábitat para vida silvestre) y estéticos - Aplicables en zonas desarrolladas de alta densidad - Mejoran la calidad del aire, agua y clima, además de aislar estructuras contra el calor y el ruido - Disminuyen el consumo de energía - Pueden emplearse en producción de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitado por el área disponibles en infraestructura, su capacidad de carga, pendiente (posible necesidad de estabilización adicional), entre otros - Mayor costo en comparación con techos convencionales - Mantenimiento de la vegetación y membrana impermeabilizante - Se requiere riego durante el establecimiento de las plantas y reemplazo de plantas que no se establecieron 	 <p>(Moore Farms, 2021)</p>

Sistema	Descripción general	Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)	
Humedales artificiales con superficie libre de agua	<p>Los humedales artificiales emplean procesos fisicoquímicos y biológicos para el tratamiento de aguas pluviales o tratamiento combinado de aguas residuales y aguas pluviales.</p>	<p>Los humedales artificiales con superficie libre de agua son estanques poco profundos cubiertos por plantas acuáticas que soportan los microorganismos que desarrollan los procesos de tratamiento. Por lo anterior entre más densa es la cobertura de vegetación, más eficiente es el proceso de tratamiento</p> <p>Aplicable para tratar aguas pluviales poco contaminadas, principalmente de áreas residenciales</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Su profundidad limita el crecimiento de las plantas y el contenido de oxígeno (zonas anóxicas para tratamiento de nitrógeno por procesos de denitrificación) - Es posible dimensionar el sistema empleando carga de DBO, tiempo de retención, tasa de infiltración, lluvia de diseño o métodos indirectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Opera adecuadamente ante variaciones de caudal y carga contaminante - Buena remoción de materia orgánica y nitrógeno en el cuerpo de agua y remoción de fósforo y compuestos orgánicos en sistemas subsuperficiales 	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento de área - El proceso no es controlado. - El proceso es lento. - Sistema sujeto a sobrecarga 	 <p>(White, 2013)</p>
Humedales artificiales de flujo subsuperficial	<p>Los humedales artificiales de flujo subsuperficial con sistemas aislados por membranas impermeables, que se llenan con medios filtrantes (arena, grava, etc.) y cubiertos con macrófitas pueden tener flujo horizontal o vertical.</p> <p>Tiene buena eficiencia de remoción de compuestos orgánicos de alto peso molecular (petróleo) y por tanto es útil en el tratamiento de escorrentías de estacionamientos y carreteras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Es posible dimensionar el sistema empleando tiempo de retención, tasa de infiltración, lluvia de diseño o métodos indirectos 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil incorporación al paisaje y aumento de la biodiversidad - Bajo costo de mantenimiento y energía debido a que emplea procesos naturales - Opera como un ecosistema 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de la eliminación de excesos de sólidos para mantener su funcionalidad y prolongar su vida útil - Se debe evaluar su uso para impedir la contaminación del suelo o del agua subterránea 	 <p>(Baeza, 2021)</p>	
Zanjas de infiltración / drenajes de filtro (filtro francés)	<p>Son excavaciones que se llenan con un medio filtrante grueso que permiten la infiltración del agua en el subsuelo, almacenaje, filtración y reducción de la velocidad de flujo.</p> <p>Puede emplearse como un drenaje al incorporarse tubería perforada al medio filtrante para transportar el agua que no se infiltra a un punto de descarga.</p> <p>Se recomienda su aplicación en aguas pluviales poco contaminadas, principalmente de áreas residenciales, para evitar problemas de contaminación de suelos o del agua subterránea.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contenido de sólidos del agua - Dimensionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Permite la remoción de contaminantes mediante la absorción, filtración y descomposición microbiana en el suelo circundante al drenaje de filtro 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de la eliminación de excesos de sólidos para mantener su funcionalidad y prolongar su vida útil - Se debe evaluar su uso para impedir la contaminación del suelo o del agua subterránea 		

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Sistema	Descripción general	Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)
Sistemas de captación de aguas lluvias	<p>Es la captación de agua de lluvia para su uso. Puede ser recolectada de techos y otras áreas impermeables, almacenada, tratada (cuando se requiera) y luego se utiliza como suministro de agua para uso doméstico, comercial, industrial o institucional.</p> <p>Estos sistemas representan los siguientes beneficios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminuyen escorrentía. - Disminuyen la demanda de agua. - Reducen el volumen de almacenamiento. <p>Se diseñan para proveer un nivel específico de servicio, pueden emplearse para la conservación del agua (suministro) o para la gestión del agua superficial, o ambas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño hidráulico - Lluvia de diseño - Oferta y demanda - Superficie de captación (área y materiales) - Diseño del sistema de tratamiento según el uso (pretratamiento, filtración, tratamiento biológico y desinfección) 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuyen la demanda de agua de fuentes superficiales y subterráneas y la dependencia de suministro de sistemas centralizados y los impactos asociados a estos - Bajo costo de inversión y disminución de costos asociados al consumo de agua - El agua de lluvia tiene buena calidad fisicoquímica y microbiológica por lo que permite múltiples usos 	<ul style="list-style-type: none"> - Para que esta alternativa sea efectiva debe masificarse o complementarse con el uso de otros sistemas urbanos de drenaje sostenible. - El agua requiere un adecuado manejo para evitar que se contamine - El mantenimiento y operación son dependientes de la superficie de captación y el uso 	 <p style="text-align: center;">(Furumai, 2012)</p>
Barriles de lluvia	<p>Son sistemas de almacenamiento pequeños que recolectan y almacenan el agua lluvia. Las estructuras de almacenamiento son variables y pudiéndose emplear: barriles plásticos, cisternas en hormigón, metal, polipropileno, fibra de vidrio, entre otros.</p> <p>El agua almacenada se limita a uso doméstico, sin incluir el consumo humano. Por ello, normalmente no se emplea ningún tratamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mosquitos y algas 	<ul style="list-style-type: none"> - Sencillo y económico de implementar - Fácil mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - El tamaño limita el volumen de almacenamiento - Poco retorno en función de la inversión - Crecimiento de algas y mosquitos 	 <p style="text-align: center;">(Kloss & Lukes, 2008)</p>

Sistema	Descripción general	Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)
Sistemas de tratamiento	<p>Son sistemas empleados para el tratamiento de la escorrentía y remoción de contaminantes, los cuales se fundamentan en los siguientes principios de tratamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filtración: el agua es filtrada a través de varios medios filtrantes, en cámaras construidas por debajo de la superficie del terreno. - Filtración biológica: cuenta con un medio de soporte en el que crecen plantas o biopelículas. - Eliminación de sedimentos: por métodos físicos e.g. separadores hidrodinámicos o vórtex que emplean la gravedad o fuerza centrífuga para eliminar sedimentos o escombros. - Eliminación de material flotante por métodos físicos: separadores de aceite o sólidos suspendidos, en cámaras que favorecen la flotación y sedimentación. - Se pueden emplear varios procesos de manera simultánea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño hidráulico - Características de los contaminantes presentes en la escorrentía <ul style="list-style-type: none"> - Las concentraciones en la entrada - Mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Son sistemas que pueden ser empleados para disminuir los requerimientos de tratamiento de aguas de escorrentía o para mejorar la provisión de servicios aguas abajo o para eliminar contaminantes prioritarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Requieren de mantenimiento periódico - El mantenimiento influye su eficacia 	<p>Canales de tratamiento.</p>  <p>(Woods Ballard <i>et ál.</i>, 2015)</p>
Canales con vegetación	<p>Canales abiertos de poca profundidad, de fondo plano y vegetación (usualmente pastos) diseñados para transportar, tratar y a menudo atenuar la escorrentía. El sistema tiene el propósito de promover la sedimentación, la infiltración a través de la zona radicular y matriz del suelo, y la evapotranspiración e infiltración en el suelo circundante, especialmente en zonas de pendiente escarpada.</p> <p>Empleados normalmente como sistemas de drenaje de carreteras, caminos o aparcamientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sección transversal <ul style="list-style-type: none"> - Ancho de la base - Pendiente longitudinal y estructuras de control (presas) - Lateralmente debe ser preferiblemente plano - Profundidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicable y adaptable a las condiciones de la mayor parte de los sitios - Fácil diseño e instalación <ul style="list-style-type: none"> - Buena reducción de sedimentos y contaminantes - Generan bienestar, se adaptan a paisajes generando amplios corredores verdes - El mantenimiento se relaciona principalmente a la poda de la vegetación 	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de contaminación de aguas subterráneas si el suelo no tiene alto contenido de materia orgánica o arcilla, por lo tanto, debe ser tomada en cuenta la vulnerabilidad para proteger el agua subterránea - La infiltración es dependiente del terreno <ul style="list-style-type: none"> - Alto requerimiento de área - Requiere tratamientos adicionales dependiendo de las condiciones de calidad de la escorrentía - Puede requerirse limpieza de acumulaciones de sedimentos 	 <p>(Woods Ballard <i>et ál.</i>, 2015)</p>

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Sistema	Descripción general	Parámetros que controlar	Ventaja	Desventaja	Imagen (fuente)
Esquemas de sistemas urbanos de drenaje sostenible que emplean árboles	<p>Desde el punto de vista de la gestión del agua superficial la presencia de árboles atenúa la escorrentía debido a los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transpiración: se favorece la evaporación a través de las hojas de los árboles. - Interceptación: las hojas, las ramas y las superficies del tronco retienen importantes volúmenes de agua, retrasando el pico y volumen de escorrentía. - Infiltración: las raíces aumentan la infiltración del suelo. - Fitorremediación: los árboles toman del suelo pequeñas cantidades de sustancias químicas (metales, compuestos orgánicos, combustibles y solventes) y los transforman, usan como nutrientes o almacenan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los árboles requieren suficiente espacio, suelo apropiado (nutrientes), suficiente intercambio de gases, drenaje adecuado y suministro de agua - Criterios de selección del árbol (tamaño (altura, dosel y raíces), tasas de crecimiento, longevidad, tolerancia a condiciones ambientales (disponibilidad de agua, contaminación del aire) y suelos, criterios estéticos (belleza y caída de hojas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejoran el bienestar de la población debido a su valor estético - Tienen ventajas adicionales a la gestión de aguas superficiales (regulan el clima disminuyen el consumo energético, reducen el ruido, mejoran hábitats para vida silvestre, absorción y almacenan dióxido de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicables en áreas de drenaje locales - Aplicables en áreas con buena capacidad de infiltración 	 <p>(Woods Ballard <i>et ál.</i>, 2015)</p>
tanques de almacenamiento para atenuación	<p>Estos sistemas se emplean para crear un almacenamiento subterráneo temporal de agua superficial, antes de su infiltración, liberación controlada o uso. Para el almacenamiento se emplean diversas opciones entre las que se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructuras de plásticos o polímeros. Unidades geocelulares. - Tuberías de concreto, acero o plástico corrugado. <ul style="list-style-type: none"> - Secciones de box culverts y tanques - Estructuras híbridas que utilizan paredes en tierra reforzada y paneles de techo en hormigón. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño estructural (cargas, factores de seguridad, deformación, resistencia), geotécnico e hidráulico - Comportamiento de aguas subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden ser empleados para cualquier sitio que requiera almacenamiento en el subsuelo - El agua almacenada puede ser destinada para uso, generando beneficios a la población 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere pretratamiento, para evitar acumulación de sedimentos, especialmente en sistemas con acceso limitado para su remoción - En áreas con suelos o aguas subterráneas contaminadas se debe hacer un análisis de riesgo y de medidas para reducirlo - Deben estar instalados por encima del nivel freático o hacerse un diseño que evite problemas de flotación 	 <p>(Woods Ballard <i>et ál.</i>, 2015)</p>

Fuente: elaborado a partir de (Estonia-Latvia Programme, 2013).



6

ORIENTACIONES PARA EL USO DE AGUAS LLUVIAS

A continuación, se establecen algunos aspectos para tener en cuenta para potencializar el uso de aguas lluvias en el país:

Los lineamientos, se deben aplicar teniendo en cuenta la normativa ambiental vigente (ver numeral 3.1) en relación con el uso del agua lluvia sin y con concesión, y teniendo en cuenta las particularidades de cada caso. Además, se deben tener en cuenta las excepciones establecidas en el Decreto 1210 de 2020 (Presidencia de la República de Colombia, 2020) para el uso de agua para consumo humano y doméstico de viviendas rurales dispersas.

Aunque las acciones para potencializar el uso del agua lluvia, pueden desarrollarse en todo el territorio nacional, se deberán priorizar acciones en las 84 subzonas hidrográficas del país identificadas como en evidente estrés hídrico y sus principales usuarios del agua (ver numeral 3.2). Lo anterior permite que se empleen las alternativas de uso y gestión de aguas lluvias del capítulo 5, de acuerdo con las condiciones de uso del agua de cada subzona hidrográfica y las necesidades de los diferentes usuarios y condiciones del territorio. Esto, en armonía con los objetivos de gobierno establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. La priorización de acciones para potencializar el uso del agua lluvia en estas subzonas, tiene el potencial de beneficiar a 268 de los municipios con susceptibilidad al desabastecimiento identificados en el ENA 2018.

Se debe fortalecer por parte de las autoridades ambientales el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) de usuarios de agua lluvia, como una herramienta que le permita mejorar el conocimiento del uso del agua dentro de su jurisdicción e incorporarla en los procesos de administración del recurso hídrico. Esto servirá igualmente para evaluar los resultados de la implementación de los presentes lineamientos.

En el capítulo 4, se incorporan elementos técnicos que permiten a los usuarios del recurso hídrico mejorar la comprensión de la potencialidad de este recurso en términos de oferta de agua, variabilidad espacial y variabilidad temporal a partir de información regional; el monitoreo de la precipitación a nivel nacional y regional y cómo los usuarios acceden a dicha información. Con base en lo anterior, se insta a los diferentes usuarios del recurso hídrico y a las comunidades a usar la información de precipitación generada a nivel nacional o regional y a promover el monitoreo de la precipitación a escala local, con el objetivo de fortalecer el conocimiento de la oferta como una herramienta para gestionar sus posibilidades de uso.

La propuesta metodológica en relación con el diseño de sistemas de uso directo de agua lluvia, debe ser considerada como herramienta para la toma de decisiones que permitan mitigar adecuadamente los efectos de la escasez de agua (fuente alterna de abastecimiento) y el cambio climático. No obstante, los usuarios podrán considerar otros métodos para su diseño.

7

BIBLIOGRAFÍA

- AIEA. (2016). *Programa formativo para profundización en técnicas de gestión hídrica, hidrogeología y recarga artificial de acuíferos*.
- Alcaldía de Bogotá. (2014). *Parque Metropolitano Simón Bolívar, el pulmón de Bogotá*. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/turismo/parque-metropolitano-simon-bolivar-el-pulmon-de-bogota>
- Baeza, B. S. (2021). *Procesos extensivos, depuración natural al alcance de todos: tipos, ventajas e inconvenientes*. <https://www.iagua.es/blogs/belen-sanchez-baeza/procesos-extensivos-depuracion-natural-al-alcance-todos-tipos-ventajas-e>
- Breinco Smart. (2021). *Pavimentos de exterior*. <https://www.breinco.com/es/pavimentos-de-exterior/pavimentos-drenantes/kodole/>
- Congreso de la República. (2012). *Ley 1523 de 2012 “por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones” 24 de abril de 2012. D.O. No. 48.411*. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html
- Congreso de la República de Colombia. (2019). *Ley 1955 de 2019 “Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 ‘Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad’”. 25 de mayo 2019. D.O. No. 50.964*.
- EAAB-ESP. (2018). *NS-166 Criterios para diseño y construcción de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)*.
- Estonia-Latvia Programme. (2013). *Handbook on Sustainable Urban Drainage Systems. Project code EU41702*.
- FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo* (Ediciones Mundi-Prensa (ed.)).
- FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia* (Maval Ltda. (ed.)).
- Félix, C., & Portugal, L. (2009). *Hidrología: “Pavimentos de concreto permeable.”* <http://soy-ingeniero-civil.blogspot.com/2009/03/hidrologia-pavimentos-de-concreto.html>
- Fundación Montecito. (2019). *Proyectos*. <http://www.fundacionmontecito.org/proyectos-descripcion.html>
- Furumai, H. (2012). *Significance of Rainwater and Reclaimed Water as Urban Water Resource for Sustainable Use*.
- Geowweather. (2016). *Rain Gauge*. <http://geowweather2016.blogspot.com/2016/10/rain-gauge.html>
- Ideam. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*.
- Ideam. (2013a). *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua*.
- Ideam. (2013b). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia* (N. Ó. Vargas Martínez & M. García Herrán (eds.)). <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACIONHIDROGRAFICA.pdf>
- Ideam. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf
- Ideam. (2019a). *Estudio Nacional del Agua 2018*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023858/ENA_2018.pdf

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

- Ideam. (2019b). *Guía metodológica de la operación estadística variables meteorológicas*.
- Ideam. (2021a). *Catálogo Nacional de Estaciones*. <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>
- Ideam. (2021b). *Geoportal DHIME*. <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- JICA. (2015). *Guía práctica para cosechar el agua de lluvia: opciones técnicas para la agricultura familiar en la Sierra*.
- Kloss, C., & Lukes, R. (2008). *Managing Wet Weather with Green Infrastructure Municipal Handbook*. Green Streets EPA-833-F-08-009.
- MinAmbiente-Coralina. (2013). *Convenio 319 de 2013 para aunar esfuerzos técnicos y financieros para realizar un proyecto piloto de recarga artificial de los acuíferos de San Andrés*.
- MinAmbiente. (2014). *Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos*. Imprenta Nacional de Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-38.-Guia-metodologica-para-la-formulacion-de-planes-de-manejo-ambiental-de-acuiferos-PMAA-1.pdf>
- MinAmbiente. (2019). *Metodología para el diseño de módulos de consumo del agua*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/5.-Anexo-5-Metodologia-Estimacion-Modulos-de-Consumo-del-Agua.pdf>
- Moore Farms. (2021). *Green Roof and Living Wall*. <https://moorefarmsbg.org/the-garden/garden-guide/garden-wall/>
- Mundiario. (2017). *La infraestructura verde debería ser el futuro de las ciudades*. <https://www.mundiario.com/articulo/economia/conoce-mejor-forma-promover-infraestructura-verde-ciudades/20170803181411096422.html>
- MVCT. (2017). *Resolución 330 de 2017 “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”*. 17 de.
- MVCT. (2018a). *Plan director de agua y saneamiento básico del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Visión estratégica 2018 - 2030*.
- MVCT. (2018b). *Resolución 0844 del 08 de noviembre de 2018 “Por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del Título 7, part*. <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/requisitos-tecnicos-minimos-para-el-area-rural>
- MVCT. (2021). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Título J alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural*. (p. 486).
- OMM. (2010). *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos - OMM-Nº 8*. 773.
- OMM. (2011). *Guía de prácticas hidrológicas volumen I (sexta)*.
- OMS. (2020). *Sanitary Inspection Form. Rainwater collection and storage*.
- OPS-CEPIS. (2003). *Especificaciones técnicas. captación de agua de lluvia para consumo humano*.

- Presidencia de la República de Colombia. (1974). *Decreto 2811 de 1974 “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”*. 27 de enero de 1975. D.O. No 34.243.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). *Decreto 1076 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”*. 26 de mayo de 2015. D.O. No. 49.523. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_1076_2015.htm
- Presidencia de la República de Colombia. (2020). *Decreto 1210 de 2020 “Por el cual se modifica y adiciona parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario de Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico, se reglamenta parcialmente e*.
- Ramsar. (1971). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales* (Vol. 6). Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Secretaria de Ambiente. (2021). *Techos verdes y jardines verticales*. <https://ambientebogota.gov.co/es/techos-verdes-y-jardines-verticales>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2022). *Humedal El Salitre*. <http://humedalesdebogota.ambientebogota.gov.co/inicio/humedal-salitre/>
- SuD Sostenible. (2021). *Estanques de retención*. <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/estanques-de-retencion/>
- UN-Water. (2013). *Water Security & the Global Water Agenda*.
- UNESCO-PHI. (2005). *Estrategias para la gestión de recarga de acuíferos (GRA) en zonas semiáridas* (I. Gale (ed.)). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- UNESCO. (2015). *Documento técnico N° 36: manual de diseño y construcción de sistemas de capacitación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile*. (E. U. de Talca (ed.)).
- White, S. A. (2013). *Wetland Technologies for Nursery and Greenhouse Compliance with Nutrient Regulations*. 48(9). <https://doi.org/10.21273/hortsci.48.9.1103>
- WHO. (2020). *Technical Fact Sheet: Rainwater Collection and Storage*. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/sanitary-inspection-packages/2-tfs-rainwater-collection-storage-d.pdf?sfvrsn=8dfb1bf8_6
- WMO. (2012). *WMO-No. 385. International Glossary of Hydrology*.
- Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). *The SUDS Manual*. CIRIA.
- World Agroforestry. (2019). *Nature-Based Solutions - Parts of the Solution to the Climate Crisis*. <https://www.worldagroforestry.org/blog/2019/12/20/nature-based-solutions-parts-solution-climate-crisis>
- WWAP/ONU-Agua. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>

Anexo 1. Datos de oferta hídrica total superficial a nivel de subzona hidrográfica (Ideam, 2019a)

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Código	Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total		Escorrentía			Rendimiento año medio		Rendimiento año seco		Rendimiento año húmedo					
	Nombre	Área (km ²)	Año medio (millones m ³)	Año seco (millones m ³)	Año húmedo (millones m ³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/mes/m ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²				
Zona Hidrográfica Caribe																	
Zona Hidrográfica Atrato - Darién																	
1101	Río Andágueda	902	7492.1	3090.5	13387.7	8307.7	3426.9	14845.1	263.4	682.8	22.8	108.7	281.7	9.4	470.7	1220.1	40.7
1102	Alto Atrato	1668	9803.8	4782.5	19200.1	5878.4	2867.6	11512.3	186.4	483.2	16.1	90.9	235.7	7.9	365.1	946.2	31.5
1103	Río Quito	1817	11032.1	6145.9	20700.5	6073.0	3383.2	11395.3	192.6	499.2	16.6	107.3	278.1	9.3	361.3	936.6	31.2
1104	Río Bebaramá y otros Directos Atrato (margen derecha)	2598	18319.3	8782.4	31816.4	7050.1	3379.8	12244.3	223.6	579.5	19.3	107.2	277.8	9.3	388.3	1006.4	33.5
1105	Directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá (margen izquierda)	3094	17747.7	9665.4	28659.6	5736.1	3123.9	9262.9	181.9	471.5	15.7	99.1	256.8	8.6	293.7	761.3	25.4
1106	Directos Atrato entre ríos Bebaramá y Murrí (margen derecha)	1605	6369.5	3406.9	11217.9	3967.9	2122.4	6988.3	125.8	326.1	10.9	67.3	174.4	5.8	221.6	574.4	19.1
1107	Río Murrí	3472	9826.0	4108.1	19218.2	2830.2	1183.3	5535.4	89.7	232.6	7.8	37.5	97.3	3.2	175.5	455.0	15.2
1108	Río Bojayá	1820	8765.8	4434.3	15124.1	4816.6	2436.6	8310.4	152.7	395.9	13.2	77.3	200.3	6.7	263.5	683.0	22.8
1109	Río Napipi - río Opogodó	1120	4561.3	2306.0	8002.4	4073.9	2059.6	7147.3	129.2	334.8	11.2	65.3	169.3	5.6	226.6	587.4	19.6
1110	Río Murrindó - Directos al Atrato	2656	8809.2	4408.7	17789.0	3317.1	1660.1	6698.4	105.2	272.6	9.1	52.6	136.4	4.5	212.4	550.6	18.4
1111	Río Suicio	5376	14535.8	6041.8	30057.7	2704.0	1123.9	5591.5	85.7	222.3	7.4	35.6	92.4	3.1	177.3	459.6	15.3
1112	Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato	5844	15169.8	6244.2	34311.5	2595.8	1068.5	5871.3	82.3	213.4	7.1	33.9	87.8	2.9	186.2	482.6	16.1
1113	Río Cacarcá	1158	1866.5	618.9	4943.6	1612.4	534.7	4270.6	51.1	132.5	4.4	17.0	43.9	1.5	135.4	351.0	11.7
1114	entre río Suicio y desembocadura al mar Caribe	2056	4407.3	1464.3	11761.7	2143.8	712.3	5721.3	68.0	176.2	5.9	22.6	58.5	2.0	181.4	470.2	15.7
1115	Río Tanela y otros Directos al Caribe	1451	2757.6	752.8	8098.9	1900.0	518.7	5580.1	60.2	156.2	5.2	16.4	42.6	1.4	176.9	458.6	15.3
1116	Río Iolú y otros Directos al Caribe	714	1667.9	518.1	4560.3	2334.9	725.2	6384.0	74.0	191.9	6.4	23.0	59.6	2.0	202.4	524.7	17.5
1117	Río Cabú y otros Directos Atrato (margen derecha)	468	3456.9	2026.1	5808.8	7389.7	4330.9	12417.1	234.3	607.4	20.2	137.3	356.0	11.9	393.7	1020.6	34.0
Zona Hidrográfica Caribe Litoral																	
1201	Río León	2278	5305.2	1649.1	14794.1	2328.6	723.9	6493.5	73.8	191.4	6.4	23.0	59.5	2.0	205.9	533.7	17.8
1202	Río Mulatos y otros directos al Caribe	2981	1297.0	316.0	4503.2	435.1	106.0	1510.7	13.8	35.8	1.2	3.4	8.7	0.3	47.9	124.2	4.1
1203	Río San Juan	1444	512.3	154.8	1326.3	354.7	107.2	918.4	11.2	29.2	1.0	3.4	8.8	0.3	29.1	75.5	2.5
1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	1898	940.9	379.0	1747.6	495.7	199.7	920.8	15.7	40.7	1.4	6.3	16.4	0.5	29.2	75.7	2.5

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Código	Zonificación hidrográfica - SZH	Nombre	Área (km²)	Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo		
				Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km²	l/mes/m²	l/día/m²	l/s/km²	l/mes/m²	l/día/m²	l/s/km²	l/mes/m²	l/día/m²
1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo		2506	1140.0	505.4	2015.5	455.0	201.7	804.4	37.4	1.2	6.4	16.6	0.6	25.5	66.1	2.2	
1206	Arroyos Directos al Caribe		1868	436.5	172.5	919.1	233.7	92.4	491.9	7.4	19.2	0.6	7.6	0.3	15.6	40.4	1.3	
Zona Hidrográfica Sinú																		
1301	Alto Sinú - Urrá		4596	9886.9	4096.4	22465.8	2151.4	891.4	4888.6	68.2	176.8	5.9	28.3	2.4	155.0	401.8	13.4	
1302	Medio Sinú		3927	2733.5	1310.7	4741.4	696.1	333.8	1207.5	22.1	57.2	1.9	10.6	0.9	38.3	99.2	3.3	
1303	Bajo Sinú		5580	2091.9	1085.3	3397.1	374.9	194.5	608.9	11.9	30.8	1.0	6.2	0.5	19.3	50.0	1.7	
Zona Hidrográfica Caribe - Guajira																		
1501	Río Piedras - río Manzanares		930	971.7	206.7	3496.9	1045.3	222.4	3761.6	33.1	85.9	2.9	7.1	0.6	119.3	309.2	10.3	
1502	Río Don Diego		542	1227.7	309.2	4458.9	2265.4	570.5	8227.7	71.8	186.2	6.2	18.1	1.6	260.9	676.3	22.5	
1503	Río Ancho y Otros Directos al Caribe		1956	2213.6	556.1	8645.2	1131.9	284.4	4420.8	35.9	93.0	3.1	9.0	0.8	140.2	363.4	12.1	
1504	Río Tapias		1079	700.1	82.0	2551.8	649.1	76.1	2365.9	20.6	53.4	1.8	2.4	0.2	75.0	194.5	6.5	
1505	Río Camarones y otros directos Caribe		894	173.0	19.1	790.8	193.4	21.3	884.1	6.1	15.9	0.5	0.7	1.8	28.0	72.7	2.4	
1506	Río Ranchería Directos Caribe - Ay.		4286	944.2	86.2	4302.9	220.3	20.1	1004.0	7.0	18.1	0.6	0.6	1.7	31.8	82.5	2.8	
1507	Sharimahana Alta Guajira		5387	142.9	14.0	766.7	26.5	2.6	142.3	0.8	2.2	0.1	0.1	0.2	4.5	11.7	0.4	
1508	Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo		5662	246.8	16.0	1586.2	43.6	2.8	280.2	1.4	3.6	0.1	0.1	0.2	8.9	23.0	0.8	
1509	Río Guachaca - Menguacua y Buritaca		685	1638.2	356.0	6472.2	2393.0	520.0	9454.4	75.9	196.7	6.6	16.5	1.4	299.8	777.1	25.9	
Zona Hidrográfica Catatumbo																		
1601	Río Pamplonita		1406	662.5	178.6	1910.6	471.2	127.0	1358.9	14.9	38.7	1.3	4.0	0.3	43.1	111.7	3.7	
1602	Río Zulia		3428	2475.8	701.5	6190.7	722.2	204.6	1806.0	22.9	59.4	2.0	6.5	0.6	57.3	148.4	4.9	
1603	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)		3441	4577.8	1134.4	12688.9	1330.2	329.6	3687.1	42.2	109.3	3.6	10.5	0.9	116.9	303.0	10.1	
1604	Río Tarra		1763	1573.7	546.9	4292.3	892.4	310.1	2434.0	28.3	73.3	2.4	9.8	0.8	77.2	200.1	6.7	
1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)		2340	1907.8	607.5	5283.5	815.2	259.6	2257.7	25.9	67.0	2.2	8.2	0.7	71.6	185.6	6.2	
1606	Río Socuavo del Norte y río Socuavo Sur		966	2507.3	835.2	6159.9	2595.1	864.4	6375.6	82.3	213.3	7.1	27.4	2.4	202.2	524.0	17.5	
1607	Bajo Catatumbo		1250	3470.5	1239.6	8467.9	2776.3	991.6	6774.1	88.0	228.2	7.6	31.4	2.7	214.8	556.8	18.6	
1608	Río del Sureste y Directos río de Oro		1877	3914.0	1180.3	10948.9	2085.1	628.8	5832.7	66.1	171.4	5.7	19.9	1.7	185.0	479.4	16.0	
Zona Hidrográfica Islas Caribe																		
1701	San Andrés		27	24.0	S.I.	S.I.	879.1	S.I.	S.I.	27.9	72.3	2.4	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	
1702	Providencia		22	14.0	S.I.	S.I.	624.6	S.I.	S.I.	19.8	51.3	1.7	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	
1703	Roncador y Quitasueño			S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo			
Código	Nombre	Área (km ²)	Año medio (millones m ³)	Año seco (millones m ³)	Año húmedo (millones m ³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²
Área Hidrográfica Magdalena - Cauca																	
Zona Hidrográfica Alto Magdalena																	
2101	Alto Magdalena	2506	3437.3	1590.7	6291.0	1371.4	634.7	2509.9	43.5	112.7	3.8	20.1	52.2	1.7	79.6	206.3	6.9
2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena	382	168.3	102.8	327.3	440.2	268.8	856.2	14.0	36.2	1.2	8.5	22.1	0.7	27.2	70.4	2.3
2103	Río Suaza	1422	1915.4	910.3	3452.9	1346.6	640.0	2427.6	42.7	110.7	3.7	20.3	52.6	1.8	77.0	199.5	6.7
2104	Ríos Directos al Magdalena (margen izquierda)	1544	924.3	514.7	1873.6	598.7	333.4	1213.6	19.0	49.2	1.6	10.6	27.4	0.9	38.5	99.7	3.3
2105	Ríos directos	5203	5691.8	2514.5	11262.5	1093.9	483.2	2164.4	34.7	89.9	3.0	15.3	39.7	1.3	68.6	177.9	5.9
2106	Magdalena (margen derecha)	1150	640.0	342.0	1297.9	556.5	297.4	1128.5	17.6	45.7	1.5	9.4	24.4	0.8	35.8	92.8	3.1
2108	Río Yaguará y río Iquira	937	745.2	267.5	2182.5	795.0	285.3	2328.2	25.2	65.3	2.2	9.0	23.5	0.8	73.8	191.4	6.4
2109	Juncal y otros ríos directos al Magdalena	452	209.6	100.6	425.8	464.0	222.6	942.3	14.7	38.1	1.3	7.1	18.3	0.6	29.9	77.4	2.6
2110	Río Neva	1071	709.0	322.5	1627.7	662.1	301.2	1520.2	21.0	54.4	1.8	9.6	24.8	0.8	48.2	124.9	4.2
2111	Río Fortalecidas y otros	2159	980.1	346.3	2341.2	453.9	160.4	1084.2	14.4	37.3	1.2	5.1	13.2	0.4	34.4	89.1	3.0
2112	Río Baché	1169	1029.6	438.0	2147.7	881.1	374.8	1837.9	27.9	72.4	2.4	11.9	30.8	1.0	58.3	151.1	5.0
2113	Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena	2607	1737.4	666.1	4154.1	666.5	255.5	1593.5	21.1	54.8	1.8	8.1	21.0	0.7	50.5	131.0	4.4
2114	Río Cabrera	2806	2816.3	885.4	7005.1	1003.6	315.5	2496.3	31.8	82.5	2.7	10.0	25.9	0.9	79.2	205.2	6.8
2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (margen derecha)	1036	681.2	228.6	1749.5	657.5	220.7	1688.8	20.8	54.0	1.8	7.0	18.1	0.6	53.6	138.8	4.6
2116	Río Prado	1676	1469.1	428.8	3594.3	876.5	255.8	2144.4	27.8	72.0	2.4	8.1	21.0	0.7	68.0	176.3	5.9
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	1076	1054.9	340.3	2235.0	980.2	316.3	2076.8	31.1	80.6	2.7	10.0	26.0	0.9	65.9	170.7	5.7
2119	Río Sumapaz	3048	1609.6	462.5	3991.5	528.0	151.7	1309.4	16.7	43.4	1.4	4.8	12.5	0.4	41.5	107.6	3.6
2120	Río Bogotá	5933	1457.8	382.7	4678.3	245.7	64.5	788.5	7.8	20.2	0.7	2.0	5.3	0.2	25.0	64.8	2.2
2121	Río Coello	1832	1419.4	648.1	3028.3	774.8	353.8	1653.0	24.6	63.7	2.1	11.2	29.1	1.0	52.4	135.9	4.5
2122	Río Opía	553	361.4	117.7	779.6	653.4	212.8	1409.5	20.7	53.7	1.8	6.7	17.5	0.6	44.7	115.8	3.9
2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	1773	755.1	206.3	2392.9	425.9	116.4	1349.7	13.5	35.0	1.2	3.7	9.6	0.3	42.8	110.9	3.7
2124	Río Totare	1437	1015.2	375.5	2400.1	706.4	261.3	1670.1	22.4	58.1	1.9	8.3	21.5	0.7	53.0	137.3	4.6
2125	Río Lagunilla y otros Directos al Magdalena	2754	2134.7	729.0	5517.4	775.2	264.8	2003.8	24.6	63.7	2.1	8.4	21.8	0.7	63.5	164.7	5.5
Zona Hidrográfica Saldaña																	
2201	Alto Saldaña	2584	3020.8	1246.4	7405.2	1169.1	482.3	2865.9	37.1	96.1	3.2	15.3	39.6	1.3	90.9	235.6	7.9
2202	Río Atá	1535	1601.0	725.2	3492.0	1042.9	472.4	2274.6	33.1	85.7	2.9	15.0	38.8	1.3	72.1	187.0	6.2

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo			
Código	Nombre	Área (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	I/s/km²	I/mes/m²	I/día/m²	I/s/km²	I/mes/m²	I/día/m²	I/s/km²	I/mes/m²	I/día/m²
2203	Medio Saldaña	604	700.8	272.6	1588.1	1159.9	451.2	2628.4	36.8	95.3	3.2	14.3	37.1	1.2	83.3	216.0	7.2
2204	Río Amoyá	1463	1813.9	710.3	4129.1	1240.1	485.6	2823.0	39.3	101.9	3.4	15.4	39.9	1.3	89.5	232.0	7.7
2206	Río Tetuán, río Ortega	1205	1139.2	371.1	2609.2	945.5	308.0	2165.5	30.0	77.7	2.6	9.8	25.3	0.8	68.7	178.0	5.9
2207	Río Cucuana	1866	1237.7	479.5	3000.4	663.2	256.9	1607.6	21.0	54.5	1.8	8.1	21.1	0.7	51.0	132.1	4.4
2208	Bajo Saldaña	706	495.7	216.8	1026.1	702.0	307.1	1453.2	22.3	57.7	1.9	9.7	25.2	0.8	46.1	119.4	4.0
Zona Hidrográfica Medio Magdalena																	
2301	Río Guallí	876	1557.2	483.6	3521.1	1777.0	551.8	4018.0	56.3	146.1	4.9	17.5	45.4	1.5	127.4	330.3	11.0
2302	Río Guarínó	844	1426.0	496.9	3759.9	1689.9	588.9	4455.7	53.6	138.9	4.6	18.7	48.4	1.6	141.3	366.2	12.2
2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (margen derecha) Directos Magdalena	435	414.8	145.6	1039.4	954.1	334.8	2390.7	30.3	78.4	2.6	10.6	27.5	0.9	75.8	196.5	6.5
2304	entre ríos Guarínó y La Miel (margen izquierda)	966	1638.5	607.4	4188.6	1696.4	628.8	4336.6	53.8	139.4	4.6	19.9	51.7	1.7	137.5	356.4	11.9
2305	Río La Miel (Samaná)	2400	7078.4	2646.9	16471.3	2948.9	1102.7	6862.0	93.5	242.4	8.1	35.0	90.6	3.0	217.6	564.0	18.8
2306	Río Negro Directos Magdalena	4572	4466.9	1329.1	11768.9	977.0	290.7	2574.1	31.0	80.3	2.7	9.2	23.9	0.8	81.6	211.6	7.1
2307	Medio entre ríos La Miel y Nare (margen izquierda)	1484	2476.1	1194.8	4545.5	1668.0	804.9	3062.0	52.9	137.1	4.6	25.5	66.2	2.2	97.1	251.7	8.4
2308	Río Nare Río San Bartolo y otros	5600	11916.8	5616.6	23049.2	2128.0	1003.0	4115.9	67.5	174.9	5.8	31.8	82.4	2.7	130.5	338.3	11.3
2310	directos al Magdalena Medio	3596	3511.3	1868.3	7058.4	976.6	519.6	1963.1	31.0	80.3	2.7	16.5	42.7	1.4	62.2	161.3	5.4
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (margen derecha)	2685	2944.4	1351.8	6198.7	1096.7	503.5	2308.8	34.8	90.1	3.0	16.0	41.4	1.4	73.2	189.8	6.3
2312	Río Carare (Minero)	7283	10763.1	3836.9	25147.5	1477.9	526.9	3453.1	46.9	121.5	4.0	16.7	43.3	1.4	109.5	283.8	9.5
2314	Río Opon	4318	6575.0	2568.5	14561.1	1522.5	594.8	3371.8	48.3	125.1	4.2	18.9	48.9	1.6	106.9	277.1	9.2
2317	Río Cimitarra y otros directos al Magdalena Río Lebrija y otros	4972	6991.4	3186.2	13940.3	1406.0	640.8	2803.5	44.6	115.6	3.9	20.3	52.7	1.8	88.9	230.4	7.7
2319	Directos al Magdalena Directos al Magdalena (Brazo Morales)	9591	9621.0	3902.9	20766.1	1003.1	406.9	2165.1	31.8	82.4	2.7	12.9	33.4	1.1	68.7	178.0	5.9
2320	Quebrada El Carmen	7101	8166.1	3908.4	15025.8	1150.0	550.4	2116.0	36.5	94.5	3.2	17.5	45.2	1.5	67.1	173.9	5.8
2321	otros directos al Magdalena Medio	2974	1838.2	822.1	3885.7	618.1	276.4	1306.6	19.6	50.8	1.7	8.8	22.7	0.8	41.4	107.4	3.6
2401	Río Suárez	7856	7470.1	2368.5	19973.4	950.9	301.5	2542.5	30.2	78.2	2.6	9.6	24.8	0.8	80.6	209.0	7.0
Zona Hidrográfica Sogamoso																	

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo			
Código	Nombre	Área (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km²	l/mes/m²	l/día/m²	l/s/km²	l/mes/m²	l/día/m²	l/s/km²	l/mes/m²	l/día/m²
2402	Río Fonce	2411	3193.8	1179.1	6825.8	1324.8	489.1	2831.3	42.0	108.9	3.6	15.5	40.2	1.3	89.8	232.7	7.8
2403	Río Chicamocha	9574	3649.9	1109.5	9926.6	381.2	115.9	1036.8	12.1	31.3	1.0	3.7	9.5	0.3	32.9	85.2	2.8
2405	Río Sogamoso	3408	3735.4	1660.2	7950.0	1095.9	487.1	2332.5	34.8	90.1	3.0	15.4	40.0	1.3	74.0	191.7	6.4
Zona Hidrográfica Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge																	
2501	Alto San Jorge	3961	6970.6	2705.0	15571.3	1759.8	682.9	3931.1	55.8	144.6	4.8	21.7	56.1	1.9	124.7	323.1	10.8
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	17192	15611.6	7326.7	28495.0	908.1	426.2	1657.4	28.8	74.6	2.5	13.5	35.0	1.2	52.6	136.2	4.5
Zona Hidrográfica Cauca																	
2601	Alto río Cauca	854	751.5	336.9	1594.3	879.6	394.4	1866.2	27.9	72.3	2.4	12.5	32.4	1.1	59.2	153.4	5.1
2602	Río Palacé	934	791.4	343.3	1780.1	847.1	367.5	1905.3	26.9	69.6	2.3	11.7	30.2	1.0	60.4	156.6	5.2
2603	Río Salado y otros directos Cauca	1247	1567.9	564.2	3543.0	1257.0	452.3	2840.5	39.9	103.3	3.4	14.3	37.2	1.2	90.1	233.5	7.8
2604	Río Palo	1651	1137.3	334.9	2799.1	688.9	202.8	1695.4	21.8	56.6	1.9	6.4	16.7	0.6	53.8	139.4	4.6
2605	Río Timba	485	681.4	228.0	1449.2	1405.3	470.2	2988.6	44.6	115.5	3.9	14.9	38.6	1.3	94.8	245.6	8.2
2606	Río Ovejas	924	718.3	270.9	1663.2	777.4	293.2	1800.1	24.7	63.9	2.1	9.3	24.1	0.8	57.1	148.0	4.9
2607	Río Guachal (Bolo - Frailes y Párraga) Ríos Pescador - RUT	1186	967.6	226.2	2170.4	815.8	190.7	1829.9	25.9	67.0	2.2	6.0	15.7	0.5	58.0	150.4	5.0
2608	- Chanco - Catarina y Cañaveral	1289	884.1	301.3	2601.1	686.1	233.8	2018.6	21.8	56.4	1.9	7.4	19.2	0.6	64.0	163.9	5.5
2609	Ríos Amalme y Cerrito	1124	560.8	202.6	1454.2	498.8	180.2	1293.3	15.8	41.0	1.4	5.7	14.8	0.5	41.0	106.3	3.5
2610	Ríos Tuluá y Morales	1078	677.0	244.7	1587.5	627.8	226.9	1472.2	19.9	51.6	1.7	7.2	18.7	0.6	46.7	121.0	4.0
2611	Río Frío	476	330.3	124.8	816.3	693.6	262.1	1714.3	22.0	57.0	1.9	8.3	21.5	0.7	54.4	140.9	4.7
2612	Río La Vieja	2837	3117.4	1094.6	6954.2	1098.9	385.9	2451.3	34.8	90.3	3.0	12.2	31.7	1.1	77.7	201.5	6.7
2613	Río Otún y otros directos al Cauca	1221	1705.7	607.7	3661.3	1397.0	497.7	2998.6	44.3	114.8	3.8	15.8	40.9	1.4	95.1	246.5	8.2
2614	Río Risaralda	1259	1400.8	585.4	3369.8	1112.2	464.8	2675.6	35.3	91.4	3.0	14.7	38.2	1.3	84.8	219.9	7.3
2615	Río Chinchiná	1055	796.5	224.9	2052.2	755.3	213.2	1945.9	23.9	62.1	2.1	6.8	17.5	0.6	61.7	159.9	5.3
2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	1404	873.8	341.3	2422.5	622.1	243.0	1724.9	19.7	51.1	1.7	7.7	20.0	0.7	54.7	141.8	4.7
2617	Río Frío y otros directos al Cauca	1638	2167.3	740.2	4579.7	1322.7	451.7	2795.1	41.9	108.7	3.6	14.3	37.1	1.2	88.6	229.7	7.7
2618	Río Arma	1861	3136.2	1143.0	7073.9	1685.3	614.2	3801.2	53.4	138.5	4.6	19.5	50.5	1.7	120.5	312.4	10.4
2619	Río San Juan Directos río Cauca	1416	1925.0	891.0	4325.2	1359.3	629.2	3054.2	43.1	111.7	3.7	20.0	51.7	1.7	96.8	251.0	8.4
2620	Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia	3554	4761.7	1932.5	10504.0	1340.0	543.8	2955.8	42.5	110.1	3.7	17.2	44.7	1.5	93.7	242.9	8.1
2621	(margen derecha) Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia (margen izquierda)	3414	4409.3	1753.2	9687.1	1291.6	513.5	2837.6	41.0	106.2	3.5	16.3	42.2	1.4	90.0	233.2	7.8

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Código	Zonificación hidrográfica - SZH	Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo			
		Año medio (millones m ³)	Año seco (millones m ³)	Año húmedo (millones m ³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	I/s/km ²	I/mes/m ²	I/día/m ²	I/s/km ²	I/mes/m ²	I/día/m ²	I/s/km ²	I/mes/m ²	I/día/m ²	
2622	Río Desbaratado	191	112.3	37.1	324.5	586.6	194.0	1695.1	18.6	48.2	1.6	6.2	15.9	0.5	53.8	139.3	4.6
2624	Río Tarazá- Río Man Directos al Cauca	2579	6054.1	2243.9	13709.8	2347.0	869.9	5315.0	74.4	192.9	6.4	27.6	71.5	2.4	168.5	436.8	14.6
2625	entre Puerto Valdivia y río Nechí (margen derecho)	1437	3596.9	1429.8	7466.0	2502.8	994.9	5194.9	79.4	205.7	6.9	31.5	81.8	2.7	164.7	427.0	14.2
2626	Directos Bajo Cauca - Ciénaga La Raya entre río Nechí y Brazo de Loba	4348	9080.2	4224.3	16130.0	2088.3	971.5	3709.6	66.2	171.6	5.7	30.8	79.9	2.7	117.6	304.9	10.2
2627	Río Piendamó	601	529.4	209.2	1178.6	880.2	347.9	1959.6	27.9	72.3	2.4	11.0	28.6	1.0	62.1	161.1	5.4
2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	811	656.5	165.6	1616.7	809.8	204.3	1994.3	25.7	66.6	2.2	6.5	16.8	0.6	63.2	163.9	5.5
2629	Ríos Claro y Jamundí	669	686.8	191.5	1505.6	1027.4	286.5	2252.1	32.6	84.4	2.8	9.1	23.5	0.8	71.4	185.1	6.2
2630	Ríos Lili, Melendez y Canaveralejo	193	94.4	25.7	230.1	489.0	133.0	1192.4	15.5	40.2	1.3	4.2	10.9	0.4	37.8	98.0	3.3
2631	Ríos Arroyoñondo, Yumbo, Muñalo, Vijes, Yotoco, Mediacanoa y Piedras	631	227.3	83.4	600.9	360.2	132.2	952.2	11.4	29.6	1.0	4.2	10.9	0.4	30.2	78.3	2.6
2632	Ríos Guabas, Sabaleras y Sonso	557	313.7	106.4	762.5	563.6	191.2	1370.0	17.9	46.3	1.5	6.1	15.7	0.5	43.4	112.6	3.8
2633	Ríos Guadalupe y San Pedro	463	422.5	122.2	856.9	912.1	263.7	1849.8	28.9	75.0	2.5	8.4	21.7	0.7	58.7	152.0	5.1
2634	Río Cali	212	116.4	32.3	261.0	547.9	152.2	1229.0	17.4	45.0	1.5	4.8	12.5	0.4	39.0	101.0	3.4
2635	Río Bugalegrande	835	527.8	188.4	1239.1	632.1	225.7	1484.1	20.0	52.0	1.7	7.2	18.6	0.6	47.1	122.0	4.1
2636	Río Paila	526	307.5	102.8	745.3	584.9	195.5	1417.7	18.5	48.1	1.6	6.2	16.1	0.5	45.0	116.5	3.9
2637	Ríos Las Cañas, Los Micos y Obando	782	383.9	108.8	1174.7	490.7	139.1	1501.5	15.6	40.3	1.3	4.4	11.4	0.4	47.6	123.4	4.1
Zona Hidrográfica Nechí																	
2701	Río Porce	5231	8758.8	3763.6	18459.6	1674.5	719.5	3529.0	53.1	137.6	4.6	22.8	59.1	2.0	111.9	290.1	9.7
2702	Alto Nechí	2938	7478.0	3137.4	14673.3	2545.0	1067.7	4993.7	80.7	209.2	7.0	33.9	87.8	2.9	158.3	410.4	13.7
2703	Bajo Nechí (margen derecho)	4492	6236.9	3162.6	13081.4	1388.5	704.1	2912.3	44.0	114.1	3.8	22.3	57.9	1.9	92.3	239.4	8.0
2704	Directos al Bajo Nechí (margen izquierda)	1952	4980.9	2329.2	9352.8	2551.7	1193.3	4791.5	80.9	209.7	7.0	37.8	98.1	3.3	151.9	393.8	13.1
Zona Hidrográfica Cesar																	
2801	Alto Cesar	3442	1073.6	210.4	4110.7	311.9	61.1	1194.3	9.9	25.6	0.9	1.9	5.0	0.2	37.9	98.2	3.3
2802	Medio Cesar	8275	1854.0	222.5	8219.5	224.0	26.9	993.3	7.1	18.4	0.6	0.9	2.2	0.1	31.5	81.6	2.7
2804	Río Ariguaní	5333	954.3	195.2	3147.5	179.0	36.6	590.2	5.7	14.7	0.5	1.2	3.0	0.1	18.7	48.5	1.6
2805	Bajo Cesar	5879	4387.9	983.6	13833.8	746.4	167.3	2353.2	23.7	61.3	2.0	5.3	13.8	0.5	74.6	193.4	6.4
Zona Hidrográfica Bajo Magdalena																	

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo			
Código	Nombre	Área (km ²)	Año medio (millones m ³)	Año seco (millones m ³)	Año húmedo (millones m ³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²
2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (margen izquierda) Directos al Bajo	2012	880.2	387.7	1621.5	437.4	192.7	805.8	13.9	36.0	1.2	6.1	15.8	0.5	25.6	66.2	2.2
2902	Magdalena entre El Plato y Calamar (margen derecha) Canal del Dique	2476	865.0	339.6	1903.6	349.4	137.2	768.9	11.1	28.7	1.0	4.4	11.3	0.4	24.4	63.2	2.1
2903	margen derecho Directos al Bajo	2105	633.0	269.9	1207.7	300.8	128.2	573.9	9.5	24.7	0.8	4.1	10.5	0.4	18.2	47.2	1.6
2904	Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (margen izquierda)	1152	303.3	117.3	707.6	263.2	101.8	614.0	8.3	21.6	0.7	3.2	8.4	0.3	19.5	50.5	1.7
2905	Canal del Dique margen izquierdo Cba Grande de Santa	2300	1289.0	510.1	2354.1	560.4	221.8	1023.4	17.8	46.1	1.5	7.0	18.2	0.6	32.5	84.1	2.8
2906	Matta Directos Bajo	8229	5777.8	1687.0	17883.4	702.1	205.0	2173.1	22.3	57.7	1.9	6.5	16.8	0.6	68.9	178.6	6.0
2907	Magdalena entre El Banco y El Plato (margen derecha) Ríos Chimuica y	7007	5015.9	2250.1	8848.3	715.9	321.1	1262.8	22.7	58.8	2.0	10.2	26.4	0.9	40.0	103.8	3.5
2908	Corozal	3696	1334.8	455.3	3014.5	361.1	123.2	815.6	11.5	29.7	1.0	3.9	10.1	0.3	25.9	67.0	2.2
2909	Ciénaga Mallorquín	262	55.8	19.0	148.2	212.9	72.4	565.1	6.8	17.5	0.6	2.3	5.9	0.2	17.9	46.4	1.5
Área Hidrográfica Orinoco																	
Zona Hidrográfica Inrída																	
3101	Río Inrída Alto	11783	21042.4	9632.8	41191.4	1785.8	817.5	3495.8	56.6	146.8	4.9	25.9	67.2	2.2	110.8	287.3	9.6
3104	Río Inrída Medio	18414	34042.8	17605.3	60893.5	1848.8	956.1	3306.9	58.6	152.0	5.1	30.3	78.6	2.6	104.9	271.8	9.1
3105	Río Papunaya	6854	14741.3	7695.8	25550.4	2150.6	1122.7	3727.6	68.2	176.8	5.9	35.6	92.3	3.1	118.2	306.4	10.2
3107	Caño Nabuquén Río Inrída (margen izquierda), hasta bocas Caño Bocón, y río Las	1737	2955.5	1598.1	5479.0	1701.3	920.0	3153.9	53.9	139.8	4.7	29.2	75.6	2.5	100.0	259.2	8.6
3108	Viñas	8022	14825.2	8649.5	23625.9	1848.1	1078.2	2945.1	58.6	151.9	5.1	34.2	88.6	3.0	93.4	242.1	8.1
3110	Caño Bocón	6985	11895.9	7062.1	18517.7	1703.2	1011.1	2651.3	54.0	140.0	4.7	32.1	83.1	2.8	84.1	217.9	7.3
Zona Hidrográfica Guaviare																	
3201	Río Guayabero	6271	11096.5	4402.4	24027.4	1769.4	702.0	3831.3	56.1	145.4	4.8	22.3	57.7	1.9	121.5	314.9	10.5
3202	Río Guape	3842	6570.7	2556.6	14526.6	1710.0	665.4	3780.5	54.2	140.5	4.7	21.1	54.7	1.8	119.9	310.7	10.4

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio		Rendimiento año seco		Rendimiento año húmedo					
Código	Nombre	Área (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	I/s/km²	I/día/m²	I/s/km²	I/día/m²	I/s/km²	I/día/m²			
3203	Río Losada	3658	6303.1	2953.3	11891.4	1723.1	807.4	3250.8	54.6	141.6	4.7	25.6	66.4	2.2	103.1	267.2	8.9
3204	Alto Guaviare	10369	15256.8	7376.2	27064.7	1471.4	711.4	2610.1	46.7	120.9	4.0	22.6	58.5	1.9	82.8	214.5	7.2
3206	Río Atarí	8082	16343.3	6855.6	31905.4	2022.2	848.3	3947.7	64.1	166.2	5.5	26.9	69.7	2.3	125.2	324.5	10.8
3207	Río Guejar	3296	5544.5	2248.4	11561.3	1682.1	682.1	3507.5	53.3	138.3	4.6	21.6	56.1	1.9	111.2	283.3	9.6
3210	Medio Guaviare	13778	21040.0	10201.8	39476.2	1527.1	740.5	2865.2	48.4	125.5	4.2	23.5	60.9	2.0	90.9	235.5	7.8
3212	Río Siare	4447	6255.3	2880.9	12561.9	1406.6	647.8	2824.8	44.6	115.6	3.9	20.5	53.2	1.8	89.6	232.2	7.7
3213	Río Itaviare	4869	6941.8	3318.9	13472.4	1425.6	681.6	2766.7	45.2	117.2	3.9	21.6	56.0	1.9	87.7	227.4	7.6
3214	Bajo Guaviare	8912	14585.9	8705.2	22114.0	1636.7	976.8	2481.5	51.9	134.5	4.5	31.0	80.3	2.7	78.7	204.0	6.8
3215	Caño Minisiare	2346	3762.4	2264.1	5805.2	1603.8	965.1	2474.6	50.9	131.8	4.4	30.6	79.3	2.6	78.5	203.4	6.8
3216	Alto río Uva	4438	6123.9	2872.4	12206.4	1379.9	647.2	2750.5	43.8	113.4	3.8	20.5	53.2	1.8	87.2	226.1	7.5
3217	Bajo río Uva	5424	8171.4	4272.2	14622.2	1506.6	787.7	2696.0	47.8	123.8	4.1	25.0	64.7	2.2	85.5	221.6	7.4
3218	Caño Chuapabe	4838	7658.8	4376.4	12453.8	1583.0	904.6	2574.1	50.2	130.1	4.3	28.7	74.3	2.5	81.6	211.6	7.1
Zona Hidrográfica Vichada																	
3301	Alto Vichada	8073	9445.7	4250.3	19712.6	1170.1	526.5	2441.9	37.1	96.2	3.2	16.7	43.3	1.4	77.4	200.7	6.7
3302	Río Guarojo	3658	4525.6	2036.9	9420.5	1237.0	556.8	2575.0	39.2	101.7	3.4	17.7	45.8	1.5	81.7	211.6	7.1
3303	Río Muco	4463	5306.9	2502.3	10585.6	1189.2	560.7	2372.1	37.7	97.7	3.3	17.8	46.1	1.5	75.2	195.0	6.5
3305	Directos Vichada Medio	5005	7353.9	3704.5	14276.5	1469.2	740.1	2852.3	46.6	120.8	4.0	23.5	60.8	2.0	90.4	234.4	7.8
3306	Bajo Vichada	5013	7492.8	4504.9	11697.0	1494.7	898.6	2333.3	47.4	122.8	4.1	28.5	73.9	2.5	74.0	191.8	6.4
Zona Hidrográfica Tomo																	
3401	Alto río Tomo	8054	12065.9	5733.4	24116.5	1498.2	711.9	2994.5	47.5	123.1	4.1	22.6	58.5	2.0	95.0	246.1	8.2
3402	Río Elvita	5576	7896.1	4115.7	14329.6	1416.0	738.1	2569.8	44.9	116.4	3.9	23.4	60.7	2.0	81.5	211.2	7.0
3403	Bajo río Tomo	4100	6225.1	3372.9	10495.1	1518.4	822.7	2559.9	48.1	124.8	4.2	26.1	67.6	2.3	81.2	210.4	7.0
3405	Caño Lioni o Tereday	2566	4013.7	2080.2	7311.0	1564.2	810.7	2849.2	49.6	128.6	4.3	25.7	66.6	2.2	90.3	234.2	7.8
Zona Hidrográfica Meta																	
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	3845	8494.6	3117.4	17126.9	2209.5	810.8	4454.8	70.1	181.6	6.1	25.7	66.6	2.2	141.3	366.1	12.2
3502	Río Guayuriba	3199	4741.2	1827.9	9546.6	1482.1	571.4	2984.2	47.0	121.8	4.1	18.1	47.0	1.6	94.6	245.3	8.2
3503	Río Guatiquía	1781	4261.0	1421.9	10388.7	2392.9	798.5	5834.1	75.9	196.7	6.6	25.3	65.6	2.2	185.0	479.5	16.0
3504	Río Guacavía	850	2701.0	887.7	6040.0	3176.3	1043.9	7102.8	100.7	261.1	8.7	33.1	85.8	2.9	225.2	583.8	19.5
3505	Río Humea	1441	3386.4	1360.6	9249.7	2350.8	944.5	6420.9	74.5	193.2	6.4	29.9	77.6	2.6	203.6	527.7	17.6
3506	Río Guavío	2289	4535.9	1503.5	14107.3	1981.7	656.9	6163.4	62.8	162.9	5.4	20.8	54.0	1.8	195.4	506.6	16.9
3507	Río Garagoa	2487	1546.6	508.5	4460.2	621.9	204.5	1793.3	19.7	51.1	1.7	6.5	16.8	0.6	56.9	147.4	4.9
3508	Río Lengupá	1879	4187.7	1382.5	9403.0	2229.1	735.9	5005.1	70.7	183.2	6.1	23.3	60.5	2.0	158.7	411.4	13.7
3509	Río Uplá	1825	3524.6	1366.0	9044.1	1930.8	748.3	4954.4	61.2	158.7	5.3	23.7	61.5	2.1	157.1	407.2	13.6
3510	Río Negro	927	1582.5	627.9	3258.8	1706.4	677.1	3514.0	54.1	140.3	4.7	21.5	55.7	1.9	111.4	288.8	9.6
3511	Directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao	1968	2174.6	1166.4	3943.1	1104.7	592.5	2003.1	35.0	90.8	3.0	18.8	48.7	1.6	63.5	164.6	5.5
3512	Río Yurcao	2441	2827.4	1454.8	5086.0	1158.4	596.0	2083.7	36.7	95.2	3.2	18.9	49.0	1.6	66.1	171.3	5.7
3513	Río Mellá	1884	2365.7	1131.0	4463.7	1255.5	600.2	2368.8	39.8	103.2	3.4	19.0	49.3	1.6	75.1	194.7	6.5
3514	Caño Cumaral	1113	1723.3	773.6	3267.2	1548.1	695.0	2935.1	49.1	127.2	4.2	22.0	57.1	1.9	93.1	241.2	8.0
3515	Río Manacacias	6985	10974.8	4986.5	21156.0	1571.1	713.8	3028.6	49.8	129.1	4.3	22.6	58.7	2.0	96.0	248.9	8.3

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio		Rendimiento año seco		Rendimiento año húmedo		
Código	Nombre	Área (km ²)	Año medio (millones m ³)	Año seco (millones m ³)	Año húmedo (millones m ³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/día/m ²
3516	Lago de Tota	226	50.7	14.8	233.9	224.8	65.5	1036.6	7.1	18.5	2.1	5.4	32.9	85.2
3518	Río Túa y otros directos al Meta	4974	7518.1	3184.2	16809.0	1511.4	640.1	3379.2	47.9	124.2	20.3	52.6	107.2	277.7
3519	Río Cusiana	5101	12064.8	3632.8	32503.2	2365.2	712.2	6372.0	75.0	194.4	22.6	58.5	202.1	523.7
3520	Directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (margen izquierda)	1665	1748.3	728.8	3870.8	1050.2	437.8	2325.1	33.3	86.3	13.9	36.0	73.7	191.1
3521	Río Cravo Sur	5161	6199.6	2292.2	15987.8	1201.3	444.2	3098.1	38.1	98.7	14.1	36.5	98.2	254.6
3522	Caño Guanapalo y otros directos al Meta	6244	6972.4	2824.0	16444.0	1116.7	452.3	2633.6	35.4	91.8	14.3	37.2	83.5	216.5
3523	Río Pauto	8022	9547.0	3671.7	26570.9	1190.1	457.7	3312.1	37.7	97.8	14.5	37.6	105.0	272.2
3524	Directos al río Meta entre ríos Pauto y Carare (margen izquierda)	5365	5766.0	2664.1	11969.9	1074.7	496.6	2231.1	34.1	88.3	15.7	40.8	70.7	183.4
3525	Directos Bajo Meta entre ríos Casanare y Orinoco (margen derecha)	6352	9101.4	5074.4	15195.7	1432.8	798.8	2392.2	45.4	117.8	25.3	65.7	75.9	196.6
3526	Directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare (margen derecha)	3447	4073.2	2281.4	6773.8	1181.8	661.9	1965.3	37.5	97.1	21.0	54.4	62.3	161.5
3527	Directos al río Meta entre ríos Humea y Upiá (margen izquierda)	1243	2415.7	1024.4	4874.3	1942.7	823.8	3919.8	61.6	159.7	26.1	67.7	124.3	322.2
Zona Hidrográfica Casanare														
3601	Río Ariporo	5285	5806.1	2352.7	13244.8	1098.7	445.2	2506.3	34.8	90.3	14.1	36.6	79.5	206.0
3602	Río Casanare	6665	6792.8	2571.5	16604.8	1019.2	385.8	2491.4	32.3	83.8	12.2	31.7	79.0	204.8
3603	Río Cravo Norte	8904	8287.9	3592.5	18023.5	930.8	403.5	2024.2	29.5	76.5	12.8	33.2	64.2	166.4
3604	Caño Samuco	919	811.3	359.3	1458.1	892.8	391.0	1586.6	28.0	72.6	12.4	32.1	50.3	130.4
3605	Caño Aguaciarita	2480	2654.8	1348.9	4623.1	1070.4	543.9	1864.0	33.9	88.0	17.2	44.7	59.1	153.2
Zona Hidrográfica Arauca														
3701	Río Chitaga	2489	1430.6	611.9	3255.2	574.7	245.8	1307.8	18.2	47.2	1.6	7.8	20.2	41.5
3702	Río Margua	746	1858.9	897.7	3844.5	2490.9	1202.9	5151.5	79.0	204.7	38.1	98.9	163.4	423.4
3703	Río Cobugón - río Cobaría	1979	6739.3	2745.1	12635.1	3405.2	1387.0	6384.2	108.0	279.9	44.0	114.0	202.4	524.7
3704	Río Bojabá	1133	1528.8	661.5	3619.3	1349.0	583.7	3193.8	42.8	110.9	3.7	18.5	48.0	101.3
3705	Río Banadía y otros directos al río Arauca	2103	3369.5	1603.6	6602.1	1602.3	762.6	3139.5	50.8	131.7	24.2	62.7	99.6	258.0

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo			
Código	Nombre	Área (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	I/s/km²	I/día/m²	I/mes/m²	I/s/km²	I/día/m²	I/mes/m²	I/s/km²	I/día/m²	I/mes/m²
3706	Directos río Arauca (margen derecha)	2929	2255.4	968.5	4776.1	769.9	330.6	1630.4	24.4	63.3	2.1	10.5	27.2	0.9	51.7	134.0	4.5
Zona Hidrográfica Directos Orinoco																	
3801	Río Vfta	8245	11250.0	6251.1	19187.6	1364.4	758.1	2327.1	43.3	112.1	3.7	24.0	62.3	2.1	73.8	191.3	6.4
3802	Río Tuparro	11559	18477.1	10324.3	30559.5	1598.5	893.2	2643.8	50.7	131.4	4.4	28.3	73.4	2.4	83.8	217.3	7.2
3803	Caño Matavén	10513	18402.5	11010.2	27190.1	1750.4	1047.3	2586.3	55.5	143.9	4.8	33.2	86.1	2.9	82.0	212.6	7.1
3804	Directos río Atabapo (margen izquierda) Directos Orinoco entre ríos Tomo y Meta	4643	9863.9	6007.8	14950.3	2124.6	1294.0	3220.1	67.4	174.6	5.8	41.0	106.4	3.5	102.1	264.7	8.8
3805	(margen izquierda) Río Cinaruco y directos río Orinoco	4194	5213.3	2842.1	8481.9	1243.2	677.7	2022.6	39.4	102.2	3.4	21.5	55.7	1.9	64.1	166.2	5.5
3809		4569	4358.4	2031.8	7986.0	953.9	444.7	1747.8	30.2	78.4	2.6	14.1	36.5	1.2	55.4	143.7	4.8
Zona Hidrográfica Apure																	
3901	Alto río Apure	264	666.8	283.5	1348.6	2523.2	1072.7	5103.0	80.0	207.4	6.9	34.0	88.2	2.9	161.8	419.4	14.0
Zona Hidrográfica Amazonas																	
Zona Hidrográfica Guanía																	
4101	Alto río Guanía	3708	7679.5	3930.2	13848.6	2070.8	1059.8	3734.4	65.7	170.2	5.7	33.6	87.1	2.9	118.4	306.9	10.2
4102	Medio río Guanía	2787	5595.7	2799.5	10509.4	2008.0	1004.6	3771.3	63.7	165.0	5.5	31.9	82.6	2.8	119.6	310.0	10.3
4105	Bajo río Guanía	7952	16444.8	8501.8	29896.3	2068.1	1069.2	3759.7	65.6	170.0	5.7	33.9	87.9	2.9	119.2	309.0	10.3
4106	Río Aquió o Caño Aque Directos río Negro	2995	6455.7	3226.7	12233.0	2155.7	1077.5	4084.9	68.4	177.2	5.9	34.2	88.6	3.0	129.5	335.7	11.2
4107	(margen derecha) Río Cuiary	3540	7508.6	3596.9	14815.0	2120.9	1016.0	4184.8	67.3	174.3	5.8	32.2	83.5	2.8	132.7	344.0	11.5
4108		4408	9301.0	4602.8	17531.2	2109.8	1044.1	3976.7	66.9	173.4	5.8	33.1	85.8	2.9	126.1	326.9	10.9
4109		3458	7536.7	4093.6	12446.5	2179.6	1183.8	3599.4	69.1	179.1	6.0	37.5	97.3	3.2	114.1	295.8	9.9
4110	Río Tomo	2436	5355.1	2692.4	10104.4	2198.6	1105.4	4148.5	69.7	180.7	6.0	35.1	90.9	3.0	131.5	341.0	11.4
Zona Hidrográfica Vaupés																	
4201	Río Itilla	2571	4395.6	1969.2	8725.3	1709.8	766.0	3393.9	54.2	140.5	4.7	24.3	63.0	2.1	107.6	279.0	9.3
4202	Río Unilla	2309	3929.4	1811.8	7551.4	1701.8	784.7	3270.5	54.0	139.9	4.7	24.9	64.5	2.1	103.7	268.8	9.0
4203	Alto Vaupés	8639	17311.6	8249.0	33283.8	2003.9	954.9	3852.8	63.5	164.7	5.5	30.3	78.5	2.6	122.2	316.7	10.6
4207	Bajo Vaupés	13451	28553.3	16174.1	44311.1	2122.8	1202.4	3294.3	67.3	174.5	5.8	38.1	96.8	3.3	104.5	270.8	9.0
4208	Río Querary	4292	9531.5	5447.8	14398.5	2221.0	1269.4	3355.1	70.4	182.5	6.1	40.3	104.3	3.5	106.4	275.8	9.2
4209	Río Papurí	5409	11600.0	6385.6	18483.5	2144.7	1180.6	3417.4	68.0	176.3	5.9	37.4	97.0	3.2	108.4	280.9	9.4
4211	Río Tiquié	1025	2306.3	1230.2	3788.8	2250.9	1200.6	3697.8	71.4	185.0	6.2	38.1	98.7	3.3	117.3	303.9	10.1
Zona Hidrográfica Apaporis																	
4301	Río Tunia ó Macayá	9268	15602.1	7118.8	30761.5	1683.5	768.1	3319.1	53.4	138.4	4.6	24.4	63.1	2.1	105.2	272.8	9.1
4302	Río Ajaju	7832	14888.2	6500.2	30834.5	1901.0	830.0	3937.1	60.3	156.2	5.2	26.3	68.2	2.3	124.8	323.6	10.8
4303	Alto río Apaporis	12353	27627.5	13444.1	51422.7	2236.5	1088.3	4162.7	70.9	183.8	6.1	34.5	89.4	3.0	132.0	342.1	11.4
4305	Bajo río Apaporis	12786	30233.8	17607.7	47370.9	2364.6	1377.1	3704.8	75.0	194.3	6.5	43.7	113.2	3.8	117.5	304.5	10.2
4306	Río Cananari	3852	8988.6	4798.4	14789.2	2333.7	1245.8	3839.6	74.0	191.8	6.4	39.5	102.4	3.4	121.8	315.6	10.5
4307	Río Pira Paraná	5865	12955.0	6983.3	21493.2	2208.8	1190.6	3655.3	70.0	181.5	6.1	37.8	97.9	3.3	115.9	300.4	10.0
4309	Directos río Taraira	1553	3833.6	2217.3	5915.7	2468.4	1427.7	3809.1	78.3	202.9	6.8	45.3	117.3	3.9	120.8	313.1	10.4
Zona Hidrográfica Caquetá																	

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía		Rendimiento año medio		Rendimiento año seco		Rendimiento año húmedo						
Código	Nombre	Área (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km²	l/día/m²	l/s/km²	l/día/m²					
4401	Alto Caquetá	5811	12984.4	6390.3	24752.0	2234.3	1099.6	4259.2	70.8	183.6	6.1	34.9	90.4	3.0	135.1	350.1	11.7
4402	Río Caquetá Medio	15579	33495.6	17310.3	61948.8	2150.1	1111.2	3976.5	68.2	176.7	5.9	35.2	91.3	3.0	126.1	326.8	10.9
4403	Río Ortegaza	7908	18849.1	8676.6	39963.4	2383.6	1097.2	5053.6	75.6	195.9	6.5	34.8	90.2	3.0	160.2	415.4	13.8
4404	Río Pescado	2067	4301.9	2169.9	8914.1	2081.2	1049.8	4312.5	66.0	171.1	5.7	33.3	86.3	2.9	136.7	354.5	11.8
4407	Río Ruituya	1136	1911.5	1083.9	3384.8	1683.2	954.5	2980.6	53.4	138.3	4.6	30.3	78.5	2.6	94.5	245.0	8.2
4408	Río Mecaya	4536	10011.9	4600.0	19877.4	2207.1	1014.1	4382.0	70.0	181.4	6.0	32.2	83.3	2.8	139.0	360.2	12.0
4409	Río Sencella	1742	3381.3	1590.4	6805.8	1941.1	913.0	3907.0	61.6	159.5	5.3	29.0	75.0	2.5	123.9	321.1	10.7
4410	Río Peneya	1606	2842.7	1840.0	4361.1	1770.3	1145.9	2715.9	56.1	145.5	4.9	36.3	94.2	3.1	86.1	223.2	7.4
4414	Río Cuemari	2432	5337.6	2586.0	10074.3	2195.0	1063.5	4142.9	69.6	180.4	6.0	33.7	87.4	2.9	131.4	340.5	11.4
4415	Río Caquetá Bajo	25388	61038.0	36807.9	89921.1	2404.2	1449.8	3541.8	76.2	197.6	6.6	46.0	119.2	4.0	112.3	291.1	9.7
4417	Río Cahuarí	15071	32261.6	18242.4	50864.9	2140.7	1210.5	3375.1	67.9	175.9	5.9	38.4	99.5	3.3	107.0	277.4	9.2
4418	Río Miriti-Paraná	9035	20919.5	12852.9	31507.4	2315.3	1422.5	3487.1	73.4	190.3	6.3	45.1	116.9	3.9	110.6	286.6	9.6
4420	Río Puré	7658	16702.0	9942.1	25801.2	2180.9	1298.2	3369.1	69.2	179.3	6.0	41.2	106.7	3.6	106.8	276.9	9.2
Zona Hidrográfica Yari																	
4501	Alto Yari	7443	13058.6	5872.0	27051.1	1754.6	789.0	3634.7	55.6	144.2	4.8	25.0	64.8	2.2	115.3	298.7	10.0
4502	Río Camuya	2769	4935.3	2173.9	10267.2	1782.1	785.0	3707.3	56.5	146.5	4.9	24.9	64.5	2.2	117.6	304.7	10.2
4504	Medio Yari	5358	11039.3	4937.3	22635.3	2060.2	921.4	4224.4	65.3	169.3	5.6	29.2	75.7	2.5	134.0	347.2	11.6
4505	Río Luisa	3046	6382.4	2996.9	12638.4	2095.3	983.9	4149.1	66.4	172.2	5.7	31.2	80.9	2.7	131.6	341.0	11.4
4506	Bajo Yari	3872	8727.7	4589.5	14642.2	2254.2	1185.4	3781.9	71.5	185.3	6.2	37.6	97.4	3.2	119.9	310.8	10.4
4509	Río Cuñare	5527	11472.3	5361.6	22426.9	2075.7	970.1	4057.7	65.8	170.6	5.7	30.8	79.7	2.7	128.7	333.5	11.1
4510	Río Mesay	8644	19117.3	9738.9	33916.9	2211.6	1126.6	3923.7	70.1	181.8	6.1	35.7	92.6	3.1	124.4	322.5	10.7
Zona Hidrográfica Caguán																	
4601	Río Caguán Alto	5842	7871.0	3820.1	15581.4	1347.4	654.0	2667.3	42.7	110.7	3.7	20.7	53.7	1.8	84.6	219.2	7.3
4602	Río Guayas	5495	11288.1	5473.6	23253.3	2054.4	996.2	4232.0	65.1	168.9	5.6	31.6	81.9	2.7	134.2	347.8	11.6
4604	Río Caguán Bajo	7421	12293.5	6180.4	24448.2	1656.5	832.8	3294.4	52.5	136.2	4.5	26.4	68.5	2.3	104.5	270.8	9.0
4605	Río Sunsiya	2468	3993.8	1927.7	8526.9	1618.6	781.2	3455.7	51.3	133.0	4.4	24.8	64.2	2.1	109.6	284.0	9.5
Zona Hidrográfica Putumayo																	
4701	Alto río Putumayo	6982	28611.3	13117.6	50138.9	4097.9	1878.8	7181.3	129.9	336.8	11.2	59.6	154.4	5.1	227.7	590.2	19.7
4702	Río San Miguel	2243	6387.0	2946.5	12831.4	2847.3	1313.5	5720.2	90.3	234.0	7.8	41.7	108.0	3.6	181.4	470.2	15.7
4703	Río Putumayo Medio	5070	11024.0	5689.6	20715.4	2174.5	1122.3	4086.0	69.0	178.7	6.0	35.6	92.2	3.1	129.6	335.8	11.2
4704	Río Putumayo Directos (margen izquierda)	3527	7068.4	3808.4	12297.7	2004.2	1079.8	3486.9	63.6	164.7	5.5	34.2	88.8	3.0	110.6	286.6	9.6
4705	Río Cará-Paraná	7327	15986.9	7487.8	29712.9	2182.0	1022.0	4055.4	69.2	179.3	6.0	32.4	84.0	2.8	128.6	333.3	11.1
4706	Río Putumayo Bajo	14216	26541.7	13924.3	44932.7	1867.1	979.5	3160.8	59.2	153.5	5.1	31.1	80.5	2.7	100.2	259.8	8.7
4707	Río Igará-Paraná	12907	25966.8	10923.4	45858.8	2011.8	846.3	3553.0	63.8	165.4	5.5	26.8	69.6	2.3	112.7	292.0	9.7
4710	Río Cotuhe	3658	5647.6	2869.6	10368.8	1543.8	784.4	2834.5	49.0	126.9	4.2	24.9	64.5	2.1	89.9	233.0	7.8
4711	Río Purite	1998	3169.1	1548.7	6036.5	1586.5	775.3	3021.9	50.3	130.4	4.3	24.6	63.7	2.1	95.8	248.4	8.3
Zona Hidrográfica Amazonas - Directos																	
4801	Directos río Amazonas (margen izquierda)	3269	5481.7	2604.5	10700.0	1677.0	796.8	3273.3	53.2	137.8	4.6	25.3	65.5	2.2	103.8	269.0	9.0
Zona Hidrográfica Napo																	
4901	Río Chingual	456	512.7	232.4	1153.4	1125.2	510.0	2531.2	35.7	92.5	3.1	16.2	41.9	1.4	80.3	208.0	6.9

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Código	Zonificación hidrográfica - SZH	Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio			Rendimiento año seco			Rendimiento año húmedo		
		Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km²	l/día/m²	l/mes/m²	l/s/km²	l/día/m²	l/mes/m²	l/s/km²	l/día/m²	l/mes/m²
Zona Hidrográfica Pacífico																
Zona Hidrográfica Mira																
5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	351	531.0	1165.9	1513.5	560.6	3323.2	48.0	124.4	4.1	17.8	46.1	1.5	105.4	273.1	9.1
5102	Río Mira	4087	11859.5	23365.2	2901.5	1185.8	5716.5	92.0	238.5	7.9	37.6	97.5	3.2	181.3	469.9	15.7
5103	Río Rosario	832	2748.8	4682.4	3303.8	1589.9	5627.8	104.8	271.5	9.1	50.4	130.7	4.4	178.5	462.6	15.4
5104	Río Tola	595	2167.8	980.4	4120.2	3642.8	1647.6	6923.8	115.5	299.4	10.0	52.2	135.4	4.5	219.6	569.1
Zona Hidrográfica Patía																
5201	Río Patía Alto	3218	3018.8	854.5	6727.6	938.1	265.5	2090.7	29.7	77.1	2.6	8.4	21.8	0.7	66.3	171.8
5202	Río Guachicono	2626	1673.6	601.2	3665.6	637.4	229.0	1396.1	20.2	52.4	1.7	7.3	18.8	0.6	44.3	114.7
5203	Río Mayo	874	659.9	299.0	1303.6	755.0	342.2	1491.6	23.9	62.1	2.1	10.8	28.1	0.9	47.3	122.6
5204	Río Juananbú	2084	1223.2	558.3	2812.4	587.0	267.9	1349.7	18.6	48.2	1.6	8.5	22.0	0.7	42.8	110.9
5205	Río Guaitara	3650	2497.6	972.0	5391.8	684.3	266.3	1477.2	21.7	56.2	1.9	8.4	21.9	0.7	46.8	121.4
5206	Río Telembí	4635	20508.7	8354.5	39266.7	4424.8	1802.5	8471.8	140.3	363.7	12.1	57.2	148.1	4.9	268.6	696.3
5207	Río Patía Medio	2390	5096.4	2463.8	10279.4	2132.5	1030.9	4301.3	67.6	175.3	5.8	32.7	84.7	2.8	136.4	353.5
5209	Río Patía Bajo	4527	14026.2	5692.2	28807.6	3098.1	1257.3	6362.9	98.2	254.6	8.5	39.9	103.3	3.4	201.8	523.0
Zona Hidrográfica Tapale - Dagua - Directos																
5302	Río Tapaje	1602	6285.0	2630.0	12571.3	3923.8	1641.9	7848.3	124.4	322.5	10.8	52.1	135.0	4.5	248.9	645.1
5303	Río Iscuandé	2336	6077.3	2578.6	12982.4	2601.4	1103.8	5557.2	82.5	213.8	7.1	35.0	90.7	3.0	176.2	456.8
5304	Río Guapi	2623	16002.4	7263.6	28089.0	6100.0	2768.8	10707.3	193.4	501.4	16.7	87.8	227.6	7.6	339.5	880.1
5305	Río Timbiquí	808	4303.4	2000.3	8270.6	5325.3	2475.4	10234.7	168.9	437.7	14.6	78.5	203.5	6.8	324.5	841.2
5306	Río Sajja	1088	6625.7	2895.3	11754.7	6088.8	2660.7	10802.3	193.1	500.4	16.7	84.4	218.7	7.3	342.5	887.9
5307	Río San Juan del Micoy	4452	20364.3	8446.8	36777.3	4574.4	1897.4	8261.2	145.1	376.0	12.5	60.2	155.9	5.2	262.0	679.0
5308	Río Naya - Yurumangui	2665	17567.0	7183.3	33844.0	6590.9	2695.1	12697.8	209.0	541.7	18.1	85.5	221.5	7.4	402.6	1043.7
5309	Ríos Cajambre - Mayorquín - Raposo	2010	8971.5	3387.8	19272.0	4463.3	1685.4	9587.7	141.5	366.8	12.2	53.4	138.5	4.6	304.0	788.0
5310	Río Anchicayá	1280	2498.3	2171.2	12351.1	1951.7	1696.2	9649.1	61.9	160.4	5.3	53.8	139.4	4.6	306.0	793.1
5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	1965	4374.2	1876.3	7847.4	2225.8	954.7	3993.1	70.6	182.9	6.1	30.3	78.5	2.6	126.6	328.2
Zona Hidrográfica San Juan																
5401	Río San Juan Alto	2054	10930.7	4952.4	20764.7	5321.3	2410.9	10108.6	168.7	437.4	14.6	76.5	198.2	6.6	320.5	830.8
5402	Río Tamañá y otros Directos San Juan	2826	17615.1	8236.3	33144.5	6232.8	2914.3	11272.6	197.6	512.3	17.1	92.4	239.5	8.0	371.9	963.9
5403	Río Sipí	3027	5846.8	2570.9	12581.0	1931.5	849.3	4156.1	61.2	158.8	5.3	26.9	69.8	2.3	131.8	341.6
5404	Río Cejón	743	5259.8	2960.1	9318.6	7080.1	3984.5	12543.6	224.5	581.9	19.4	126.3	327.5	10.9	397.8	1031.0
5405	Río Capoma y otros directos al San Juan	2427	13332.9	7131.1	21486.1	5492.9	2937.8	8851.8	174.2	451.5	15.0	93.2	241.5	8.0	280.7	727.5
5406	Río Munguadó	833	2799.7	1437.1	5328.4	3361.1	1725.2	6396.8	106.6	276.3	9.2	54.7	141.8	4.7	202.8	525.8
5407	Ríos Calima y Bajo San Juan	3541	16891.9	9196.0	28943.0	4770.5	2597.0	8173.8	151.3	392.1	13.1	82.4	213.5	7.1	259.2	671.8
5408	Río San Juan Medio	935	8168.1	4600.5	11773.2	8738.3	4921.7	12595.1	277.1	718.2	23.9	156.1	404.5	13.5	399.4	1035.2
Zona Hidrográfica Baudó - Directos Pacífico																
5501	Río Baudó	4058	22147.6	11642.7	39580.1	5458.1	2869.2	9754.1	173.1	448.6	15.0	91.0	235.8	7.9	309.3	801.7

Zonificación hidrográfica - SZH		Oferta Total			Escorrentía			Rendimiento año medio		Rendimiento año seco		Rendimiento año húmedo					
Código	Nombre	Área (km ²)	Año medio (millones m ³)	Año seco (millones m ³)	Año húmedo (millones m ³)	Año medio (mm)	Año seco (mm)	Año húmedo (mm)	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²	l/s/km ²	l/mes/m ²	l/día/m ²			
5502	Río Docampadó y Directos Pacífico	1907	11532.7	6650.1	19785.1	6048.7	3487.9	10377.0	191.8	497.2	16.6	110.6	286.7	9.6	329.1	852.9	28.4
Zona Hidrográfica Pacífico Directos																	
5601	Directos Pacífico Frontera Panamá	4252	17827.7	8326.8	35179.5	4192.4	1958.1	8272.8	132.9	344.6	11.5	62.1	160.9	5.4	262.3	680.0	22.7
Zona Hidrográfica Islas Pacífico																	
5701	Malpelo		S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
5702	La Gorgona		S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.

S.I. Sin Información

Anexo 2. Propuesta metodológica para el diseño de sistemas de uso directo de aguas lluvias

A. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE USO DIRECTO DE AGUAS LLUVIAS

Los criterios de diseño que se presentan se basan principalmente en las siguientes fuentes de información:

Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile (UNESCO, 2015)¹

Guía de diseño para captación del agua de lluvia (OPS, 2004)²

El diseño de estos sistemas incorpora los siguientes aspectos:

- Estimación de la demanda de agua.
- Estimación de la oferta de agua.
- Estimación de los requerimientos de almacenamiento.

En el numeral A.4 se presentan ejemplos de aplicación de la metodología propuesta para diferentes zonas del país, con el objetivo de permitir que los diferentes actores tengan nociones sobre la variabilidad en el diseño de estos sistemas.

A.1. Estimación de la demanda de agua

La demanda de agua depende de la destinación de uso del agua (agrícola, pecuario, industrial (sistemas de incendio, procesos industriales, etc.), doméstico (limpieza, aseo personal, lavado de ropa, riego de jardines, vaciado de sanitarios, etc.)) y de las particularidades que se presenten en territorio. Para determinar la demanda es posible emplear diversas fuentes de información, entre las que se encuentran: la estimación a partir del registro histórico de volúmenes medidos en el uso; módulos de consumo del agua³ como una herramienta para estimar la cantidad de agua; conocimiento de los requerimientos de agua de las actividades productivas; entre otros.

Debido a la importancia del consumo humano, en el presente documento y para propósitos ilustrativos, se empleará la dotación de agua para consumo humano (L/hab.-día) y nivel de servicio de acuerdo con lo que establece la Organización Mundial de la Salud⁴ (Tabla. A 1) para determinar los diseños. Lo anterior con el objetivo de establecer la potencialidad del aprovechamiento de aguas lluvias en diferentes partes del país para el uso consumo humano. No obstante, la metodología presentada puede aplicarse a otros usos.

De manera general, la dotación y nivel de servicio dependerá de la capacidad de almacenamiento, la oferta hídrica y el área de captación.

1 UNESCO. (2015). Documento técnico No 36: manual de diseño y construcción de sistemas de capacitación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile. Pizarro, R., A. Abarza, C. Morales, R. Calderón, J. Tapia, P. García y M. Córdova. 94 p.

2 OPS (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Lima (Perú). Organización Panamericana de la Salud, 2004.

3 Módulo de consumo de agua: herramienta para la estimación de la cantidad de agua requerida en un proceso destinado a obtener un bien o un servicio bajo condiciones de uso eficiente y ahorro de agua y rentabilidad económica. Se expresa en unidades de volumen por unidad de producto, área o masa (MinAmbiente, 2019).

4 Organización Mundial de la Salud. (2003). La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud. Water Engineering and Development Centre, Universidad de Loughborough, RU, y Jamie Bartram, Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2003

Tabla. A 1 Dotación según el nivel de servicio

Función Log - Normal	Función de probabilidad con asimetría positiva a la cual se pretende ajustar los registros de precipitación.
Sin acceso	<5
Acceso básico	20
Acceso intermedio	50
Acceso óptimo	100

Fuente: (OMS, 2003)

Para el uso consumo humano, la demanda de agua para el periodo evaluado (día, mes, año) se estima multiplicando en número de habitantes (n_h) por la dotación por el tiempo de acuerdo con la ecuación que se presenta a continuación (OPS, 2004):

$$D_i = \frac{n_h * n_d * Dot}{1000} \quad (2)$$

Donde,

D_i = demanda mensual, diaria o anual según periodo evaluado (metros cúbicos).

n_h = número de habitantes.

n_d = número de días.

D_{ot} = dotación en l/hab.*día.

A.2. Estimación de la oferta de agua

La oferta de agua mensual se estima a partir de la siguiente ecuación (OPS, 2004):

$$O_i = \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000} \quad (3)$$

Donde,

P_{pi} : precipitación promedio mensual (mm o litros/m²).

C_e : coeficiente de escorrentía.

A_c : área de captación (m²).

O_i : oferta de agua en el mes “i” (m³).

El coeficiente de escorrentía es función del material que compone la superficie de captación, y su valor se encuentra entre 0 y 1. En la Tabla A.2. se presentan valores de referencia para el coeficiente de escorrentía según el material o tipo de superficie. Para mejorar la eficiencia en la captación de agua lluvias el material que lo compone debe ser lo más impermeable posible para minimizar las pérdidas.

Tabla A 2. Coeficiente de escorrentía

Material / tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía
Teja (lámina plástica, metálica galvanizada, asbesto cemento)	0.9
Teja de arcilla cocida	0.8-0.9
Madera	0.8
Paja	0.6-0.7
Pisos cementados	0.9
Piso pavimentado con ladrillo	0.8

Fuente: MVCT. (2021)⁵

A.2.1. Caracterización hidrológica

La caracterización de la oferta de agua debe realizarse con base en registros históricos de precipitación, con al menos 15 años de información o la mayor información disponible. La información puede obtenerse de estaciones del Ideam, de autoridades ambientales o a través de monitoreo comunitario. En caso de ausencia de información, puede ser útil información desde sensores remotos como las misiones satelitales GPM o TRMM⁶.

De acuerdo con (UNESCO, 2015), la precipitación de diseño a partir de valores medios anuales o valores medios mensuales se debe escoger con base en la probabilidad de ocurrencia (excedencia del 90% o probabilidad del 0.1). Este valor se establece como un valor adecuado desde el punto de vista económico el cual evita que la infraestructura sea subutilizada.

La determinación de la precipitación de diseño debe realizarse empleando parámetros estadísticos y funciones de distribución de probabilidad. Algunas de las distribuciones de probabilidad más comúnmente empleadas para el análisis de precipitación son la Normal, Logarítmico- Normal, Pearson Tipo III, Gumbel y Goodrich. La función de distribución de probabilidad debe escogerse de acuerdo con la distribución de la variable, para lo cual debe validarse el ajuste obtenido a través de pruebas de bondad del ajuste.

En la Tabla A 3 se resumen definiciones y ecuaciones de parámetros estadísticos y funciones de probabilidad acumulada de Gumbel, Log – Normal y Pearson Tipo III (UNESCO, 2015).

5 MVCT. (2021). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Título J alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012.

6 Nasa. (2020). Global Precipitation Measurement. <https://gpm.nasa.gov/>

Tabla A 3. Parámetros estadísticos y funciones de probabilidad

Parámetro	Definición	Ecuación	Parámetros	Numeración de ecuación
Media	La media de conjunto finito de números es el valor característico de una serie de datos cuantitativos. Se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	n: número de datos de la muestra Xi: variable aleatoria de la muestra	(1)
Desviación estándar	Es una medida de la variabilidad o dispersión en la variable	$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$	S= desviación estándar	(2)
Probabilidad de excedencia	Probabilidad de que un valor de la variable aleatoria sea excedido.	$P(X) = \frac{1}{T}$	T= tiempo de retorno: período de tiempo que transcurre entre dos eventos o sucesos de similares P(X)= probabilidad de excedencia	(3)
Función de distribución acumulada de Gumbel	Función de probabilidad a la cual se pretende ajustar los registros de precipitación.	$F(X) = e^{-e^{-d(x-\mu)}}$ $d = \frac{1}{0.779696 * S}$ $\mu = \bar{X} - 0.450047 * S$	X = valor a asumir por la variable aleatoria (precipitación de diseño). d y μ = parámetros a estimar de la función. F(x) Función de Gumbel	(4) (5) (6)
Función Log - Normal	Función de probabilidad con asimetría positiva a la cual se pretende ajustar los registros de precipitación.	$F(X) = \frac{1}{2\pi x(\beta)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2}(\frac{\ln x - \alpha}{\beta})^2} dx$ Donde, $\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n}$ $\beta = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\ln x_i - \alpha)^2}{n} \right)^{1/2}$ En la probabilidad de la función normal la variable X está dada por: $x = e^{\beta z + \alpha}$ $z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta}$	x = valor a asumir por la variable aleatoria. α, β = parámetros a estimar de la función.	(7) (8) (9)
Distribución Pearson Tipo III	Función de probabilidad a la cual se pretende ajustar los registros de precipitación.	$F(X) = \frac{1}{\alpha \gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\frac{(x-\delta)}{\delta}} \left(\frac{x-\delta}{\delta} \right) dx$ Donde, $\alpha = \frac{S}{\sqrt{\beta}}$ $\beta = \left(\frac{2}{\gamma} \right)^2$ $\delta = \bar{X} - \alpha \beta$ $\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{S^3}$	γ = coeficiente de sesgo. α, β y δ = parámetros. S = desviación típica.	(12) (13) (14) (15) (16)

Fuente: (UNESCO, 2015).

Para propósitos de la determinación de la oferta de agua lluvia, debe emplearse una función de distribución de probabilidad que se ajuste a las condiciones de la región de estudio.

- Bondad de ajuste

Para determinar la bondad del ajuste de la variable aleatoria a la función de probabilidad escogida es posible emplear la prueba Kolmogorov-Smirnov y el Coeficiente de Determinación (R^2) de acuerdo con lo que se presenta en la Tabla A 4.

Tabla A 4. Pruebas de bondad de ajuste

Prueba	Definición	Ecuación	Parámetros	Numeración de ecuación
Test Kolmogorov-Smirnov	Es una prueba de normalidad basada en el valor absoluto de la máxima diferencia entre la distribución acumulada observada y la teórica	$F_n(X) = \frac{n}{N+1}$	$F_n(X)$ = frecuencia observada acumulada. n = número de orden ascendente de la serie de datos. N = número total de datos.	(1)
		$D = \text{máximo } [F_n(X) - F(X)]$	$F(X)$ = frecuencia teórica acumulada a partir de la función de probabilidad.	(2)
		Se acepta el ajuste de la función si, $KS_t > DKSt > D$	D = máximo de las diferencias entre la frecuencia observada y la frecuencia teórica. KS_t = valor obtenido de la tabla Kolmogorov-Smirnov a partir N y el nivel de confiabilidad deseado.	(3)
Coeficiente de determinación (R^2)	Es una medida de la variabilidad entre la función observada y la teórica.	$R^2 = 1 - \frac{\sum (Fn(X)_i - F(X)_i)^2}{\sum (Fn(X)_i - \bar{Fn}(X))^2}$ $R^2 = 1 - \frac{\sum (Fn(X)_i - F(X)_i)^2}{\sum (Fn(X)_i - \bar{Fn}(X))^2}$ Se acepta el ajuste de la función si, $R^2 > 0.9$	$0 \leq R^2 \leq 1$. $Fn(x)_i$ = frecuencia observada acumulada. $F(x)$ = frecuencia teórica acumulada. $Fn(X)$ = media de las frecuencias observadas acumuladas.	(4)

Fuente: (UNESCO, 2015).

A.3. Estimación de los requerimientos de almacenamiento

El volumen de almacenamiento se estimará a partir de información media mensual siguiendo el siguiente procedimiento:

- El primer paso es identificar el mes de mayor precipitación y por lo tanto mayor oferta, este mes será empleado como punto de partida del balance.
- Empleando la precipitación de diseño y el coeficiente de escorrentía, se procede a estimar la oferta unitaria para cada mes y se determina la oferta anual acumulada partiendo del mes de mayor precipitación.
- A continuación, se determina mediante aproximación manual (tanteo) o empleando la función “buscar objetivo” de Excel, el valor de demanda que permite que no exista déficit de agua acumulado en ningún mes del año.
- El objetivo de este análisis es determinar la demanda máxima (para un área unitaria de un metro cuadrado) que permite una diferencia acumulativa igual a cero al final del año (teniendo en cuenta que este inicia el mes de mayor precipitación), debido a que esta situación representa el almacenamiento máximo. La

demanda que conduce a un balance negativo se descarta debido a que se encuentran en condición de déficit.

- Finalmente, el tamaño del tanque de almacenamiento se estima a partir de la diferencia entre la oferta y demanda acumulada máxima y mínima.

Los balances se pueden llevar a cabo a nivel mensual o anual, pero para propósitos de diseño se recomienda emplear valores mensuales.

Por lo anterior, el volumen de almacenamiento para cada mes se estima a partir de la siguiente ecuación:

$$V_i = O_i - D_i \quad V_i = O_i - D_i \quad (24)$$

Donde,

V_i : volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i".

O_i : oferta en el mes "i".

D_i : demanda en el mes "i".

A.4. Ejemplo de aplicación de la metodología

Teniendo en cuenta la metodología presentada anteriormente, se estimarán la oferta por área unitaria (m^2) y los requerimientos de almacenamiento para diferentes zonas del país, con el objetivo de ilustrar la variabilidad del diseño de acuerdo con las condiciones climáticas.

A.4.1. Información empleada

Para el presente análisis se escogieron zonas del país que se caracterizan de acuerdo con su índice de aridez (Ideam⁷, 2015) desde altamente deficitario de agua a moderado a excedentes de agua (altamente deficitario de agua: Maicao; deficitario de agua: San Andrés; moderado a deficitario de agua: Sincelejo, Bogotá y Cali; moderado: Los Santos; moderado a excedentes de agua: Yopal, Aguachica y Medellín; altos excedentes de agua: Quibdó y Leticia. Para cada zona se analizaron los datos mensuales y anuales de precipitación de la estación con la menor precipitación media de la zona y de acuerdo con lo que se presenta en la Tabla A 5. Lo anterior teniendo en cuenta que el índice de aridez es una medida indirecta de la escasez estacional o anual de los recursos hídricos y el hecho que muchos de estos sitios tienen problemas frecuentes de abastecimiento de agua. Adicionalmente, se hará este análisis para sitios con altos excedentes de agua, con el objetivo de comparar los resultados en relación con la oferta de agua.

7

Ideam. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, 2015.

Tabla A 5. Información general de las estaciones empleadas

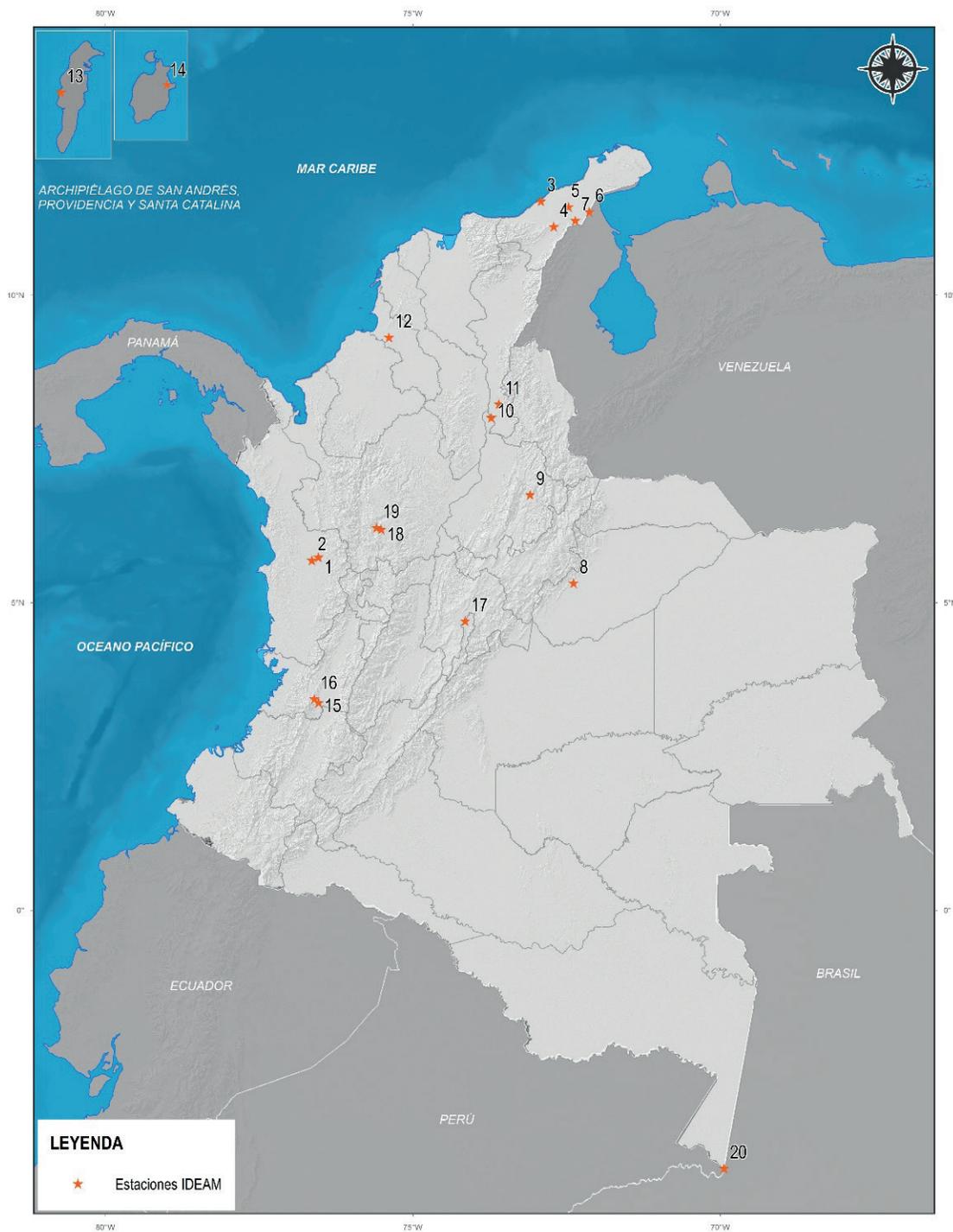
ID	Código	Estación	Tipo	Departamento	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Número de años de registro
1	11040010	Tutunendo	PM	Chocó	Quibdó	5.744	-76.538	54	51
2	11045010	Aeropuerto El Carano	SP	Chocó	Quibdó	5.691	-76.644	75	70
3	15065010	Aeropuerto Almirante Padilla	SP	La Guajira	Riohacha	11.530	-72.918	4	45
4	15065100	Hacienda la Cruz	ME	La Guajira	Hato Nuevo	11.116	-72.709	155	32
5	15070160	Escuela Ceura	PM	La Guajira	Maicao	11.438	-72.470	85	46
6	15080060	Paraguachón	PM	La Guajira	Maicao	11.360	-72.132	35	46
7	15085030	Escuela Agrícola Carraipia	CO	La Guajira	Maicao	11.217	-72.360	118	49
8	35215010	Aeropuerto Yopal	CP	Casanare	Yopal	5.320	-72.388	325	43
9	24060050	La Mesa	PM	Santander	Los Santos	6.759	-73.093	1,460	44
10	23190710	Barranca Lebrija	PM	Cesar	Aguachica	8.012	-73.724	50	34
11	23215030	Aguas Claras	CO	Cesar	Aguachica	8.229	-73.603	208	44
12	25025310	Puerta Roja	ME	Sucre	Sincelejo	9.316	-75.388	160	33
13	17015010	Aeropuerto Sesquicentenario	SP	San Andrés y Providencia	San Andrés y Providencia	12.542	-81.731	1	60
14	17025020	Aeropuerto El Embrujo	SP	San Andrés y Providencia	San Andrés y Providencia	13.360	-81.358	7	45
15	26055070	Universidad del Valle	CP	Valle del Cauca	Cali	3.378	-76.534	996	52
16	26080280	Pichinde	PM	Valle del Cauca	Cali	3.438	-76.602	1,637	43
17	21205790	Aeropuerto El Dorado	SP	Bogotá D.C.	Bogotá D.C.	4.706	-74.151	2,547	45
18	27010810	Santa Helena	PM	Antioquia	Medellín	6.197	-75.517	2,550	47
19	27015070	Aeropuerto Olaya Herrera	SP	Antioquia	Medellín	6.221	-75.589	1,516	77
20	48015010	Aeropuerto Vásquez Cobo	SP	Amazonas	Leticia	-4.194	-69.941	84	49

CP: climatológica ordinaria; CP: climatológica principal; SP: sinóptica principal; PM: pluviométrica; ME: meteorológica. Fuente: (Ideam, 2017)⁸

En la Figura A 1. se presenta la localización general de las estaciones empleadas en análisis de oferta las cuales es posible identificar con base a la numeración dada en la columna "ID" de la Tabla A 5.

8 Ideam. (2017). Registros de precipitación obtenidos del Catálogo Nacional de Estaciones.

Figura A 1. Localización de estaciones empleadas



Para la determinación de la oferta unitaria en diferentes zonas del país, se empleará un coeficiente de escurrimiento de 0.9, valor que es aplicable a materiales como tejas metálicas, superficies de concreto, tejas de arcilla, superficies de hormigón y superficies de madera (ver Tabla A 2) y por lo tanto permite una estimación adecuada de la oferta para la captación doméstica de aguas lluvias, por cuanto estos son los principales materiales empleados para este tipo de aprovechamientos.

A.4.2. Estimación de la oferta de agua

La oferta de agua se estimó a partir de los datos mensuales y anuales de precipitación, empleando la función de distribución de probabilidad de Gumbel, con una probabilidad de excedencia del 90%, es decir que se prevé que la precipitación de diseño exceda el valor de diseño al menos 9 de cada 10 años y realizando las pruebas de ajuste de bondad que se presentan en la Tabla A 4.

En la Tabla A 6 se presenta un comparativo de las precipitaciones de diseño estimadas a partir de información multianual, mensual y anual. Se destaca a partir de este análisis, que los resultados obtenidos para análisis mensuales y anuales presentan variaciones porcentuales entre el 19.3% (Aeropuerto El Carano (Chocó, Quibdó)) y 67.6% (Aeropuerto Almirante Padilla (La Guajira, Riohacha)). En general, es posible identificar, que entre menor sea la precipitación media de la zona, mayor es la diferencia entre las precipitaciones de diseño estimadas, lo anterior asociado principalmente al régimen de precipitaciones en zonas con déficit o exceso de agua.

Tabla A 6. Comparativo de precipitación de diseño estimada a partir de datos mensuales y anuales

ID	Estación	Precipitación de diseño estimada a partir de valores totales mensuales de precipitación												Precipitación de diseño (series anuales) [B]	Fracción porcentual (%) - [A]/[B]	Precipitación media anual (mm)	Índice de aridez	
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Díc.					Precipitación de diseño (series mensuales) [A]
1	Aeropuerto Almirante Padilla (La Guajira, Riohacha).	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.1	64.1*	5.2	0.0	121.4	374.5	32.4%	596.2	Altamente deficitario de agua
2	Aeropuerto El Dorado (Bogotá D.C., Bogotá D.C.)	2.5	10.9	27.0	50.4	49.7	25.0	18.9	20.4	24.6	56.5*	44.0	18.1	348.0	622.0	55.9%	846.7	Moderado a deficitario de agua
3	La Mesa (Santander, Los Santos).	0.0	11.0	21.9	32.4	59.2	30.6	37.1	45.5	51.3	76.3*	33.9	0.8	400.1	708.3	56.5%	911.5	Moderado a deficitario de agua
4	Puerta Roja (Sucre, Sincelejo).	0.0	0.0	0.0	48.5	98.0	69.9	75.3	100.1	123.5*	79.0	58.2	4.4	656.9	1044.5	62.9%	1223.4	Moderado a deficitario de agua
5	Aguas Claras (Cesar, Aguachica).	0.0	0.0	12.4	77.3	115.4*	74.1	66.8	74.3	94.3	102.4	45.8	7.3	670.0	1100.9	60.9%	1352.1	Moderado
6	Universidad del Valle (Valle del Cauca, Cali)	25.9	36.1	63.3	109.4*	92.3	33.3	5.6	5.4	39.1	102.5	94.0	44.4	651.1	1164.0	55.9%	1474.4	Moderado

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

ID	Estación	Precipitación de diseño estimada a partir de valores totales mensuales de precipitación												Precipitación de diseño (series anuales) [B]	Fracción porcentual (%) - [A]/[B]	Precipitación media anual (mm)	Índice de aridez	
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.					Precipitación de diseño (series mensuales) [A]
7	Aeropuerto Olaya Herrera (Antioquia, Medellín)	12.7	23.7	43.9	99.9	113.6	71.1	49.8	65.4	92.6	134.3*	95.9	40.5	843.6	1239.4	68.1%	1622	Moderado a excedentes de agua
8	Aeropuerto El Embrujo (San Andrés y Providencia)	36.2	15.7	6.4	0.0	11.0	42.8	52.1	62.5	97.1	163.4*	125.6	47.6	660.5	1226.8	53.8%	1700.8	Deficitario de agua
9	Aeropuerto Yopal (Casanare, Yopal)	0.0	0.0	14.7	153.4	215.8*	192.2	193.7	162.3	168.2	145.4	63.6	0.0	1309.4	1797.3	72.9%	2376.7	Moderado a excedentes de agua
10	Aeropuerto Vásquez Cobo (Amazonas, Leticia)	246.3*	217.1	245.3	244.7	177.1	128.0	80.3	83.4	118.6	140.4	164.3	185.2	2030.8	2764.0	73.5%	3287.2	Altos excedentes de agua
11	Aeropuerto El Carano (Chocó, Quibdó)	293.8	255.2	316.2	407.6	455.0	493.3	551.6*	530.2	485.7	432.7	384.8	435.3	5041.3	6249.1	80.7%	7906.8	Altos excedentes de agua
12	Tutunendo (Chocó, Quibdó)	399.1	322.3	277.4	472.3	604.2	610.5	673.1*	660.3	629.9	658.3	562.9	559.2	6429.4	8376.6	76.8%	11132.7	Altos excedentes de agua

* valores máximos mensuales de diseño empleados como dato inicial para el balance de oferta y demanda para la estimación del almacenamiento.

Para los propósitos de este documento, se emplearán las precipitaciones de diseño estimadas a partir de series mensuales de precipitación, debido a que esta información contempla la variación temporal de la precipitación a lo largo del año, lo que permite estimar de manera más precisa el almacenamiento y la oferta disponible para el aprovechamiento de aguas lluvias de acuerdo con las condiciones específicas de cada zona de análisis.

En la Tabla A 7 se presenta un resumen de oferta unitaria, que se estimó teniendo en cuenta la metodología presentada en el numeral A.2 y las siguientes consideraciones:

- La oferta se estimó para un área de 1 m² y estimando la dotación máxima constante en l/día para todo el año que permita que la diferencia acumulativa será igual a cero en uno de los meses del balance, sin que en otros meses se presente déficit. Se parte del mes de mayor precipitación para estimar la oferta y demanda de agua acumulada a nivel mensual.

A.4.3. Estimación de los requerimientos de almacenamiento

El almacenamiento se estimó a partir de la diferencia entre la oferta y la demanda acumuladas máxima y mínima. Por lo anterior, es el volumen de almacenamiento máximo necesario para hacer uso del exceso máximo a lo largo del año. En algunas zonas este volumen puede resultar excesivo, lo que puede ajustarse con base en la oferta, la demanda asociada al área de captación y los costos del sistema de almacenamiento.

En la Tabla A 7. se resumen la oferta unitaria, el almacenamiento unitario y las áreas necesarias para satisfacer diferentes niveles de servicio.

A.4.4. Análisis de resultados

La oferta unitaria, con base en la información analizada, varía entre 0.186 y 15.44 l/día por m² en Riohacha y Quibdó respectivamente. De este análisis es posible establecer los requerimientos mínimos de área para satisfacer diferentes niveles de servicio de acuerdo con la Tabla A 7.. Los resultados presentados fueron obtenidos a partir del análisis de la información presentada en el numeral A.4.1, razón por la cual estos son indicativos para la zona de ubicación de cada estación.

Los resultados muestran que en zonas como Riohacha – La Guajira cuyo índice de aridez se establece como altamente deficitario de agua, se requiere de un área de captación de 107.4 m² y un almacenamiento de 5.6 m³ para satisfacer un nivel de servicio de acceso básico durante todo el año (20 l/hab./día), lo cual dificulta en gran medida el aprovechamiento de aguas lluvias a nivel doméstico. Por el contrario, en Quibdó, cuyo índice de aridez se establece como altos excedentes de agua, se requiere de un área de captación de 6.5 m² y un almacenamiento de 3.4 m³ para satisfacer un nivel de servicio de acceso óptimo para una persona a lo largo del año.

En relación con el almacenamiento es posible establecer que entre más marcado es el régimen de precipitación entre periodo seco y periodo de lluvias, mayor será el almacenamiento requerido para satisfacer la dotación constante a lo largo del año. Es por esto que emplear series de tiempo con información mensual multianual para estimar la precipitación de diseño, resulta indispensable para proyectar de manera confiable el almacenamiento para la captación de aguas lluvias.

El análisis comparativo de los resultados de la aplicación de la metodología y la oferta total superficial en términos de rendimiento dada en el ENA 2018⁹, para condiciones de año seco, año medio y año húmedo permite determinar que aunque la información de oferta a nivel de subzona hidrográfica permite establecer el orden de magnitud de la oferta, variabilidad espacial y variabilidad temporal, no es útil para propósitos de diseño, porque representaría una enorme incertidumbre respecto al comportamiento de la oferta para aprovechamiento en un sitio específico.

9 Ideam. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, 2015.

LINEAMIENTOS PARA POTENCIALIZAR EL USO DEL AGUA LLUVIA

Tabla A 7. Análisis comparativo de los resultados de aplicación de la metodología y el rendimiento de la subzona hidrográfica (ENA, 2018) de los sitios empleados para el diseño

ID	Estación	Precipitación media anual (mm)	Precipitación de diseño (mm/año)	Almacenamiento requerido por m2 de área de captación (m3)	áreas necesarias para satisfacer el nivel de servicio para una persona (m2)				Oferta estimada de diseño l/día/m2	Zonificación hidrográfica		Rendimiento (l/día/m ²) (ENA 2018)		
					Nivel de servicio					SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Año Seco	Año medio	Año Húmedo
					Sin acceso - dotación de 5 l/hab.*día	Acceso básico - dotación de 20 l/hab.*día	Acceso intermedio - dotación de 50 l/hab.*día	Acceso óptimo - dotación de 100 l/hab.*día						
1	Aeropuerto Almirante Padilla (La Guajira, Riohacha).	596.2	121.4	0.052	26.8	107.4	268.4	536.8	0.186	1506	Río Ranchería	0.06	0.60	2.75
2	Aeropuerto El Dorado (Bogotá D.C., Bogotá D.C.)	846.7	348	0.04	6.4	25.4	63.6	127.2	0.79	2120	Río Bogotá	0.18	0.67	2.16
3	La Mesa (Santander, Los Santos).	911.5	400.1	0.1	7	28.1	70.2	140.5	0.71	2405	Río Sogamoso	1.33	3.00	6.39
4	Puerta Roja (Sucre, Sincelajo).	1223.4	656.9	0.18	4.4	17.8	44.4	88.9	1.13	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	1.17	2.49	4.54
5	Aguas Claras (Cesar, Aguachica).	1352.1	670	0.18	3.1	12.6	31.4	62.8	1.59	2321	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	0.76	1.69	3.58
6	Universidad del Valle (Valle del Cauca, Cali)	1474.4	651.1	0.1	3.6	14.3	35.7	71.3	1.4	2630	Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo	0.36	1.34	3.27
7	Aeropuerto Olaya Herrera (Antioquia, Medellín)	1622	843.6	0.13	2.9	11.5	28.8	57.6	1.74	2701	Río Porce	1.97	4.59	9.67
8	Aeropuerto El Embrujo (San Andrés y Providencia)	1700.8	660.5	0.17	3.4	13.5	33.8	67.6	1.48	1701	San Andrés	S.I.	2.41	S.I.
9	Aeropuerto Yopal (Casanare, Yopal).	2376.7	1309.4	0.4	1.6	6.4	16.1	32.2	3.11	3521	Río Cravo Sur	1.22	3.29	8.49
10	Aeropuerto Vásquez Cobo (Amazonas, Leticia)	3287.2	2030.8	0.27	1	4	10.1	20.1	4.97	4801	Directos río Amazonas (margen izquierda)	2.18	4.59	8.97
11	Aeropuerto El Carano (Chocó, Quibdó)	7906.8	5041.3	0.31	0.4	1.7	4.1	8.3	12.11	1117	Río Cabi y otros directos Atrato (margen derecha)	11.87	20.25	34.02
12	Tutunendo (Chocó, Quibdó)	11132.7	6429.4	0.53	0.3	1.3	3.2	6.5	15.44	1104	Río Bebaramá y otros directos Atrato (margen derecha)	9.26	19.32	33.55

Lineamientos
para potencializar el
USO DEL AGUA LLUVIA

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Viceministerio de Políticas y Normalización Ambiental
Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico

