

La resiliencia climática en el sector de agua y saneamiento en América Latina y su relación con la emisión de bonos verdes

División de Agua y Saneamiento

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-2633

Autores:

Paulina Concha

Editores:

María del Rosario Navia

Isabelle Braly-Cartillier

Giovanni Leo Frisari

José Manuel Sandoval

Julio Cesar Aguilera

Enero 2023

La resiliencia climática en el sector de agua y saneamiento en América Latina y su relación con la emisión de bonos verdes

Autores:

Paulina Concha

Editores:

María del Rosario Navia

Isabelle Braly-Cartillier

Giovanni Leo Frisari

José Manuel Sandoval

Julio Cesar Aguilera

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Concha, Paulina.

La resiliencia climática en el sector de agua y saneamiento en América Latina y su relación con la emisión de bonos verdes / Paulina Concha; editores, María del Rosario Navia Díaz, Isabelle Braly-Cartillier, Giovanni Leo Frisari, José Manuel Sandoval, Julio César Aguilera.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2633)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Water supply-Environmental aspects-Colombia-Finance. 2. Sanitation-Environmental aspects-Colombia-Finance. 3. Resilience (Ecology)-Colombia. 4. Infrastructure (Economics)-Environmental aspects-Colombia. I. Navia, María del Rosario, editora. II. Braly-Cartillier, Isabel, editora. III. Frisari, Giovanni Leo, editor. IV. Sandoval, José, editor. V. Aguilera, Julio, editor. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. VII. Serie. IDB-TN-2633

Palabras clave: Programa COMPASS, financiamiento verde, empresas de agua.

JEL code: L95, Q25.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



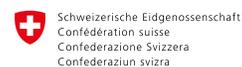
LA RESILIENCIA CLIMÁTICA • EN EL SECTOR DE AGUA • Y SANEAMIENTO EN AMÉRICA LATINA • Y SU RELACIÓN CON LA EMISIÓN • DE BONOS VERDES

Autor:

Paulina Concha

Editores técnicos:

María del Rosario Navia
Isabelle Braly-Cartillier
Giovanni Leo Frisari
José Manuel Sandoval
Julio César Aguilera



Este documento fue elaborado por Paulina Concha, en el marco de una consultoría financiada por el AquaFund, fondo multidonante administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo, en colaboración con la International Water Association IWA.

Los coordinadores del proyecto y editores técnicos del documento fueron María del Rosario Navia, Isabelle Braly-Cartillier, Giovanni Leo Frisari, José Manuel Sandoval y Julio César Aguilera del Banco Interamericano de Desarrollo. El documento contó con la revisión de especialistas y consultores del BID y otros expertos externos. El equipo agradece a la Embajada de Suiza en Colombia - Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) por su acompañamiento.

El MAF es el principal mecanismo de financiamiento para apoyar las inversiones del Banco en el sector de agua y saneamiento desde su creación en 2008. Es un fondo flexible, abierto a la innovación, destinado a ayudar

a los gobiernos de la región a lograr los Objetivos de Desarrollo sostenible mediante un agua de calidad y servicios de saneamiento para todos, una buena gestión de residuos sólidos y la capacidad de enfrentar los desafíos del cambio climático, de la degradación del ecosistema y de la creciente inseguridad del agua. La Iniciativa de Agua y Saneamiento AquaFund está conformada con los recursos de los socios donantes, como el Gobierno de Austria, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), la Fundación PepsiCo y la Cooperación Suiza a través de su Agencia de Desarrollo y Cooperación COSUDE y la Secretaría de Estado para Asuntos Económicos de Suiza (SECO).

Tabla de Contenidos

Descargo de responsabilidad	i
Glosario	iii
Acrónimos	iv
Antecedentes	1
1. Introducción	2
1.1. Importancia del sector Agua y Saneamiento (AyS)	2
1.2. Resiliencia climática en el contexto de las empresas de AyS	3
1.3. Los bonos verdes como instrumento de financiación de proyectos de adaptación climática	4
2. Estándares de Mercado y certificación de CBI bajo los Criterios de Infraestructura Hídrica	7
3. Ejercicio de pre-certificación bajo los Criterios de Infraestructura Hídrica de dos empresas de AyS colombianas	10
3.1. Seguridad hídrica y cambio climático en Colombia	10
3.2. Riesgos y resiliencia climática en Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira (EAAP)	12
3.3. Riesgos y resiliencia climática en Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)	14
3.4. Análisis de vulnerabilidad de EAAP y EAAB a través del Scorecard de CBI-CIH ...	16
<i>Componente de asignación</i>	17
Fortalezas	18
Áreas de mejora	19
<i>Componente de Gobernanza</i>	19
Fortalezas	21
Áreas de mejora	21
<i>Componente de Diagnóstico Técnico</i>	22
Fortalezas	23
Áreas de mejora	24
<i>Componente de Soluciones Basadas en la Naturaleza</i>	25
Fortalezas (evaluadas para los proyectos de EAAB)	26
Áreas de mejora	27
Plan de Adaptación	27
Fortalezas	27
Áreas de mejora	28
4. Conclusiones y Aprendizajes del ejercicio de pre-certificación de EAAP y EAAB ...	29
5. Referencias	31
Apéndice	35
Recursos y Herramientas	35

Glosario

Adaptación: La adaptación consiste en reducir riesgos y vulnerabilidades, buscando oportunidades y construyendo la capacidad de naciones, regiones, ciudades, sector privado, comunidades, individuos, y sistemas naturales para enfrentarse con los impactos climáticos; así como movilizar esa capacidad implementando decisiones y acciones (Magrin, 2015).

Capacidad adaptativa: Es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los eventos extremos), moderar los daños potenciales, tomar ventaja de las oportunidades y enfrentar las consecuencias (Magrin, 2015).

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un sistema o servicio desempeñe sus funciones de manera adecuada por un tiempo específico, o que opere en un ambiente definido sin fallo.

Infraestructura hídrica basada en la naturaleza: Infraestructura hídrica que refleja el uso intencional de activos ecológicos o características basadas en los ecosistemas, procesos y funciones como una parte integral para cubrir necesidades de agua. La intención de este tipo de infraestructura es servir estas funciones de manera que proteja, gestione, restaure o amplifique las características naturales, procesos y sistemas de manera funcional y sostenible.

Mitigación: Son las acciones tomadas para reducir o minimizar los impactos adversos de un evento peligroso. En el contexto de la mitigación del cambio climático, el término se refiere a los esfuerzos para reducir o prevenir la emisión de gases de efecto invernadero.

Vulnerabilidad: En el contexto de vulnerabilidad climática, son las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de un individuo, comunidad, activo o sistema a los impactos adversos de un evento climático.

Resiliencia: Es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad a resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de los efectos de un evento peligroso de una manera rápida y eficiente, preservando y/o restaurando sus estructuras esenciales y funciones a través del manejo de riesgos.

Soluciones basadas en la naturaleza: Término que hace referencia al uso de los ecosistemas para servir necesidades humanas de manera intencional, explícita y planeada.

Sostenibilidad: Es satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades propias.

Acrónimos

CBI	Climate Bonds Initiative
CIH	Criterios de Infraestructura Hídrica de CBI
GEI	Gases de efecto invernadero
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
Empresas de AyS	Empresas de agua y saneamiento
EAAP	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
PUEEA	Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua
POMCAS	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
PRICC	Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá y Cundinamarca
EMAVCC	Estrategia Municipal para la Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático
ENA	Estudio Nacional del Agua
SbN	Soluciones basadas en la naturaleza



Antecedentes

El objetivo de esta nota técnica es dar visibilidad a los requisitos, importancia y beneficios que tiene la planeación e inversión en proyectos centrados en la adaptación climática y el aumento de resiliencia para las empresas prestadoras de servicios de agua y saneamiento (referidas aquí como empresas de AyS). Estos beneficios no sólo son tangibles en el aseguramiento del suministro a largo plazo, el manejo y cuidado de los ecosistemas y la salud pública, sino también en la facilidad de acceso a distintas fuentes de capital para las empresas del sector.

En el 2021, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) proporcionó asistencia técnica a dos empresas de AyS colombianas en la preparación para la emisión y certificación de bonos verdes. Este trabajo fue parte del Programa COMPASS y fue realizado por la empresa de consultoría HPL. Las empresas beneficiarias fueron la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira (EAAP). Esta nota técnica incluye las lecciones aprendidas del ejercicio con las empresas colombianas, detallando el proceso y los requisitos para recibir la certificación de bono verde bajo los Criterios de Infraestructura Hídrica (CIH) de la Iniciativa de Bonos Climáticos (CBI por sus siglas en inglés). Esta nota técnica se enfoca en los aspectos relacionados al análisis de vulnerabilidad climática, la planeación de medidas adaptativas y la resiliencia.

EAAB y EAAP lograron cumplir con los requisitos de pre-certificación bajo los CIH y fue un proceso que derivó en muchos aprendizajes que serán de utilidad para otras empresas del sector que estén considerando esta fuente de financiamiento. Aquí se detallan las fortalezas y desafíos que se descubrieron en el camino, así como recursos y recomendaciones para dar soporte a futuras certificaciones. El documento tiene como base el contexto colombiano, pero las experiencias y recomendaciones pueden ser aplicables en otros países.

Este producto de conocimiento se elaboró como parte de una serie y se puede leer en conjunto con otros en la serie titulados “Emisión de Bonos Verdes en el Sector de Agua y Saneamiento en Colombia” y “Guía práctica de instrumentos financieros innovadores para el sector de agua y saneamiento en América Latina y Caribe” (Montejo et al., 2022).



Introducción

1.1. IMPORTANCIA DEL SECTOR AGUA Y SANEAMIENTO (AyS)

La infraestructura hídrica, incluyendo todos los componentes necesarios para el suministro de agua potable, el alcantarillado, el tratamiento y la disposición de aguas residuales, es esencial para el buen funcionamiento de la sociedad y es un elemento central para el desarrollo económico sostenible (UNEP; Value of Water Campaign, 2017). Las empresas prestadoras de servicio de agua y saneamiento (empresas de AyS) juegan un papel crítico en asegurar el suministro de agua limpia para distintos usos, especialmente durante eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones. Además, tienen el indispensable trabajo de asegurar que el agua residual y de lluvias sea recolectada y tratada antes de ser vertida a los cuerpos de agua para no afectar a los ecosistemas y a los usuarios río abajo.

En Colombia se estima que el mejoramiento de la seguridad hídrica podría evitar hasta un 3% de pérdida en el producto interno bruto (PIB), relacionada con la reducción en la producción debido a inundaciones extremas, cortes de agua y contracción del empleo durante sequías (World Bank Group & GWSP, 2020). Con el cambio climático se prevé un mayor impacto en el PIB en cuanto a la seguridad hídrica, lo cual profundizaría la desigualdad en el país (Borja-Vega et al., 2019). Por lo tanto, es urgente que se definan y apoyen políticas y proyectos que soporten la adaptación al cambio climático en torno al manejo de los recursos hídricos. Se debe apoyar a las empresas de AyS para tener un enfoque de gestión de riesgo y sostenibilidad a largo plazo. De esta manera también se contribuye al cumplimiento de los compromisos de adaptación ante el cambio climático incluidos en el acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015), adoptado por Colombia en el 2015¹.

La planeación de proyectos de inversión basados en la modelación y análisis de escenarios es esencial para que las empresas de AyS disminuyan los riesgos sociales y económicos que pueden resultar a raíz de la combinación de sistemas ineficientes/infraestructura obsoleta, cambios en el clima, cambios en el uso de suelo y la demanda.

1 Cancellaría de Colombia. Cambio Climático. Disponible en <https://www.cancilleria.gov.co/en/node/8106>

1.2. RESILIENCIA CLIMÁTICA EN EL CONTEXTO DE LAS EMPRESAS DE AyS

Las empresas de AyS enfrentan vulnerabilidades particulares ante el cambio climático. La infraestructura hídrica del siglo XX en el mejor de los casos fue diseñada con parámetros basados en observaciones climáticas históricas, pero el cambio climático y diversos factores antropogénicos como el desarrollo urbano y las alteraciones en el uso de tierra están cambiando los niveles de confiabilidad de los diseños originales al cambiar los patrones de suministro (ej. los caudales) y la demanda (Salas et al., 2018; USACE, 2018; Brown et al., 2020). Las probabilidades de que ocurra un evento de sequía o inundación de cierta magnitud están cambiando (Bates et al., 2021; Mallakpour et al., 2019) y también sus consecuencias (Wing et al., 2018). A nivel local hay gran incertidumbre acerca de las tendencias y magnitud de dichos eventos, lo cual aunado con la falta de datos y conocimiento representa grandes retos para la planeación y gestión de los servicios de agua y saneamiento.

Las empresas de AyS han de ser capaces de mantener sus servicios de captación, tratamiento, abastecimiento y gestión de aguas residuales y pluviales para condiciones climáticas “normales”, así como para eventos climáticos extremos y ser flexibles/adaptables frente a tendencias emergentes en los regímenes de precipitación y cambios en el entorno (Brown et al., 2020). Esto no es una tarea fácil. La resiliencia climática en este contexto consiste en asegurarse de que los servicios no sean interrumpidos de manera significativa, de que se restablezcan rápidamente y a bajo costo, considerando la variabilidad climática a la que se enfrentan.

Los diseños, operación y gestión de las empresas de AyS deben incluir elementos de redundancia (ej. contar con fuentes alternativas), robustez (ej. protección ante deslizamientos), rapidez (ej. poder definir prioridades rápidamente para minimizar los impactos) y contar con recursos tanto humanos como monetarios que puedan movilizarse en situaciones extremas (Bruneau et al., 2003). Se necesita tener un enfoque de riesgo en la evaluación de las operaciones y la planeación prospectiva de proyectos futuros, considerando distintos escenarios climáticos a corto, mediano y largo plazo, la incertidumbre de dichos escenarios, la exposición que tienen sus activos (Doss-Gollin et al., 2019) y la identificación de vulnerabilidades (Figura 1). De esta manera se logra una planeación con miras hacia la adaptación, en lugar de ser reactiva ante eventos adversos que pueden generar grandes pérdidas materiales y humanas. El monitoreo, manejo de datos, seguimiento a indicadores y la evaluación de tendencias son, por lo tanto, acciones intrínsecas al proceso de toma decisiones del sector de agua y saneamiento.

Los eventos climáticos extremos seguirán ocurriendo, pero la resiliencia consiste en minimizar las fallas y disminuir las pérdidas y el tiempo de recuperación.

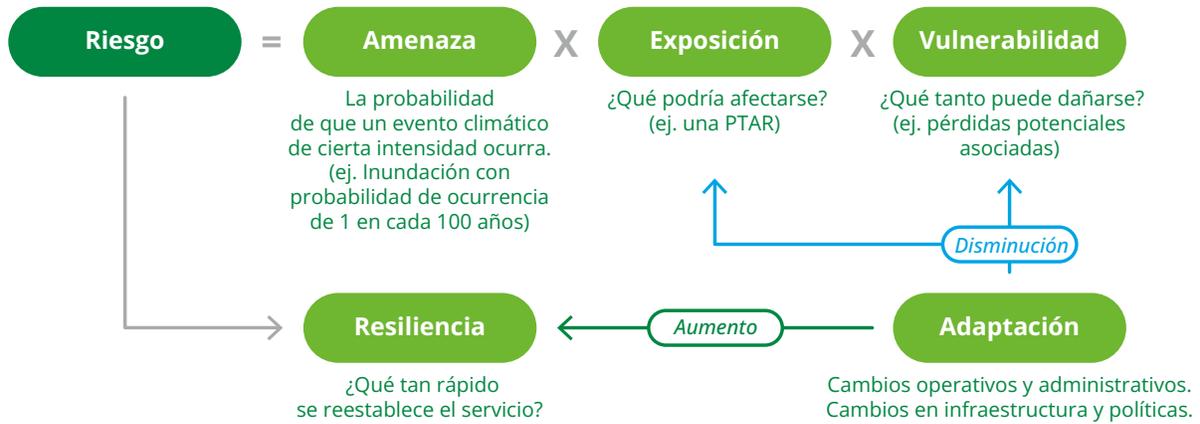


Figura 1. Relación del aumento de la resiliencia con la disminución de los riesgos climáticos. Reducir la exposición y la vulnerabilidad a través de medidas adaptativas disminuye el riesgo y aumenta la resiliencia. **Reducir la exposición no es posible en la mayoría de los casos (ej., cambiar el activo de lugar), así que el enfoque principal de las medidas adaptativas es reducir la vulnerabilidad.** Fuente: Elaboración propia.

Las inversiones enfocadas a la adaptación climática en el sector de AyS pueden ser orientadas a disminuir las pérdidas de agua, a gestionar la demanda (ej., a través del monitoreo, educación pública, ajustes tarifarios, restricciones, e implementación de políticas para aumentar la eficiencia del uso de agua), a reforzar y/o actualizar la infraestructura existente, a expandir la capacidad de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, a restaurar la hidrología de sus fuentes de suministro a través de soluciones basadas en la naturaleza como el manejo de humedales y la recarga de acuíferos, a desarrollar nuevas fuentes de suministro, a reducir las inundaciones, entre otros (Climate Bonds Initiative, 2021).

1.3. LOS BONOS VERDES COMO INSTRUMENTO DE FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

El acceso a capital para invertir en proyectos de adaptación climática puede parecer un obstáculo para las empresas de AyS. Sin embargo, existen varios instrumentos financieros innovadores que las empresas de AyS pueden utilizar como complemento o alternativa a sus medios tradicionales de financiamiento. La nota complementaria de esta serie titulada “Guía práctica de instrumentos financieros innovadores para el sector de agua y saneamiento en América Latina y Caribe” (Montejo et al., 2022), explica en detalle los tipos de instrumentos de financiamiento innovadores relevantes para las empresas de AyS, el valor que estos tienen y el proceso de implementación. Uno de estos instrumentos son los



bonos temáticos, los cuales pueden ser de particular fácil acceso para el sector. Algunos ejemplos de emisiones de bonos temáticos recientes en el sector de AyS son los de la Comisión de Servicios Públicos de San Francisco en California² y de la empresa Agua de Denver en Colorado³.

Los bonos verdes y climáticos (denominados como bonos verdes en este documento) aplican específicamente para proyectos de mitigación, los cuales están enfocados en la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), y en proyectos de adaptación al cambio climático (Climate Bonds Initiative, 2021). Como se mencionó anteriormente, el manejo del agua es un componente fundamental en la adaptación al cambio climático y es reconocido dentro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por la Organización de Naciones Unidas (ONU)⁴, por ejemplo, en los ODS 6, 13, 14, y 15 y vinculado con los ODS 2, 3 y 5⁵. Por lo tanto, muchos de los proyectos del sector de AyS son elegibles para ser financiados a través de bonos verdes.

La emisión de bonos verdes permite atraer una base más amplia de inversionistas y ayuda a dar visibilidad y reconocimiento a las acciones que las empresas de AyS tienen en torno a la sostenibilidad y resiliencia (BID Invest, 2021, pg. 18). Además, presentan ventajas para los inversionistas que buscan “productos verdes” ya que disminuyen los riesgos al contar con estándares y monitoreo que les da credibilidad, transparencia y garantía (BID Invest, 2021, pg. 19). Los bonos verdes pueden ser certificados por segundas partes que aseguran el cumplimiento de criterios específicos como los criterios de infraestructura hídrica de la Iniciativa de Bonos Climáticos (CBI por sus siglas en inglés) (Climate Bonds Initiative, 2021). De esta forma los inversionistas pueden confiar en que los fondos serán usados para proyectos de adaptación y resiliencia climática. Así mismo, los emisores deben demostrar que los proyectos de inversión son resilientes ante diferentes eventos climáticos que podrían ocurrir durante la vida operativa del proyecto/activo.

Los requisitos para emitir un bono verde son exigentes y se necesita cierta madurez y recursos por parte de las empresas de AyS, tanto de tiempo como monetarios para cumplirlos. Sin embargo, las regulaciones, y políticas del país y la región también influyen fuertemente en las posibilidades de cumplir con los estándares para la emisión y certificación de bonos verdes, ya que se debe demostrar que los mecanismos de asignación de los recursos hídricos y la gobernanza son sólidos. Esto no depende sólo de la empresa de AyS sino también de todo el entorno regulatorio y de la coordinación de varios organismos gubernamentales y civiles.

2 Climate Bond Report San Francisco Public Utilities Commission. <https://www.climatebonds.net/certification/sfpuc>

3 Green Bond Report Denver Water. <https://www.denverwater.org/sites/default/files/2018-green-bond-report.pdf>

4 Organización de las Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

5 ODS 2: Hambre cero; ODS 3: Salud y bienestar; ODS 5: Igualdad de género; ODS 6: Agua limpia y saneamiento; ODS 13: Acción por el clima; ODS 14: Vida submarina; ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

Existen varios lineamientos y estándares nacionales e internacionales para emitir bonos verdes. Algunos ejemplos son los Principios de Bonos Verdes desarrollados por la Asociación Internacional de Mercados de Capital (ICMA por sus siglas en inglés), la Taxonomía de Finanzas Sostenibles de la Unión Europea, y los Principios de Resiliencia Climática⁶ de CBI. Como referencia, la nota complementaria de esta serie titulada “Bonos Verdes en el Sector de Agua y Saneamiento en Colombia” detalla los diferentes lineamientos y taxonomías, y el proceso de emisión de bonos verdes.

6 CBI (2019) Principios de Resiliencia Climática disponibles en https://www.climatebonds.net/files/page/files/principios_de_resiliencia_climatica_spanish_0.pdf



Estándares de Mercado y certificación de CBI bajo los Criterios de Infraestructura Hídrica

Bajo las mejores prácticas de mercado, los potenciales emisores de bonos verdes en el sector AyS tienen diferentes opciones para respaldar la estructuración de los bonos con estándares reconocidos y de confianza por los inversionistas. Además de los Principios de Bonos Verdes de ICMA, emisores con activos enfocados en resiliencia y adaptación al cambio climático pueden usar los Principios de Resiliencia Climática de CBI que ayudan al emisor en la identificación de las características de los activos que más contribuyen a la resiliencia al cambio climático. Los Principios definen los elementos claves para el diseño de los bonos y de los atributos de resiliencia, incluyendo el manejo de riesgos climáticos, la reducción de vulnerabilidad y/o aumento de la capacidad de adaptación. También los Principios aclaran que los beneficios de resiliencia pueden ser a favor del activo mismo, por ejemplo, protección contra inundaciones para una planta de tratamiento, o externos al proyecto, como la construcción de una planta de desalinización para aumentar las fuentes de agua.

A diferencia de los Principios, los Criterios de Infraestructura Hídrica de CBI (referidos aquí como CIH) establecen con precisión los requisitos que deben cumplir los proyectos y los procesos para ser elegibles dentro de un Bono Climático Certificado bajo estos criterios (Climate Bonds initiative, 2021). Por ser más estrictos en términos de contribución al cambio climático, los criterios dan más confianza a los inversionistas y son preferibles desde la perspectiva de un emisor a pesar de ser más demandantes. Por eso, en el seguimiento de esta sección, se examina el proceso de implementación de estos criterios a los activos de compañías de AyS en Colombia.

En general, los activos/proyectos elegibles para obtener un bono certificado bajo los CIH son los que mejoran la resiliencia y sostenibilidad de la gestión del recurso hídrico contra las amenazas climáticas. Las inversiones pueden estar enfocadas en el tratamiento de agua, la mitigación de inundaciones o sequías, el manejo de transporte de sedimentos, o el manejo de recursos para la conservación de los ecosistemas y los servicios de la naturaleza. Los proyectos de infraestructura hídrica pueden ser de orden tradicional



(ej., captación, almacenamiento, distribución, tratamiento, y monitoreo), basados en la naturaleza (ej. protección y restauración de humedales) o una mezcla de los dos, los cuales, en este caso, son referidos como proyectos de infraestructura híbrida (ej. recarga artificial de acuíferos). Las categorías de proyectos se definen claramente en la documentación de los CIH (Climate Bonds Initiative, 2021).

Cada proyecto tiene que cumplir con requisitos asociados con la mitigación, adaptación y resiliencia climática para poder considerarse dentro de la emisión de un bono. Este documento se enfoca únicamente en el proceso de cumplimiento con los componentes de adaptación y resiliencia. Para cumplir con los requisitos de mitigación, se debe mostrar que los proyectos pueden disminuir, o por lo menos no aumentar, las emisiones de GEI en comparación con una línea de base durante la vida útil del proyecto. Para cumplir con los requisitos de adaptación y resiliencia, se busca que los proyectos puedan seguir cumpliendo su propósito ante diferentes condiciones climáticas durante la vida útil de la infraestructura. Para proyectos que tengan una vida operacional esperada o remanente de más de 20 años, se realiza una evaluación de vulnerabilidad a través de un *Scorecard de Vulnerabilidad* (básicamente un cuestionario) cuyas respuestas deben estar respaldadas por evidencia (el *Scorecard* está disponible en la referencia Climate Bonds Initiative, 2021). Además, se deben tener planes de adaptación respondiendo a las vulnerabilidades detectadas. Los proyectos relacionados a investigación y monitoreo no requieren de este análisis.

El *Scorecard de Vulnerabilidad* se divide en cuatro componentes principales: (1) asignación, (2) gobernanza, (3) diagnóstico técnico y (4) plan de adaptación. En los casos en que los fondos del bono estén destinados a soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se debe cumplir con el componente (5) SbN. De la misma manera, existen requisitos adicionales para proyectos de desalinización (componente 6). La Figura 2 muestra la relación entre los componentes principales y los elementos de la ecuación de riesgo que evalúan. **Los proyectos deben obtener una calificación de más del 60% en cada componente y tener un plan de adaptación (cuando aplique) para ser elegibles para la certificación** (Climate Bonds initiative, 2021).

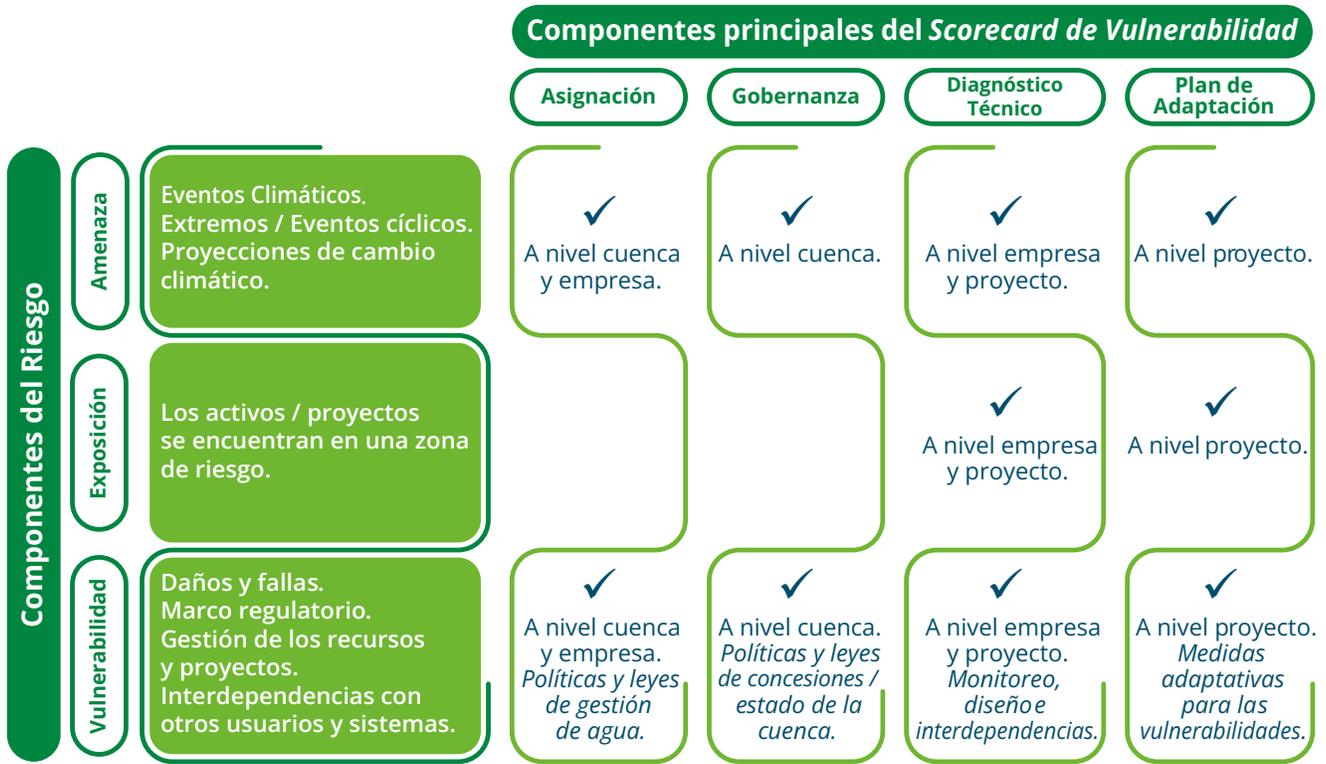


Figura 2. Relación entre la evaluación de riesgo y los componentes principales del *Scorecard de Vulnerabilidad* de los criterios de infraestructura hídrica (CIH) del Climate Bond Initiative.

Fuente: *Elaboración propia.*

De manera general, las áreas involucradas en la preparación del *Scorecard de Vulnerabilidad* son: Operaciones, Gestión de Riesgo, Gestión Ambiental y Planeación. Cabe aclarar que la facilidad con la que se haga el proceso dependerá del número de proyectos que se están considerando, de los sistemas que tenga la empresa para el manejo de datos y documentos, del nivel de coordinación existente entre las distintas áreas, y de qué tan avanzada esté la identificación de vulnerabilidades ante los riesgos climáticos.

En el Capítulo 3 se describe el proceso y los aprendizajes del ejercicio que se hizo para preparar a dos empresas de AyS colombianas para una potencial emisión de bono verde y su certificación bajo los CIH.



Ejercicio de pre-certificación bajo los Criterios de Infraestructura Hídrica de dos empresas de AYS colombianas



3.1. SEGURIDAD HÍDRICA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA.

A pesar de que Colombia cuenta con una gran disponibilidad hídrica (7.6 veces más alta que el promedio mundial), más de 12.5 millones de personas pueden sufrir de estrés hídrico durante un año seco (Borja-Vega et al., 2019). Los patrones climáticos, la contaminación, la infraestructura, los cambios en el uso de suelo, y el manejo general del agua impactan de manera diferente la vulnerabilidad hídrica a lo largo del país como se muestra en la Figura 3 (IDEAM, 2019).

Existe gran heterogeneidad espacial y temporal en los recursos hídricos, los cuales varían estacionalmente y por los fenómenos climatológicos cíclicos de La Niña y El Niño (Poveda et al., 2011). Durante El Niño, disminuye la precipitación y, durante La Niña, aumenta (Montealegre, 2007; Poveda et al., 2011). Esto ha causado fuertes impactos socioeconómicos como falta de suministro de agua para diversos usos, inundaciones y deslizamientos que han resultado en la pérdida de vidas y daños de infraestructura (Pabón & Torres, 2007). En el 2010 y 2011 el sector de agua potable en Colombia presentó daños por 337,979 millones de pesos (lo que equivale aproximadamente 90 millones de dólares) y el sector de alcantarillado y saneamiento tuvo daños de 187,203 millones de pesos (aproximadamente 50 millones de dólares) relacionados a La Niña (USAID, 2016).



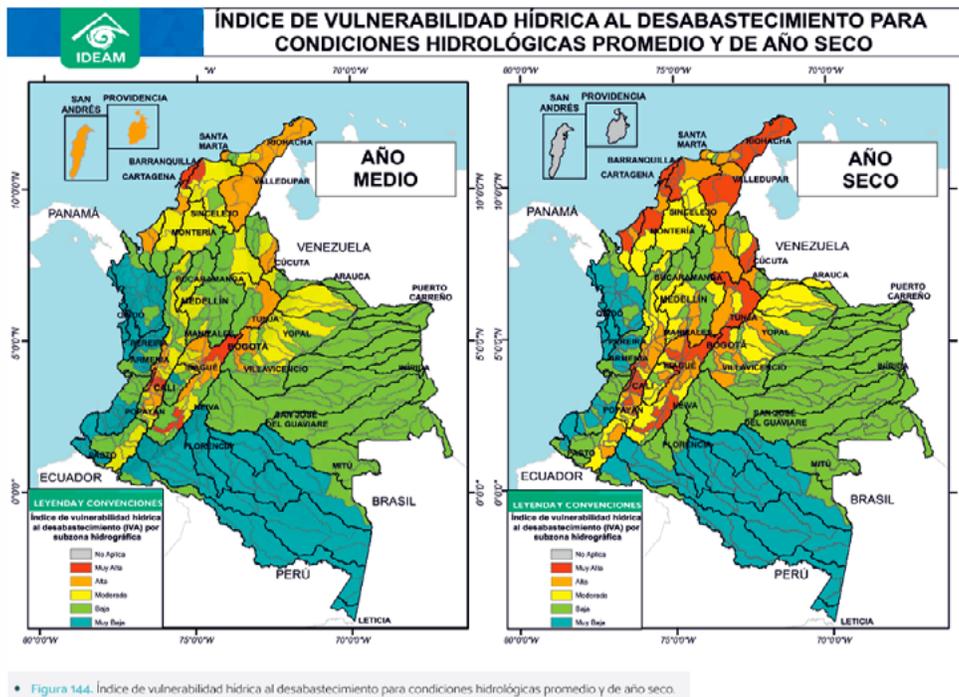


Figura 3. Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento para condiciones hidrológicas promedio y año seco.

Fuente: Estudio Nacional del Agua 2018, IDEAM (2019).

Los modelos climáticos proyectan que las regiones del norte y sureste de Colombia se volverán más secas y los Andes más húmedos; se esperan eventos extremos de lluvias de mayor intensidad en regiones que tienden a ser secas, y sequías más prolongadas en regiones que tienden a ser húmedas; El Niño y La Niña serán más frecuentes e intensos y los glaciares se seguirán perdiendo (IDEAM et al., 2015; IDEAM et al., 2017; World Bank Group & GWSP, 2020). Se esperan además cambios en los balances hídricos de Colombia, con períodos de sequías más largos causados por El Niño, lo que incrementará el riesgo de escasez durante la temporada seca (IDEAM et al., 2015; IDEAM et al., 2017). Se prevé que La Niña aumentará el número de inundaciones (IDEAM et al., 2015; IDEAM et al., 2017), y por tanto se espera que las pérdidas económicas aumenten, considerando además que habrá más elementos expuestos debido al desarrollo y crecimiento poblacional.

El gobierno colombiano ha desarrollado múltiples planes estratégicos y políticas enfocados en la mitigación y adaptación como el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), la Política Nacional del Cambio Climático, entre varios otros⁷. La mayor parte de las medidas adaptativas han sido para la conservación de microcuencas, protección de fuentes de agua, reforestación y control de erosión, adquisición de predios de reserva hídrica y zonas naturales, entre otros (IDEAM et al., 2017, pg. 53).

7 Cancillería de Colombia. Hoja de ruta del Gobierno para combatir el cambio climático y alcanzar la carbono neutralidad. Disponible en <https://www.cancilleria.gov.co/en/node/8106>

Las empresas que dan servicio de agua potable y alcantarillado a la ciudad de Bogotá y municipios aledaños (EAAB) y a la ciudad de Pereira y municipios aledaños (EAAP) están trabajando activamente en la implementación de varias de las medidas adaptativas anteriormente mencionadas. Además, son pioneras en el país en explorar la opción de financiamiento de proyectos de adaptación a través de la emisión de bonos verdes certificados por organismos internacionales. A continuación, se presenta el contexto de los riesgos climáticos a los que se enfrenta cada empresa y los proyectos que han propuesto para reducir las vulnerabilidades asociadas.

3.2. RIESGOS Y RESILIENCIA CLIMÁTICA EN EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PEREIRA (EAAP)

EAAP es una empresa de servicios públicos de acueducto y alcantarillado mixta que presta los servicios en la zona urbana de Pereira, los Centros Poblados de Puerto Caldas, Caimalito y Cerritos a un total de 163,398 suscriptores. Adicionalmente, cuenta con 1,276 suscriptores del municipio de Dosquebradas. La Empresa está ubicada en el Departamento de Risaralda en Colombia.

La principal fuente de suministro de agua de EAAP es el Río Otún, cuya cuenca presenta alta erosión, mala calidad de agua y alta vulnerabilidad en temporadas de sequía extrema (IDEAM, 2019, pg. 366). El caudal principal de suministro tiene una gran variación (IDEAM, 2019, pg. 385; Torres et al., 2020), lo cual complica la operación en temporadas de flujo bajo, y el tratamiento del agua cuando hay flujos altos, debido a la carga de sedimentos. La regulación hidrológica del páramo en el Río Otún juega un papel muy importante en la disponibilidad de agua de Pereira y Dosquebradas, contribuyendo con cerca del 40% del caudal en el punto de la toma de agua del sistema (USAID & SEI-US, 2015), por eso es de gran importancia mantener sus servicios ecosistémicos. El almacenamiento de agua potable se realiza a través de 12 tanques.

En cuanto a la precipitación, no se han experimentado cambios sustanciales en la estacionalidad de las lluvias durante los últimos 60 años, pero la tendencia en el volumen de lluvia anual va al alza (Torres et al., 2020). La zona se ve afectada por El Niño y La Niña. En El Niño del 2015-2016, varios municipios en Risaralda fueron afectados por racionamiento de agua; Pereira registró una disminución significativa en la precipitación durante esta época (Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres, 2016, pg. 21). Por otro lado, el riesgo de inundación en algunas áreas a lo largo del Río Otún se acentúa durante La Niña (IDEAM, 2017; USAID & SEI-US, 2015). Pereira y Dosquebradas registraron el mayor número de inundaciones del departamento de Risaralda entre 1998 al 2016 (IDEAM, 2017).

Las plantas de tratamiento de agua potable de EAAP no están expuestas a daños directos por inundaciones, pero las redes de distribución sí pueden ser dañadas. Por ejemplo, si un deslizamiento causado por fuertes lluvias dañara el canal que transporta el caudal abstraído del Río Otún, el suministro del sistema se vería fuertemente comprometido. De acuerdo con la empresa, el riesgo de daños de la infraestructura por deslizamientos es alto en el área en la que se ubica el canal de aducción, por estar ubicado en una zona de falla geológica. La probabilidad de los deslizamientos aumenta durante el fenómeno de La Niña. Las redes de alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales también pueden verse afectados en inundaciones si se excede su capacidad, ya que el alcantarillado es combinado. El fenómeno de La Niña del 2011 trajo inundaciones y daños severos en varias partes de la región (IDEAM, 2017).

El agua residual de Pereira y Dosquebradas se descarga directamente al río Otún sin ningún tipo de tratamiento. Por lo tanto, la contaminación actual de este río en el tramo urbano de la ciudad de Pereira es realmente crítica. Además, los habitantes de Pereira y Dosquebradas perciben malos olores, deterioro del paisaje y afectación de la vida acuática. Anteriormente el río Consotá también se veía afectado por la descarga de aguas residuales, pero la situación ha mejorado a raíz de las obras de saneamiento que EAAP ha ejecutado (ej. los interceptores de ríos y quebradas afluentes y la construcción y puesta en marcha del túnel trasvase Consotá-Otún). Estas obras han puesto en marcha la descontaminación del Río Consotá y han generado un gran impacto positivo en el río La Vieja al disminuir la carga contaminante. El río La Vieja es la fuente de abastecimiento del acueducto de la Ciudad de Cartago en el norte del Departamento del Valle de Cauca, y la descarga de contaminantes ponía en riesgo la salud de sus habitantes.

Muchos de los proyectos de EAAP están enfocados en reducir las vulnerabilidades mencionadas. La Figura 4 muestra la relación entre los riesgos climáticos detectados y las acciones que EAAP está promoviendo para aumentar su resiliencia. Por ejemplo, atendiendo la problemática de la gran variación en el caudal de suministro, algunos proyectos de EAAP están enfocados en la construcción de nuevos tanques de almacenamiento, el reemplazo de redes para disminuir las pérdidas de agua, la adquisición y el manejo de predios, y en mejoras del monitoreo. En cuanto a la reducción de la contaminación, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Paraíso liberará el 85% de la carga contaminante de los ríos Otún y Consota por parte de Pereira y del 62% del municipio de Dosquebradas (Dirección Técnica de Gestión de Acueducto y Alcantarillado, 2018). Los proyectos de alcantarillado actuales están en su mayoría enfocados en captar y conducir las aguas residuales y pluviales hasta la PTAR El Paraíso.



Figura 4. Relación de los riesgos climáticos a los que se enfrenta EAAB y los proyectos de adaptación propuestos y/o en implementación.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. RIESGOS Y RESILIENCIA CLIMÁTICA EN EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ (EAAB)

EAAB es una empresa pública que tiene a su cargo prestar los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial a más de dos millones de suscriptores en la ciudad de Bogotá y las municipalidades de Soacha y Gachancipá⁸, y venta en bloque a 9 municipios cercanos en el departamento de Cundinamarca (Aldana, & López, 2017). Es la empresa de AyS más grande de Colombia en términos de población servida. EAAB está impulsando proyectos enfocados en reducir las vulnerabilidades ante eventos climáticos, asegurar el suministro y mejorar la calidad del agua.

El suministro de agua de la EAAB depende de dos cuencas con condiciones climáticas y topográficas muy disímiles: la cuenca del Río Bogotá (sistemas Norte y Sur, ~33% de la demanda) y la macrocuenca del Orinoco (sistema Chingaza, ~67% de la demanda). El hecho de encontrarse en regímenes climáticos diferentes da flexibilidad en la operación de los dos sistemas. Los eventos de El Niño y La Niña afectan principalmente al suministro de los sistemas Norte y Sur. Durante El Niño se han percibido disminuciones de hasta 60% en la precipitación y aumentos similares durante La Niña (IDEAM et al., 2014). El sistema Chingaza, aunque no se ve afectado por estos fenómenos climatológicos y recibe una precipitación media anual de más del doble que los sistemas Norte y Sur, es muy vulnerable durante temporadas de lluvia por debajo del valor promedio, debido al calendario anual que tiene la operación de su embalse principal. EAAB cuenta con ocho embalses para almacenar agua cruda y cincuenta y nueve tanques de almacenamiento de agua potabilizada en su red de distribución (Aldana, & López, 2017).

8 Empresa de Agua y Alcantarillado de Bogotá (2021). Información General. Disponible en: <https://www.acueducto.com.co/>

En el Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá y Cundinamarca (PRICC) se proyecta un incremento en la precipitación de Bogotá de entre el 10% y el 30% respecto a las precipitaciones medias actuales entre los años 2041 y 2070 (IDEAM, 2014). Los eventos de remoción en masa/deslizamientos podrían ser más severos y frecuentes en el futuro por el aumento de la precipitación proyectada, lo cual podría afectar los acueductos y las redes de distribución (Aldana & López, 2017).

La calidad del agua varía dependiendo de la fuente de suministro. El sistema Norte está expuesto a condiciones de baja calidad del agua en el Río Bogotá, lo cual complica la operación y aumenta los costos operativos de la planta de tratamiento Tibitoc, particularmente. El sistema Sur, cuyas fuentes están en el páramo de Sumapaz, enfrenta algunos problemas de calidad asociados a sedimentos, resultado, principalmente, del cambio de uso del suelo en las subcuencas del río Tunjuelo. Esto se amplifica durante eventos de caudales altos e inundaciones, los cuales también afectan el manejo del alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, la expansión urbana ha reducido el área de los humedales en Bogotá, incrementando los riesgos de inundación y contaminación ya que se han ido perdiendo sus funciones ecosistémicas de regulación de la calidad del agua y los caudales⁹ (Veeduría Distrital, 2021). En cuanto al Sistema Chingaza, se opera en gran medida dentro del Parque Nacional Natural Chingaza (un área protegida); por lo tanto, tiene un mayor control de la calidad del agua.

La Figura 5 muestra la relación entre los riesgos climáticos detectados y las acciones que EAAB está promoviendo para aumentar su resiliencia. Varios de los proyectos están dirigidos a la descontaminación del Río Bogotá a través de la adquisición y adecuación de predios, la restauración y adecuación hidrológica de humedales, el manejo de conexiones erradas, y como punto central, la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Canoas. Estos proyectos combinan infraestructura tradicional, soluciones basadas en la naturaleza y soluciones híbridas. La restauración del Río Bogotá y de los humedales es un macroproyecto que tiene varios actores claves (CAR, 2014), formando parte de una estrategia distrital no sólo de conservación sino también de adaptación al cambio climático, para disminuir el riesgo de inundaciones y la contaminación.

9 El Ayer y Hoy de los Humedales de Bogotá (2013) <https://humedalesbogota.com/2013/11/12/el-ayer-y-el-hoy-de-los-humedales-de-bogota/>

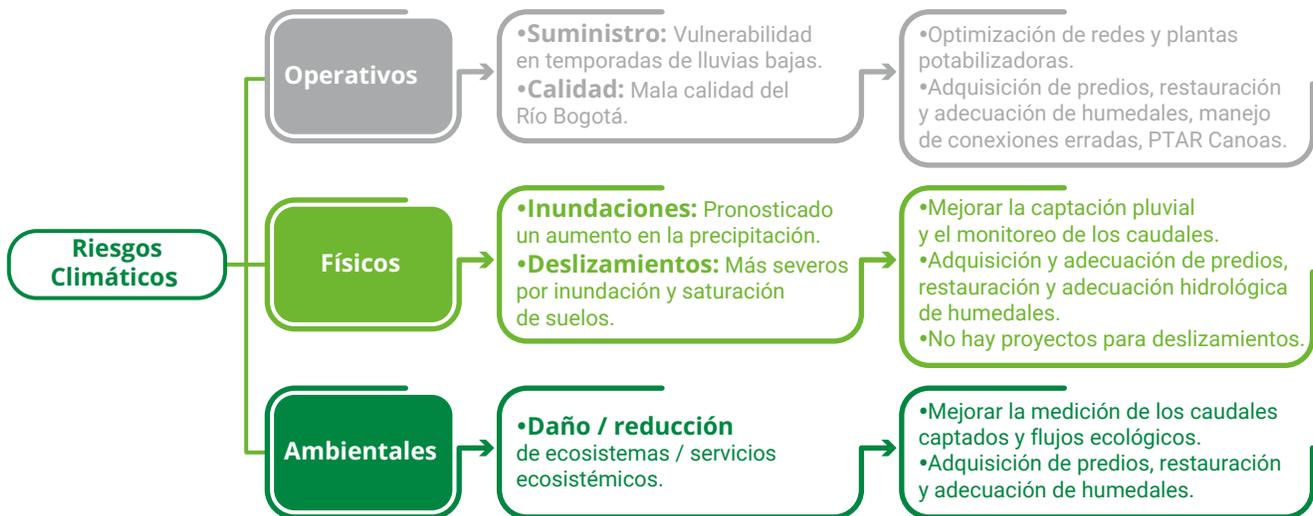


Figura 5. Relación de los riesgos climáticos a los que se enfrenta EAAB y los proyectos de adaptación propuestos y/o en implementación.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE EAAP Y EAAB A TRAVÉS DEL SCORECARD DE CBI-CIH

El formato del *Scorecard de Vulnerabilidad* (Climate Bonds Initiative, 2021) se tradujo al español en una hoja de Excel y se incluyeron comentarios con guías e instrucciones en cada pregunta para facilitar su llenado. El proceso de preparación y llenado del Scorecard requirió un tiempo de aproximadamente 2 meses para reunir y validar la evidencia que debe presentarse para cumplir con los requisitos, ya que estaba dispersa en múltiples documentos manejados por múltiples áreas de las empresas. Además, se hicieron varias entrevistas con los responsables de cada área. **Tanto EAAP como EAAB obtuvieron una calificación mayor de 60% en todos los componentes.**

Algunas preguntas del Scorecard de Vulnerabilidad pueden parecer ambiguas y repetitivas y en varias ocasiones el personal pensó a primera instancia que no se tenía suficiente evidencia para respaldar las respuestas. Sin embargo, a través de entrevistas y la revisión detallada de documentos se descubrió que en la mayoría de los casos si se tenía el respaldo requerido.

Los certificadores requieren evidencia por proyecto. Ya que EAAB contaba con 101 proyectos elegibles y EAAP con 25, se agruparon los proyectos en categorías de acuerdo con el objetivo para facilitar el análisis. Las categorías de proyectos de EAAB fueron: Acueducto, Alcantarillado, PTAR y Soluciones Basadas en Naturaleza. Los proyectos elegibles de EAAP fueron clasificados como Acueducto, Alcantarillado, PTAR y Resiliencia.

A continuación, se describe cada uno de los componentes del *Scorecard de Vulnerabilidad* y el modo en que se evaluaron para las EAAB y EAAP. Cada apartado resume las lecciones aprendidas incluyendo fortalezas de las empresas en relación con el cumplimiento de los componentes, ejemplos, y áreas de mejora.

Componente de asignación

Aborda cómo se comparte el agua en una cuenca entre los diferentes usuarios, incluyendo los usos ecosistémicos. La relevancia de este componente en relación con la vulnerabilidad climática radica en que la incertidumbre del suministro de agua en el futuro puede resultar en desabasto y se deben tener mecanismos de asignación y rendición de cuentas claros.

Este componente depende fuertemente de las políticas y leyes existentes. Deben existir mecanismos para verificar que la asignación se respete no sólo a nivel empresa sino a la escala hidrológica pertinente (ej. la cuenca o subcuenca). También verifica que se tomen en cuenta las fluctuaciones climáticas, escenarios de cambio climático y los caudales ambientales en el proceso de asignación y planes de cuenca a futuro. La evidencia para cumplir con los requisitos pueden ser estatus legales, reportes a las autoridades ambientales, planes de ordenación de cuencas, comprobación de sistemas de monitoreo existentes, balances hídricos, entre otros.

Algunos de los ejemplos de evidencia para el cumplimiento del componente de asignación fueron los siguientes:

- Decreto 1076 de 2015 cuyo objetivo es compilar las normas que rigen el sector Ambiente, incluyendo la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas.
- Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS).
- La Ley 99 de 1993 que establece el Sistema Nacional Ambiental incluyendo los lineamientos e instrumentos para la gestión del recurso hídrico.
- El decreto 1640 de 2012, “por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones”.
- El Estudio Nacional del Agua (ENA) y Evaluaciones Regionales de Agua (ERA).
- Resoluciones de caudal ambiental (ej. en el Río Bogotá: Resolución MADS 2130 de 2019).
- Reportes a las autoridades ambientales de cumplimiento con las asignaciones.
- Los planes regionales ante al cambio climático (ej. el PRICC para EAAB, y la Estrategia Municipal para la Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático - EMVCC para EAAP).

- Planes de contingencia de cada empresa ante fluctuaciones climáticas.
- Comprobación/evidencia de sistemas de monitoreo existentes.

En Colombia las concesiones de agua para servicios públicos pueden ser otorgadas por períodos de hasta 50 años (para los demás usos son de un máximo de 10 años). En el caso de EAAB las autoridades encargadas de otorgar las concesiones de agua son la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio), la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía (Corporinoquia) y Parques Naturales Nacionales. En el caso de EAAP es la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER). Ambas empresas tienen que presentar reportes mensuales a las autoridades pertinentes en donde se rinden cuentas del cumplimiento con la asignación, incluyendo los caudales ambientales. En caso de sequías y caudales bajos, las empresas de AyS tienen prioridad ante otros usos (ver Decreto 1541 de 1978 y el artículo 2.2.3.2.7.8 del Decreto 1076 de 2015).

Por ejemplo, para el Sistema Norte de EAAB la asignación de agua se determina por la CAR de acuerdo con las condiciones hidrológicas, en una junta mensual con un comité hidrológico de la cuenca del Río Bogotá. La empresa presenta al comité los escenarios operativos planteados para atender el abastecimiento de agua de la ciudad y municipios vecinos, ante la ocurrencia de un evento climatológico, o la ocurrencia de los fenómenos de La Niña y de El Niño. Incluye consideraciones restrictivas de generación de energía y caudales ecológicos. La evidencia de esto se demostró con los informes de avance del Programa de Uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA).

FORTALEZAS

- Existe un marco legal sólido para definir las concesiones de agua, incluyendo la prioridad que tienen diferentes usuarios en tiempos de escasez y sequías prolongadas (el agua de uso doméstico tiene preferencia en este caso).
- Existe un sistema de rendición de cuentas para asegurar el cumplimiento con el uso de los recursos hídricos asignados.
- Existen redes de monitoreo hidrológico que generan los datos necesarios para la rendición de cuentas.
- Existen instrumentos para la gestión del agua a nivel nacional. Por ejemplo, el Estudio Nacional del Agua analiza periódicamente la oferta hídrica de Colombia a diferentes niveles espaciales: 5 áreas, 41 zonas y 316 subzonas hidrográficas, y 64 sistemas acuíferos (IDEAM, 2019). Otro ejemplo son los POMCAS, los cuales son un instrumento de planificación para las cuencas¹⁰.

10 Sistema de Información Ambiental de Colombia. POMCAS. <http://www.ideam.gov.co/web/siac/pomcas>

- Existen planes y estrategias regionales y municipales ante el cambio climático, aunque no son de obligatorio cumplimiento.
- A nivel de las empresas existen planes de emergencia para responder a situaciones de sequía.

ÁREAS DE MEJORA

- A nivel institucional falta coordinación en la transferencia de datos entre las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y las empresas de AyS. Esto se observó en algunas de las interacciones entre EAAB y la CAR Cundinamarca respecto al manejo de asignaciones en el sistema Norte. Por ejemplo, la CAR controla la cantidad que se le suministra a EAAB desde la cuenca del Río Bogotá, y, por lo tanto, es la responsable de generar las simulaciones y el modelamiento que se comparten en los comités hidrológicos. EAAB no analiza ni tiene modelos de esa parte del suministro, el cual representa aproximadamente 33% de la demanda, lo que genera una dependencia con esta entidad.
- Los flujos ambientales que deben cumplir las empresas aún no están determinados de manera sistemática con base a la disponibilidad actual versus las necesidades físicas y biológicas.
- Falta tener conexiones claras y explícitas entre las estrategias regionales ante el cambio climático y los procesos operativos y proyectos de adaptación de las empresas de AyS.
- A nivel de las empresas, falta profundizar en el contenido de los planes de emergencia, considerando diferentes escenarios tanto de la intensidad y duración de sequías como de inundaciones, y los eventos de deslizamiento detonados por exceso de lluvia.
- A nivel país, a pesar de que Colombia tiene un buen marco regulatorio para el agua y de que existen varias iniciativas para aumentar la seguridad hídrica, hay barreras institucionales que impiden el aseguramiento de su cumplimiento. La distribución de normas y reglamentos en numerosas instituciones, deficiencias en el monitoreo y la falta de capacidad institucional son algunas de las causas encontradas en un estudio realizado por el Banco Mundial (World Bank Group & GWSP, 2020)

Componente de Gobernanza

Aborda cómo se toma en cuenta la distribución y gobernanza del agua a nivel cuenca. La gobernanza hídrica debe garantizar el cumplimiento de los mecanismos de asignación y debe ayudar a proteger los recursos hídricos contra conflictos, cambios perjudiciales en el uso de suelo, el desperdicio y la degradación.

El cumplimiento de este componente, como el de asignación, depende fuertemente de la normatividad y de los mecanismos gubernamentales existentes. Requiere tener documentación clara de cómo se hacen las concesiones y sanciones, quiénes tienen prioridad en caso de escasez y cómo se resuelven los conflictos entre usuarios. Se debe demostrar que la cuenca o los acuíferos en cuestión no están sobre-concesionados. La evidencia puede ser estatus legales o documentos que definan cómo se asignan y/o modifican los derechos de agua, balances hídricos o estudios hidrológicos e hidrogeológicos para respaldar que no se tiene sobreasignación (ej. reporte de cuenca o en un plan de gestión de agua que enseñe los porcentajes de asignación y extracciones). A nivel empresa, se requiere evidencia de que existen planes de acción para asegurar el suministro en caso de que se reduzcan las concesiones en situaciones de escasez, e idealmente que cuente con pronósticos de la disponibilidad de agua.

Ejemplos de evidencia presentada para el cumplimiento del componente de gobernanza:

- Decreto 1076 de 2015 donde se establecen todas las estipulaciones relacionadas a la concesión de agua incluyendo las sanciones. Las autoridades ambientales a nivel regional son responsables del manejo y supervisión de las concesiones.
- Resoluciones de concesiones (ej. la Resolución de Concesión CAR 1290 de Julio del 2018 para EAAP).
- El Decreto Ley 2811 de 1974 que define si los permisos se modifican en tiempo de escasez.
- La Ley 373 de 1997 que establece los Programas para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA).
- Análisis de tendencias de seguridad hídrica y estudios de sobre asignación a nivel cuenca y sub-cuenca. Por ejemplo, el Estudio Nacional de Aguas (ENA) que se actualiza periódicamente y los POMCAs que se formulan cada 10 años aproximadamente. A nivel empresa, los balances hídricos y reportes del PUEAA.
- Protocolos y mecanismos de mitigación de fallas de suministro para situaciones de escasez. Por ejemplo, uno de los embalses de EAAB debe permanecer lleno y sólo usarse en caso de emergencias. También cuenta con una planta de tratamiento de agua potable de emergencia móvil y puede hacer uso de agua subterránea en caso de ser necesario.
- Proyecciones o pronósticos de suministro de agua a nivel cuenca y empresa con resolución temporal mensual, estacional y/o anual.

FORTALEZAS

- Existe un marco legal de concesiones y sanciones el cual recae sobre las autoridades ambientales a nivel regional. El marco especifica el propósito para el que puede ser usada el agua, el volumen máximo permitido, las prioridades en los derechos de uso, el proceso para solicitar modificaciones, así como los requisitos para nuevos concesionarios.
- A nivel nacional el ENA incluye análisis de tendencias de la esorrentía estacional y anual para determinar las condiciones “típicas” en años secos, húmedos y promedio, y en años con condiciones extremas. También determina la oferta hídrica disponible (IDEAM, 2019).
- Las empresas cuentan con balances hídricos de sus fuentes de abastecimiento. Estos incluyen análisis de tendencias, fluctuaciones estacionales y variabilidad durante los fenómenos de El Niño y La Niña.

ÁREAS DE MEJORA

- No hay documentos en los que se especifique claramente si una cuenca o acuífero está sobre-asignada(o). Esto no es responsabilidad de las empresas, pero deberían exigir que las autoridades pertinentes cuenten con esta información y que sea compartida. El proceso de preparación de la evidencia para cumplir con el requisito de demostrar que la cuenca o acuífero no está sobre-asignada (o) requirió la recopilación y lectura de varios documentos. El ENA incluye indicadores de estrés hídrico relacionados con la demanda y la variabilidad climática, pero las estimaciones de la demanda no se basan en el volumen concesionado.
- Actualmente existe muy poca información acerca de los recursos de aguas subterráneas, lo que impide que se hagan concesiones basadas en la disponibilidad real (Borja-Vega et al., 2019).
- No hay mecanismos para resolución de conflictos en el tema de concesiones.
- Se requiere la integración de bases de datos del sector hídrico, tanto para su uso en balances hídricos como en monitoreo y análisis de calidad de agua (Borja-Vega et al., 2019; World Bank Group & GWSP, 2020). Por ejemplo, EAAB sólo maneja el balance hídrico del sistema Chingaza, pero no del Río Bogotá que está a cargo de la CAR. EAAP debe comprar datos de algunas estaciones hidrometeorológicas operadas por el IDEAM para complementar los datos internos.
- A nivel país se requiere invertir en mejorar los sistemas de monitoreo de calidad del agua, ya que los datos existentes tienden a ser deficientes de acuerdo con la evidencia encontrada por el Banco Mundial (World Bank Group & GWSP, 2020).

Componente de Diagnóstico Técnico

Aborda si se tienen en cuenta cambios hidrológicos a lo largo del tiempo con el fin de evaluar si los proyectos son resilientes ante los impactos climáticos actuales y proyectados. Para su cumplimiento es esencial contar con modelos hidrológicos que permitan estudiar las condiciones actuales y futuras de la cuenca.

Los recursos y el tiempo necesarios para reunir la evidencia de este componente dependen del número de proyectos y de la documentación con que se cuente. Se puede dar el caso de que algunas preguntas no apliquen para algunos proyectos dependiendo si ya existen, si son nuevos o si son medidas adaptativas por sí mismos.

El porcentaje de cumplimiento con los requisitos de este componente depende de la existencia de datos climatológicos e hidrológicos históricos¹¹ (al menos 30 años), líneas base ambientales, límites de desempeño ambiental, modelos hidrológicos al menos a nivel sub-cuenca, análisis de escenarios climáticos, análisis de impactos ambientales relacionados con los proyectos, entre otros. Se deben poder simular las respuestas del sistema ante diferentes condiciones climáticas (condiciones actuales, cambios sub-anales en la estacionalidad de las lluvias, cambios en los períodos de retorno de las lluvias y los caudales, proyecciones con escenarios de trayectorias de concentración representativas 8.5 y 4.5¹²). Idealmente existe dentro de las empresas un análisis de vulnerabilidad previo en donde se vincule en qué medida el cambio climático ha tenido o puede tener impactos en sus activos, en los indicadores operacionales y ambientales, y donde se discuta la incertidumbre asociada a los impactos potenciales, ya que esto facilitaría mucho el cumplimiento con el *Scorecard* (ver Climate Bonds Initiative, 2018). El apéndice de este documento contiene ejemplos de herramientas y recursos que pueden servir de apoyo para realizar dichos análisis.

Algunos ejemplos de evidencia para el cumplimiento del componente de diagnóstico técnico son:

- Documentación y resultados del balance hídrico.
- Documentación y resultados de los modelos hidrológicos a nivel empresa y/o subcuenca.
- Base de datos de monitoreo (hidrometeorológico y limnológico).
- Plan maestro de calidad.

11 Las variables no se especifican en los requisitos del CBI, pero se menciona que son aquellas que permitan incorporarse al análisis de vulnerabilidad climática de manera que las fluctuaciones climáticas mensuales, anuales, y de cada 10 años sean evidentes. En el contexto de las empresas de AyS, las variables comúnmente empleadas en este tipo de análisis son registros diarios y/o mensuales de los caudales, la precipitación y la temperatura.

12 Conocidas como RCP 8.5 y 4.5 por sus siglas en inglés. Son trayectorias de concentración de gases de efecto invernadero adoptadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) que describen diferentes futuros climáticos. El RCP 4.5 es un escenario intermedio mientras que el RCP 8.5 es un escenario con altas concentraciones de gases de efecto invernadero. Para más información consultar el glosario del IPCC en https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary_r.html

- Plan maestro de abastecimiento.
- Plan maestro de alcantarillado.
- Análisis de vulnerabilidad climática a nivel de empresa y a nivel proyecto.
- Estudios de impacto ambiental a nivel proyecto o procedimientos ambientales para ejecutar una obra en caso de que el tipo de proyecto no requiera un estudio completo.
- Documentación del diseño de los proyectos.

FORTALEZAS

- Existen herramientas de modelación. Por ejemplo, EAAP cuenta con los modelos WEAP, HIDROSIG y TETIS SED. El primero puede modelar variables ecosistémicas y proyecciones de cambio climático. HIDROSIG y TETIS SED son modelos hidrológicos y se utilizan para hacer los balances hídricos. EAAB cuenta con un modelo propio para el balance hídrico del sistema Chingaza, y el análisis de vulnerabilidad climática del suministro se hace con el modelo TETIS SED.
- Ambas empresas cuentan con estaciones de monitoreo hidrometeorológico con más de 30 años de datos y su cobertura se sigue ampliando.
- Ambas empresas hacen monitoreos limnológicos y de bioindicadores¹³.
- La EAAB cuenta con un detallado análisis de vulnerabilidad relacionado con la calidad del Sistema Norte en el cual se incluyen diferentes amenazas naturales como sismos, inundaciones y sequías y el efecto que pueden tener en sus activos¹⁴.
- Se monitorean continuamente los parámetros operativos. Se calculan indicadores como el Índice de Calidad de Agua Superficial (INSF), el Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado (IPUF), el Índice de Riesgo de Calidad Hídrica (IRCA) entre otros.
- La documentación de los proyectos incluye líneas base ambientales, procedimientos de manejo ambiental y estudios de impacto ambiental en caso de aplicar.
- Los planes maestros de acueducto y alcantarillado de las empresas consideran los impactos que pueden tener la variabilidad climática y cambios en la demanda en sus operaciones.

13 El monitoreo limnológico incluye parámetros físicos, químicos y biológicos tales como conductividad, pH, temperatura, caudal y oxígeno disuelto, fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos, invertebrados asociados a macrófitas, y la identificación y cuantificación de clorofilas. Permite monitorear la salud de las comunidades hidrobiológicas en embalses y ríos e identificar oportunamente problemas con la calidad del agua.

14 EAAB (2020). Elaboración y Formulación del Plan Maestro de Calidad de Agua Potable. No disponible públicamente.

ÁREAS DE MEJORA

- El proceso para especificar los límites de desempeño ambiental no está bien documentado. Por ejemplo, debe existir más claridad de cómo se definen los caudales ambientales y si estos se determinan en base a estudios de desempeño ambiental, teniendo fundamentos físicos y biológicos.
- Las evaluaciones regionales de vulnerabilidad climática no están vinculadas a indicadores operativos o ecosistémicos y no están hechas al nivel de los activos y proyectos de las empresas. Falta que se vinculen los estudios regionales de riesgo climático con los indicadores operacionales y de resiliencia de las empresas.
- Existen reportes de los indicadores operativos basados en condiciones que ya ocurrieron, pero no se tienen análisis de escenarios ligados a dichos indicadores.
- Falta que los análisis de riesgo climático se incorporen de manera formal en la documentación de diseño y desarrollo de los proyectos.
- Se pueden mejorar las prácticas de la evaluación de tendencias de variables climáticas, operativas y ambientales, el seguimiento a indicadores relacionados con dichas variables y la manera en que se documentan. Por ejemplo, los estudios limnológicos revisados en el ejercicio de EAAP son una fotografía anual de las condiciones de calidad y flujo en diferentes puntos, los cuales tienen un muestreo espacial considerable pero no temporal (se realizan durante algunos días cada año). La manera en la que se reportan los resultados no permite ver una evolución a través del tiempo. Los reportes de los estudios limnológicos podrían incluir series históricas de los muestreos hechos en años anteriores para tener una mejor visibilidad en caso de haber cambios en las variables claves con el tiempo.
- No existen datos paleoclimáticos para la modelación hidrológica (pocas partes del mundo cuentan con estos datos).

La EAAB cuenta con una gran base de datos hidrológicos, climatológicos, físicos, químicos, biológicos, y operacionales que ha ido monitoreando desde finales de los años 60s. Los monitoreos han mejorado a lo largo de los años y la empresa sigue invirtiendo en proyectos para tener estaciones de medición con tecnología de punta. Esta valiosa información podría usarse de manera más extensa y eficiente en la elaboración de análisis de tendencias y para desarrollar y calibrar modelos, tomando en cuenta la relación entre las diferentes variables. Por ejemplo, se podría hacer un análisis de tendencias y correlación de las variables limnológicas/macroinvertebrados y flujos históricos basado en los monitoreos históricos, y crear, por ejemplo, un modelo de regresión lineal. De esta manera se podrían identificar cambios y predecir posibles impactos climáticos.

- Los balances hídricos pueden mejorarse, incorporando periódicamente un análisis de sensibilidad ante sequías extremas ligado al almacenamiento disponible y a indicadores operativos. Por ejemplo, puede ser que se simulen reducciones de cierto porcentaje en el flujo medio anual, pero esto no representa potenciales fallas tomando en cuenta la estacionalidad de los flujos, los cuales pueden presentar una gran variación en algunos casos. Se podrían evaluar los efectos que podría tener una sequía prolongada (muchos días/meses seguidos de flujos bajos) en los indicadores operativos.
- La existencia de datos climáticos de más de 30 años (ej. caudales, precipitación y temperatura) puede ser un reto para otras empresas.

La empresa EAAP podría vincular los análisis de vulnerabilidad climática que se hacen actualmente a través de las simulaciones de TETIS-SED, HIDROSIG y WEAP con indicadores operativos en los sistemas de acueducto y alcantarillado. Esto ayudaría a identificar en qué condiciones los indicadores podrían estar en niveles no aceptables y generar planes de adaptación en caso de que la probabilidad de ocurrencia sea alta. El análisis realizado con WEAP (USAID & SEI-US, 2015) es un gran comienzo, pero sólo toca la disponibilidad del suministro, con información limitada de los páramos, y no es un análisis a nivel infraestructura. El balance hídrico es una gran herramienta también, pero en sí no está relacionado a la probabilidad y daños potenciales causados por exceder los parámetros de diseño en componentes específicos del sistema de captación, tratamiento, distribución, alcantarillado y saneamiento.

Componente de Soluciones Basadas en la Naturaleza

Aplica para proyectos que hagan uso intencional de características, procesos y funciones naturales y/o que estén basados en la naturaleza para abordar una necesidad humana. Deben proteger, manejar, restaurar y/o mejorar las características naturales, procesos y sistemas de manera funcional y sostenible.

De ser factible, los proyectos deben dar prioridad a la protección, restauración, expansión y/o creación de sistemas naturales como un componente explícito de los resultados deseados. En general se debe demostrar que:

- Se entienden los sistemas y procesos naturales del sitio del proyecto.
- Se cuenta con sistemas de monitoreo y modelos que permitan estudiar y comprender cómo pueden evolucionar las características ecológicas con el tiempo.
- Existen datos adecuados y se entiende cómo los impactos del proyecto (positivos o negativos) pueden extenderse más allá del sitio del proyecto.
- Se cuenta con herramientas y procesos de gestión eficaces para mantener la integridad ecológica a lo largo del tiempo.

Ejemplos de documentos que pueden presentarse como evidencia:

- Balances hídricos y modelos eco-hidrológicos (calibrados y de ser posible revisados por un actor independiente).
- Análisis de fuentes potenciales de contaminación.
- Inventario de línea base de especies.
- Estudios de impactos climáticos en especies en peligro de extinción o amenazadas.
- Evaluación de especies invasoras y planes de acción en caso de existir.
- Monitoreo y análisis de los caudales para gestión de la base ecológica.
- Evaluación de los beneficios.
- Inventario de servicios ecosistémicos relacionados con la cantidad y calidad del agua
- Estudio de impactos del proyecto en los sistemas ecohidrológicos aguas arriba y aguas abajo.
- Definición y/o seguimiento de indicadores de desempeño.

De las dos empresas, únicamente la EAAB contaba con proyectos de soluciones basadas en la naturaleza en el portafolio del bono. Los proyectos de esta categoría dentro de EAAB están muy enfocados al manejo y restauración de los humedales. Con esto se pretende disminuir el riesgo de inundaciones, mejorar la calidad del agua y restaurar ecosistemas. Cabe resaltar que los proyectos de los humedales en el portafolio de la EAAB son por sí mismos medidas adaptativas.

FORTALEZAS (EVALUADAS ÚNICAMENTE PARA LOS PROYECTOS DE EAAB)

- Existen planes de manejo ambiental de los humedales¹⁵.
- Existe un estudio del cambio climático en los páramos (Espitia Falla, 2020) que, aunque no esté directamente asociado a la zona en donde se encuentran los humedales, debido a la proximidad y la similitud de las cuencas, se prevén proyecciones climáticas similares.
- Se tienen estudios de los períodos de retorno de los flujos de las quebradas que alimentan a varios de los humedales y hay varios más en proceso de elaboración.
- Existen balances hídricos de algunos humedales y hay varios más en proceso de elaboración.

15 Planes de Manejo Ambiental de Humedales. Disponibles en <http://humedalesdebogota.ambientebogota.gov.co/inicio/>

ÁREAS DE MEJORA

- Los planes de manejo ambiental de los humedales no cuentan con un componente climático.
- No existen modelos eco-hidrológicos para cada humedal. La EAAB está a cargo de desarrollar y actualizar modelos hidrológicos y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), está a cargo del desarrollo de modelos eco-hidrológicos y las evaluaciones ecosistémicas. Debe haber más coordinación entre ambas partes tanto en el desarrollo de proyectos como en la comunicación y transferencia de datos.
- Los balances hídricos de los humedales que cuentan con ellos se basan en datos limitados a un par de años de monitoreo y escasa cobertura espacial.

Plan de Adaptación

Consiste en conectar los riesgos climáticos y las vulnerabilidades detectadas en cada proyecto con medidas adaptativas. El plan de adaptación debe crearse para los proyectos que tengan una vida operacional de 20 años o más, cuando el análisis de vulnerabilidad indique que se han tenido o se pueden tener impactos climáticos.

De manera general, los requisitos del plan de adaptación de acuerdo con CBI son:

- Incluir planes para asegurar que no se pierdan funciones ecosistémicas, o que se restauren en caso de perderse. En los proyectos en los que esto no aplique, debe demostrarse el por qué no aplica.
- Demostrar que el plan de adaptación es robusto ante condiciones climáticas observadas y proyectadas de acuerdo con el análisis de vulnerabilidad.
- Demostrar que existe un plan de monitoreo que esté ligado a la toma de decisiones para darle seguimiento a los impactos potenciales.
- Demostrar que existe un plan para revisar periódicamente el análisis de vulnerabilidad considerando cambios en los parámetros operacionales, gobernanza, en la asignación de agua y los objetivos de desempeño ambiental.

FORTALEZAS

- EAAB y EAAP consideran algunas medidas adaptativas en sus proyectos o algunos de los proyectos en los portafolios de los bonos son medidas adaptativas por sí mismos.

ÁREAS DE MEJORA

EAAB y EAAP no contaban con planes de adaptación formales a nivel proyecto al momento del ejercicio de pre-certificación. Idealmente se debería tener un apartado de plan de adaptación en la documentación de los proyectos. Esto facilitaría no sólo la certificación sino también daría más visibilidad a las empresas e inversionistas de cómo se está asegurando que los proyectos continúen proporcionando las funciones de diseño considerando la variabilidad climática actual y futura.

La empresa EAAP cuenta con un plan denominado Formulación del Plan de Seguridad Hídrica. En el documento de la formulación se identifican de manera general los elementos de mayor riesgo futuro para la empresa incluyendo variables ambientales, de gobernanza, sociales, entre otras, y se proponen metas y proyectos estratégicos para disminuir esos riesgos. Esto no es en sí un plan de adaptación ya que no incluye detalles a nivel proyecto ni los estudios en los que se basaron para determinar las necesidades, pero se tomó en cuenta como evidencia parcial de cómo la empresa maneja actualmente los riesgos con miras hacia la adaptación. Se proporcionó más evidencia del cumplimiento de los requisitos del componente de Plan de Adaptación con diferentes documentos. Por ejemplo, para los proyectos relacionados con la PTAR El Paraíso se incluyeron elementos del estudio de impacto ambiental, de los documentos de diseño, del Plan Maestro de Alcantarillado y la Formulación del Plan de Seguridad Hídrica.



Conclusiones y Aprendizajes del ejercicio de pre-certificación de EAAP y EAAB



- Las empresas de AyS pueden tener proyectos que contribuyen a la adaptación climática.
- Los proyectos de adaptación climática de las empresas de AyS tienen un gran potencial propicios a un financiamiento a través de bonos verdes.
- Los estudios de cambio climático y disponibilidad hídrica a nivel país y regional, los recursos de modelación hidrológica, los datos hidroclimatológicos históricos, y las iniciativas enfocadas a aumentar la resiliencia climática son herramientas valiosas para las empresas que están iniciando el camino para la emisión y certificación de bonos verdes.
- Se necesita tiempo y recursos para lograr la certificación y la emisión. Puede ser un gran trabajo dependiendo del número de proyectos en consideración, del avance que tengan las empresas en materia de evaluaciones de riesgo climático y de sus procesos de manejo de información. Algunas áreas de oportunidad son:
 - Centralizar el manejo de datos y la documentación de proyectos, metodologías, reportes de investigación y análisis internos, proyecciones, etc.
 - Mejorar los análisis de tendencias de las fuentes de suministro, contaminantes, población etc. Actualmente se hacen con una visión a muy corto plazo y no forman parte integral de la toma de decisiones de proyectos futuros.
 - Integrar los modelos y estudios climáticos regionales con los balances hídricos y los indicadores operacionales.
 - Tener realmente una planeación bajo el enfoque de resiliencia a mediano y largo plazo. En general es reactiva la manera en que se planean los proyectos.



- Independientemente del resultado de la emisión o certificación, el proceso es provechoso para las empresas al promover un diálogo interno. El ejercicio sirve para crear conciencia sobre la necesidad de integrar una perspectiva de cambio climático y resiliencia en las operaciones de las empresas. También contribuye a generar comunicaciones externas de las acciones que las empresas están llevando a cabo para mejorar la adaptación climática y así abrir las puertas a otras fuentes de financiamiento.
- Los aprendizajes y retos descubiertos pueden ser usados para mejorar los planes estratégicos e informar iniciativas locales y regionales de adaptación de cambio climático. Por ejemplo, mejorando el monitoreo y manejo de datos, y descubriendo necesidades de modelación hidrológica y eco-hidrológica.



Referencias



- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira. (n.d.). Plan de saneamiento hídrico de Pereira. Disponible en <https://www.aguasyaguas.com.co/images/saneamiento/PlansaneamientohidricoPereira.pdf>
- Aldana, M. J., & López, F. S. (2017). Water Distribution System of Bogotá City and Its Surrounding Area, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAB E.S.P. Procedia Engineering, 186, 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.281>
- Bates, P. D., Quinn, N., Sampson, C., Smith, A., Wing, O., Sosa, J., et al. (2021). Combined modeling of US fluvial, pluvial, and coastal flood hazard under current and future climates. Water Resources Research, 57(2), 1–29. <https://doi.org/10.1029/2020WR028673>
- BID Invest. (2021). Financiamiento de la sostenibilidad a través de mercados de capital: Guía práctica y herramientas del profesional para bonos temáticos. Disponible en <https://www.idbinvest.org/en/publications/financing-sustainability-through-capital-markets-practitioners-guide-and-toolkit>
- Borja-Vega, C., De Groot, K., & Serrano, H. A. (2019). Colombia - Turning the Tide: Water Security for Recovery and Sustainable Growth: Snapshot (Spanish). Water Security Diagnostics. Washington, D.C. Disponible en <http://documents.worldbank.org/curated/en/212231615975980795/Snapshot>
- Brown, C., Boltz, F., Freeman, S., Tront, J., & Rodriguez, D. (2020). Resilience by design: A deep uncertainty approach for water systems in a changing world. Water Security, 9(November 2019), 100051. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2019.100051>
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., et al. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. Earthquake Spectra, 19(4), 733–752. <https://doi.org/10.1193/1.1623497>
- CAR. (2014). Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental río Bogotá – EA Volumen 2. Disponible en <https://documents1.worldbank.org/curated/en/627931468262131190/pdf/E22180v20Box3414790Spanish01PUBLIC1.pdf>



- Climate Bonds Initiative (2018). Guidance Note for Issuers and Verifiers Water Criteria of the Climate Bonds Standard. Disponible en <https://www.climatebonds.net/standard/water>
- Climate Bonds Initiative, (2021). Water Infrastructure Criteria under the Climate Bonds Standard - Criteria Document version 3. Disponible en <https://www.climatebonds.net/standard/water>
- Dirección Técnica de Gestión de Acueducto y Alcantarillado. (2018). Evaluación integral de prestadores. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira S.A.S. E.S.P. Bogotá, Colombia.
- Doss-Gollin, J., Farnham, D. J., Steinschneider, S., & Lall, U. (2019). Robust adaptation to multiscale climate variability. *Earth'sFuture*, 7, 734– 747. <https://doi.org/10.1029/2019EF001154>
- EPA. (2021). Climate resilience evaluation and awareness tool Version 3.1. Disponible en <https://www.epa.gov/crwu/climate-resilience-evaluation-and-awareness-tool-creat-risk-assessment-application-water>
- Espitia Falla, Milton Mauricio. (2020). Análisis de Riesgo Climático. Corredor Chingaza-Sumapaz-Guerrero y Cuatro Unidades Hidrológicas Priorizadas. Proyecto GEF-Alta Montaña. Disponible en <http://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/cambio-climatico-en-alta-montana>
- Hashimoto, T., Stedinger, J. R., & Loucks, D. P. (1982). Reliability, Resiliency, and Vulnerability Criteria. *Water Resources Research*, 18(1), 14–20.
- IDEAM. (2014). Estrategia regional de mitigación y adaptación al cambio climático para Bogotá y Cundinamarca. Ideam. Disponible en http://www.ideam.gov.co/documents/40860/609198/Policy+paper_07_Mitigación+y+adaptación+al+cambio+climático.pdf/3b57f882-e920-47ec-b1c2-4d76cf6e72c6?version=1.0
- IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, & Corpoguvio. (2014). Evolución de precipitación y temperatura durante los fenómenos de El Niño y La Niña en Bogotá-Cundinamarca (1951-2012).
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011- 2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. ISBN 978-958-8902-55-5
- IDEAM. (2017). Memoria Descriptiva Mapas de Inundación Departamento de Risaralda. Disponible en <http://www.siac.gov.co/documents/670372/31372033/InundacionRisaralda.pdf/7d817501-d76e-43a9-81ff-2a1cbfaf3bb3>

- IDEAM, PNUD, MADS, CANCELLERIA. (2017). Resumen ejecutivo Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Bogotá, Colombia. Retrieved from www.cambio-climatico.gov.co
- IDEAM. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Ideam. ISBN: 978-958-5489-12-7 Disponible en http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf
- Magrin, G., (2015) Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en cepal.org
- Mallakpour, I., AghaKouchak, A., & Sadegh, M. (2019). Climate-induced changes in the risk of hydrological failure of major dams in California. Geophysical Research Letters, 46(4), 2130–2139. <https://doi.org/10.1029/2018GL081888>
- Montealegre, J. E. (2007). Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia. IDEAM. Bogotá. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Modelo+Institucional+El+Niño+-+La+Niña.pdf/232c8740-c6ee-4a73-a8f7-17e49c5edda0>
- Montojo I, Vogt K, Cantu V (2022). Guía práctica de instrumentos financieros innovadores para el sector de agua y saneamiento en América Latina y Caribe. Nota Técnica BID-2427. doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0004004>
- Naciones Unidas (2015). Acuerdo de París. Disponible en https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Pabón, J. D., & Torres, G. (2007). Impacto socioeconómico de los fenómenos El Niño y La Niña en la Sabana de Bogotá durante el siglo XX. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 0(16), 81–94.
- Poveda, G., Álvarez, D. M., & Rueda, Ó. A. (2011). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: A review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. Climate Dynamics, 36(11–12), 2233–2249. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0931-y>
- Salas, J. D., Obeysekera, J., & Vogel, R. M. (2018). Techniques for assessing water infrastructure for nonstationary extreme events: a review. Hydrological Sciences Journal, 63(3), 325–352. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1426858>
- Value of Water Campaign (2017). The Economic Benefits of Investing in Water Infrastructure. Disponible en www.thevalueofwater.org
- Torres, C., Gitau, M., Lara-Borrero, J., & Paredes-Cuervo, D. (2020). Framework for water management in the food- energy-water (FEW) nexus in mixed land-use watersheds in Colombia. Sustainability (Switzerland), 12(24), 1–27. <https://doi.org/10.3390/su122410332>

- UNEP. Why do sustainable development goals matter. Goal 6: Clean Water and Sanitation. <https://www.unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-6>
- UNESCO, & ICIWaRM. (2020). Análisis de decisiones basadas en el riesgo climático (CRIDA). Planificación colaborativa de los recursos hídricos para un futuro incierto. Paris, France: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres. (2016). Fenómeno El Niño. Análisis Comparativo 1997-1998/2014-2016. ISBN: 978-958-56017-0-3. Disponible en https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20564/Fenomeno_nino-2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- USACE. (2018). Hydrologic engineering requirements for reservoirs. EM 1110-2-1420. Washington DC. Disponible en https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Users/182/86/2486/EM_1110-2-1420.pdf?ver=2018-11-29-122500-613
- USAID. (2016). Análisis sectorial agua. Programa pilotos de innovación financiera. Disponible en <https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/2016/10/diagnostico-sectorial-agua-pilotos-de-innovacion-financiera.pdf>
- USAID, & SEI-US. (2015). Ríos del páramo a valle, por urbes y campiñas. Cooperative Agreement Number Aid-514-a-12-00002, United States Agency for International Development. Disponible en https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KT6B.pdf
- Veeduría Distrital (2021), ¿Cuál es el Estado de los Humedales de Bogotá? Antecedentes y Opinión de los Ciudadanos (Julio 2020 – Julio 2021). Disponible en <https://www.veeduriadistrital.gov.co/>
- Wing, O. E. J., Bates, P. D., Smith, A. M., Sampson, C. C., Johnson, K. A., Fargione, J., & Morefield, P. (2018). Estimates of present and future flood risk in the conterminous United States. Environmental Research Letters, 13(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaac65>
- World Bank Group, & GWSP. (2020). Colombia un cambio de rumbo. Seguridad hídrica para la recuperación y crecimiento sostenible. Resumen ejecutivo. Washington DC. Disponible en <https://documentos.bancomundial.org/>
- WUCA. (2021). Leading practices in climate adaptation. Disponible en <https://www.wucaonline.org/adaptation-in-practice/leading-practices>
- WUCA, Denver Water, SFPUC, WRF, AMWA, & WSP. (2021). An enhanced climate-related risks and opportunities framework and guidebook for water utilities preparing for a changing climate. Disponible en <https://www.wucaonline.org/assets/pdf/project-5056-guidebook.pdf>

Apéndice

RECURSOS Y HERRAMIENTAS

La Tabla A1 incluye algunos recursos que pueden ser de utilidad para las empresas de AyS que busquen mejorar sus análisis climáticos y toma de decisiones basadas en riesgo. En general, se busca poder entender la probabilidad y severidad de las amenazas climáticas, conocer las vulnerabilidades y fortalezas, cuantificar los impactos y de esta manera planear acciones adaptativas que aumenten o aseguren la resiliencia. Los recursos y herramientas de la Tabla A1 ayudan a cumplir con los componentes de Diagnóstico Técnico y Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Tabla A1. Ejemplos de recursos para integrar los análisis de cambio climático y resiliencia en los procesos operativos de las empresas de AyS.

Recurso	Institución (es)	Descripción
Mejores prácticas en la adaptación climática (WUCA, 2021)	Water Utility Climate Alliance (WUCA)	<p>Guía extensa de acciones que ayudan a incorporar el cambio climático y la adaptación en la selección y desarrollo de proyectos, en la planeación y en el manejo de riesgos para empresas de AyS</p> <p>Contiene varios ejemplos reales</p> <p>Enfoque colaborativo</p> <p>En inglés</p>
Marco y guía para el análisis de riesgos y oportunidades climáticas para empresas de servicios de agua en preparación al clima cambiante. (WUCA et al., 2021)	Denver Water, SFPUC, the Water Research Foundation (WRF), the Water Utility Climate Alliance (WUCA), the Association of Metropolitan Water Agencies (AMWA), WSP	<p>Marco integral a nivel empresarial para ayudar a los líderes de las organizaciones a comprender la exposición y la sensibilidad de sus funciones ante el cambio climático. Además, ayuda a las empresas de AyS a comprender, mapear y evaluar los riesgos y oportunidades asociados con el cambio climático</p> <p>Guía paso a paso</p> <p>Enfoque organizacional</p> <p>En inglés</p>

<p>Climate resilience evaluation and awareness tool (CREAT) (EPA, 2021)</p>	<p>United States Environmental Protection Agency (EPA)</p>	<p>Herramienta que ayuda a evaluar los riesgos climáticos de los activos y las operaciones de empresas de AyS. Contiene 5 módulos relacionados al conocimiento de los impactos climáticos, el desarrollo de escenarios, la evaluación de consecuencias económicas, la planeación para la adaptación y el análisis de riesgos</p> <p>Herramienta en línea que usa datos sólo de Estados Unidos. Sin embargo, el proceso puede ser replicado en otros países o a nivel empresa. Referirse a la guía metodológica de la herramienta para más información</p>
<p>En inglés</p>		
<p>Análisis de decisiones basadas en el Riesgo climático (CRIDA) (UNESCO & ICIWaRM, 2020)</p>		<p>Metodología para la planificación y gestión de los recursos hídricos en condiciones de incertidumbre significativa sobre las condiciones futuras. Toma de decisiones basada en riesgos.</p> <p>Se centra en las etapas tempranas de la viabilidad de la planeación de proyectos, donde se evalúan las vulnerabilidades y las futuras demandas de agua.</p> <p>Enfoque de planificación paso a paso, “de abajo hacia arriba” (bottom-up)</p>
<p>En español</p>		



